

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Pelotas (RS), Brasil.



## Dissertação

Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos  
a partir de resíduos agroindustriais, compostados e  
vermicompostados

**Ivan Renato Cardoso Krolow**

Pelotas, 2007

**Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Ivan Renato Cardoso Krolow**

**Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos  
a partir de resíduos agroindustriais, compostados e  
vermicompostados**

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia da  
Universidade Federal de Pelotas,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Ciências (área do  
conhecimento: Produção Vegetal).**

**Orientador: Dr<sup>a</sup>. Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli**

**Co-orientador: Dr. Vilmar Luciano Mattei**

**Pelotas, 2007**

Dados de catalogação na fonte:  
( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

K93p Krolow, Ivan Renato Cardoso

Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados / Ivan Renato Cardoso Krolow. - Pelotas, 2007.

73f. : il.

Dissertação ( Mestrado ) –Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2007, Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli, Orientador; co-orientador Vilmar Luciano Mattei.

1. Eucalipto 2. Resíduos agroindustriais 3. Produção de mudas I Morselli, Tânia Beatriz Gamboa Araújo (orientador) II .Título.

CDD 634.9

# Ivan Renato Cardoso Krolow

## Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Produção Vegetal).

### Banca examinadora:

Aprovado em \_\_/\_\_/2007

---

Dr<sup>a</sup>. Elaine Gonçalves Rech  
PPGA-Produção Vegetal-Autônoma

---

Dr<sup>a</sup>. Geórgia Burck Duarte  
PPGA-Produção Vegetal/Atlântico Sul

---

Dr. Vilmar Luciano Mattei  
PPGA-Produção Vegetal/UFPel

---

Dr. Rui José Costa da Silveira  
PPGA-Solos/UFPel

---

Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli  
Orientador-PPGA-Produção Vegetal/UFPel

A Engenheira Agrônoma Daniela da Rocha Vitória Krolow (esposa) por amizade e companheirismo durante mais uma etapa de nossas vidas.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Doutoranda Daniela da Rocha Vitória Krolow pela amizade, carinho, paciência e dedicação que demonstrou, incondicionalmente, ter durante essa jornada.

A professora Valéria Bonat e ao professor Ernani Bonat (irmã e cunhado) pelo carinho e amizade.

A professora Engenheira Agrônoma Dr<sup>a</sup>. Tânia Beatriz Araújo Morselli, pela orientação, amizade e apoio nos momentos mais difíceis, acima de tudo pelo exemplo, profissionalismo e dedicação à “causa universitária”.

Ao Doutorando Médico Veterinário Larri Morselli, pelo incentivo e amizade.

Ao Engenheiro Agrônomo Dr. Vilmar Luciano Mattei pela co-orientação e ensinamentos transmitidos.

Aos amigos, colegas Alexandre Villela, Noemi Lunkes, Rul Martins; Carla Machado, Magali Fortes e Álvaro Nebel, pelos momentos agradáveis em que passamos.

Aos funcionários do Departamento de Solos Sérgio Brisolara e Paulo Antunes pela amizade, auxílio e profissionalismo que demonstraram em muitos momentos.

Aos estagiários: Rodrigo Oliveira, Guilherme Miritiz, Roberta Lima e Eduardo Becker, pela amizade e apoio.

A Deus, por não ter me deixado fraquejar e por ter proporcionado mais um momento de alegria na minha vida.

## RESUMO

KROLOW, Ivan Renato Cardoso. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados.** Pelotas-RS: FAEM/UFPEL, 2007, (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal) \*

O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil (Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel) em estufa plástica localizada no Campus Universitário. O Objetivo do trabalho foi avaliar a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados. Logo após a aquisição dos diferentes resíduos a serem testados “esterco de bovinos (EB) e de ovinos (EO), lodo de parboilização do arroz (LP), resíduo de alimentos (RA) e resíduo de frutas (RF)”, procedeu-se à disposição desses materiais isolados e em combinação em caixas de madeira não aromáticas a fim de realizar o processo de compostagem e posteriormente a vermicompostagem. Estando a vermicompostagem concluída procedeu-se a mistura dos materiais com a casca de arroz carbonizada (CAC), tais misturas resultaram nos seguintes Tratamentos: T1 (EB 50%+CAC 50%); T2(EO 50%+CAC 50%); T3(RA 50%+CAC 50%); T4(LP 50%+CAC 50%); T5(EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6(EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7(EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8(EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9(EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10(EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11(Plantmax®). As variáveis avaliadas foram: número de plantas, diâmetro de colo, altura de plantas, fitomassa fresca da parte aérea, fitomassa fresca da raiz,

---

\* Orientador: Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli

fitomassa fresca total, fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca da raiz, fitomassa seca total, relação altura da muda/fitomassa seca da parte aérea, relação fitomassa seca da parte aérea/fitomassa seca da raiz, quociente de robustez, índice de qualidade de Dickson, área da parte aérea, composição de macronutrientes da fitomassa seca das partes aérea e radicular e composição de macronutrientes presentes nos substratos após a retirada das mudas. A semeadura foi realizada no dia primeiro de junho de 2006 em tubetes rígidos (1320 unidades) com capacidade de acondicionar aproximadamente  $50\text{cm}^3$  de substrato, o processo germinativo foi concluído aos vinte e oito do mesmo mês. Quando as mudas atingiram a altura de dois centímetros, foi efetuado o desbaste, com auxílio de uma tesoura, deixando-se apenas uma muda por recipiente. As mudas foram irrigadas com a frequência de  $6\text{L m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ , até os 45 dias do plantio e a partir dos 46 foram realizadas duas irrigações totalizando  $12\text{L m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ , em consequência da elevação da temperatura do ar no local, mantendo-se essa frequência até o final das avaliações em estufa. Aos vinte e três dias do mês de setembro de 2006 (115 dias após o plantio), finalizaram as avaliações em estufa, todas as mudas retiradas foram encaminhadas ao laboratório para o procedimento das demais avaliações. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste de médias (Duncan 5%) de probabilidade, através da análise estatística dos resultados constatou-se que o tratamento comercial somente não obteve resposta superior quanto ao número de mudas e entre os tratamentos combinados destacou-se o T2. Conclui-se que a adição de vermicomposto eleva a densidade dos materiais, que o vermicomposto de esterco de ovinos proporciona maior densidade ao substrato, já a lixiviação provocada pela irrigação favoreceu o empobrecimento dos substratos principalmente em relação ao potássio e o alto teor de cálcio presente no substrato interfere na absorção de potássio, o substrato esterco de ovinos 50% + casca de arroz carbonizada 50% é eficiente para a produção de mudas, sendo que o substrato Plantmax<sup>®</sup> é adequado para a produção de mudas de eucalipto e a elevada condutividade elétrica dos substratos interfere no crescimento da muda.

**Palavras-chave:** Eucalipto. Resíduos agroindustriais. Produção de Mudas.

## ABSTRACT

KROLOW, I.R.C. **Production of seedlings of *Eucalyptus grandis* in substratum gotten from agro-industrial residues, compost and vermicompost.** Pelotas-RS: FAEM/UFPEL, 2007, (Dissertação-Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal)\*

The present work was developed at Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil (Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel) in polyethylene greenhouse localized in the Campus Universitário. The objective was to evaluate the seedlings production of *Eucalyptus grandis* Hill. in substrata obtained starting from agroindustrial residues, composted and vermicomposted. After the acquisition of the different residues to be tested "manure of bovine (EB) and of ovine (EO), loam of "parboilização" of the rice (LP), residue of foods (FROG) and residue of fruits (RF) ", it was proceeded to the disposition of those isolated materials and in combination in wood boxes no aromatic in order to accomplish the composting process and later the vermicomposting. After the vermicomposting to be ended it was proceeded there is mixture of the materials with the charred peel of rice (CAC) getting ready the following treatments: T1(EB 50%+CAC 50%); T2(EO 50%+CAC 50%); T3(FROG 50%+CAC 50%); T4(LP 50%+CAC 50%); T5(EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6(EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7(EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8(EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9(EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10(EO 25%+RF 25%+CAC 50%) and T11(Plantmax®). The appraised variables were: number of plants, lap diameter , height of plants, aboveground biomass (wet and dry), wet and dry fitomass of the root , total fresh and dry fitomass, relationship of the height of the cutting/fitomass dries of the aerial part, fitomass dries of the part areal/fitomassa dries of the root, robustness quotient, index of quality of Dickson, area of the aerial part (cm<sup>2</sup>), composition of macronutrients of the fitomass dries of the aerial and root parts and composition of macronutrients of the different substrata after the retreat of the seedlings. The eucalyptus seeds (*Eucalyptus grandis* Hill) they were sowed in the first day of June of 2006 in rigid tablets (1320 units) with capacity to condition 50 substratum cm<sup>3</sup> approximately. The germinate process was concluded to the June 28. When the seedlings reached the height of two centimeters, it was preceded to the rough-hewing with aid of a scissors; it was just left a seedling by container. During the experiment the seedlings were irrigated with the frequency of 6L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>, until the

45 days of the planting, starting from the 46 it was moved for two irrigations totaling  $12\text{L m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ , due to the elevation of the local temperature staying that frequency until the end of the evaluations in polyethylene greenhouse. To the 23 days of September of 2006 (115 days of the planting), it was felt the end of the evaluations in polyethylene greenhouse and all the seedlings were removed and directed to the laboratory for the other evaluations be accomplished. The obtained results were submitted to the variance analysis, test of averages (Duncan 5%) of probability, where it was possible to verify that the commercial treatment didn't only obtain superior answer for the number of seedlings and among the combined treatments to bring out T2. It concludes that the addition of vermicompost raises the density of the materials, that vermicompost of ovine manure provides to greater density to the substratum, already the leaching provoked for the irrigation mainly favored the impoverishment of substrata in relation to the potassium and the high present calcium text in the substratum intervenes with the potassium absorption. The manure substratum of ovine 50% + carbonized rind of rice 50% is efficient for the production of changes of eucalyptus, being that the Plantmax® substratum is adjusted for the production of changes of eucalyptus. The raised electric conductivity of substrata intervenes with the growth of the cutting one.

**key-Word:** Eucalipto. agroindustrial residue. seedlinge production.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Relação da altura da muda/fitomassa seca da parte aérea (AM/FSPA) e da fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea (FSR/FSPA) de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06.....43**
- Figura 2. Quociente de robustez das mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06.....44**
- Figura 3. Índice de Qualidade de Dickson aplicado em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06.....45**
- Figura 4. Teores de magnésio inicial (MgI) , magnésio Final (MgF) (a), fósforo inicial (PI), fósforo Final (PF) (b) nos substratos pré e pós plantio. FAEM/UFPeI, 2005/06. ....50**
- Figura 5. Teores de nitrogênio inicial (NI), nitrogênio Final (NF) (a), cálcio inicial (CaI), cálcio Final (CaF) (b), potássio inicial (KI), potássio final (KF) (c) nos substratos pré e pós plantio. FAEM/UFPeI, 2005/06.....51**
- Figura 6. Percentuais de macronutrientes nas fitomassas da parte aérea (a) e radicular (b) em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06. ....67**

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Composição química e condutividade elétrica dos diferentes substratos pré-plantio do *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06.....33
- Tabela 2. Caracterização física dos diferentes substratos quanto à densidade (Dp), macroporosidade (MC), microporosidade (MI), porosidade total (Pt), capacidade máxima de retenção de água (CRA) e umidade gravimétrica (Ug). FAEM/UFPeI, 2005/06.....34
- Tabela 3. Avaliação do número de mudas (NM), diâmetro de colo (DC), altura da muda (AM), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa fresca da raiz (FFR) do *Eucalyptus grandis* Hill. submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....39
- Tabela 4. Avaliação da fitomassa fresca total (FFT), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e da área da parte aérea (AFT) do *Eucalyptus grandis* Hill. submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM/UFPeI, 2005/06.....42
- Tabela 5. Macronutrientes da fitomassa seca da parte aérea e da raiz de mudas do *Eucalyptus grandis* Hill. submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....47
- Tabela 6. Composição de macronutrientes acumulados nas fitomassas da parte aérea e radicular em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06.....66

Tabela 7. Avaliação do número de mudas do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	68
Tabela 8. Avaliação do diâmetro de colo do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	68
Tabela 9. Avaliação da altura do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	69
Tabela 10. Avaliação da fitomassa fresca da parte aérea do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	69
Tabela 11. Avaliação da fitomassa fresca da raiz do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	69
Tabela 12. Avaliação da fitomassa fresca total do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	70
Tabela 13. Avaliação da fitomassa seca da parte aérea do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	70
Tabela 14. Avaliação da fitomassa seca da raiz do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	70
Tabela 15. Avaliação da fitomassa seca total do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	71
Tabela 16. Avaliação da área da parte aérea do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	71
Tabela 17. Avaliação da altura/fitomassa seca da parte aérea do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	71
Tabela 18. Avaliação da fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	72
Tabela 19. Avaliação do quociente de robustez do <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....	72

<b>Tabela 20. Avaliação do índice de qualidade de Dickson no <i>Eucalyptus grandis</i> Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.....</b>	<b>72</b>
--	-----------

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFÊRENCIA DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Origem do eucalipto.....	17
2.2 Reflorestamento .....	18
2.3 Resíduos orgânicos .....	19
2.4 Processos de compostagem e vermicompostagem .....	19
2.5 Substratos.....	21
2.5.1 Propriedades dos substratos.....	22
2.5.1.1 Propriedades químicas .....	23
2.5.1.1.1 pH.....	23
2.5.1.1.2 CTC.....	23
2.5.1.1.3 Relação C/N .....	24
2.5.1.2 Propriedades físicas .....	25
2.6 Recipientes .....	26
2.7 Indicadores de qualidade da muda.....	27
2.7.1 Parâmetros morfológicos .....	27
2.7.2 Parâmetro fisiológico.....	31
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 Local de realização do experimento.....	32
3.2 Aquisição e preparo dos materiais.....	32
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	35
3.4 Instalação e condução do experimento .....	35
3.5 Variáveis analisadas .....	36
3.6 Análise estatística .....	37

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Características morfológicas .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Interação do substrato com parâmetros morfológicos e fisiológicos.....</b>	<b>45</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem ocorrido um aumento progressivo das áreas utilizadas para reflorestamento e/ou florestamento no Brasil. Este acréscimo vem possibilitando o surgimento de uma nova concepção de exploração rural para muitos produtores, onde a tradicional agricultura e pecuária dão lugar as árvores de corte. Algumas espécies parecem tomar a frente das escolhas individuais. Muitas dessas escolhas estão alicerçadas nas múltiplas formas de apoio fiscal, que vão desde o preparo do solo até a venda da madeira. Dentre as espécies mais lembradas por estes 'programas de incentivo' estão o eucalipto, a acácia e o pinus. O eucalipto tem sido recomendado em larga escala não somente como monocultura, mas para associação em diferentes sistemas de exploração como os silvipastoris. Dentre as vantagens oferecidas pelo cultivo desta espécie, estão o rápido crescimento e adaptação aos mais diferentes solos, fazendo com que tal espécie obtenha preferência dos agricultores. A produção de mudas de eucalipto pode ser realizada de diferentes formas, sejam elas originárias por clonagem, ou obtidas por sementes, e após desenvolvidas em sacos plásticos ou tubetes de polipropileno. A utilização unicamente do solo como substrato já é pouco recomendado. Atualmente, os substratos são combinações de diferentes materiais, sendo desenvolvidos para possibilitar melhores condições físico-químicas, e suprir as exigências peculiares a cada espécie. A obtenção de novos materiais é fundamental, pois, existem muitos resíduos na região que são desprezados e que poderiam ser utilizados na composição dos substratos. Daí surge a idéia de investigar as possibilidades de utilização dos resíduos oriundos da atividade agroindustrial regional. O

aproveitamento dos resíduos provenientes da atividade agroindustrial poderá auxiliar na redução dos custos de produção de mudas, além de reduzir os efeitos negativos provocados pela sua deposição na natureza. No entanto, a solução do problema residual é bem mais ampla e complexa, por tratar-se de decisões a serem tomadas dentro da empresa, com influências que ocorrem diretamente no ambiente externo, apresentando também caráter social e político. A realização do presente trabalho pretende contribuir para a supressão de uma importante lacuna no campo do gerenciamento de resíduos agroindustriais.

## 2 REFERÊNCIAS DE LITERATURA

### 2.1 Origem do eucalipto

O eucalipto é nativo da Austrália e de Ilhas adjacentes. O seu nome tem origem no idioma grego: eu (= bem) e kalipto (= cobrir), referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizada pela tampa que protege as suas sementes. O *Eucalyptus* é um gênero arbóreo, pertencente ao Reino: *Plantae* na divisão: *Magnoliophyta*, classe: *Magnoliopsida*, ordem: *Myrtales*, família: *Myrtaceae*. Estão inseridas nesse gênero mais de 700 espécies, nas quais a grande maioria são originadas do continente australiano, sendo que apenas duas delas a *E. urophylla* e *E. deglupta*, têm ocorrência natural fora do território australiano.

Segundo Martini (2004, p. 60) o eucalipto chegou à América do Sul, provavelmente, pelo Chile em 1823, e na Argentina por meados de 1865, pelas mãos do Presidente Garcia Moreno. No Uruguai chegou em 1853. O mesmo autor relata que é difícil precisar a chegada do eucalipto ao Brasil. Há relatos e documentos que divergem quanto a data precisa dos primeiros plantios, provavelmente de 1824 – 1829 no Rio de Janeiro “Jardim Botânico” a meados de 1868 no Rio Grande do Sul.

## 2.2 Reflorestamento

A demanda anual de madeira no Brasil é estimada em 350 milhões de metros cúbicos, em contrapartida, a produção florestal cultivada, oriunda, principalmente, de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, não suprem metade da necessidade. Este déficit de madeira é suprido através do corte ilegal de florestas naturais. Embora a cultura do eucalipto tenha sido introduzida no Brasil em meados de 1904, a fim de fornecer energia às locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, sua implantação em outros estados como cultura se deu mais tarde, como em Minas Gerais no ano de 1940 (SILVA, 1993).

Segundo Lima (1987), há um aumento crescente das áreas de reflorestamento, principalmente com o cultivo de eucaliptos. Este incremento observado a partir de 1960 se deve ao estabelecimento de programas de incentivos fiscais, que visam à utilização da madeira como matéria-prima para indústrias, sobretudo para obter celulose, energia, madeira para serraria, mourões e postes (COUTO, 1995). Outro fator estimulante para esta atividade é a associação de plantios florestais a cultivos, possibilitando assim a exploração agrosilvipastoril das áreas, otimizando o uso dos solos, inclusive sob o ponto de vista ecológico. Para Ribaski (2000) os problemas relacionados ao desmatamento, degradação de pastagens e/ou de diferentes ecossistemas podem ser amenizados e até mesmo recuperados pelo aproveitamento que este sistema pode proporcionar.

Marchiori (1992) afirma que cultivar espécies florestais de crescimento rápido como as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, muitas vezes é mais vantajoso do que a produção de grãos e alimentos, principalmente, quando o cultivo se dá em solos mais pobres. Sobre o ponto de vista da decomposição da matéria orgânica (MO), podem ocorrer avanços, pelo restabelecimento da fauna do solo, quando do cultivo de árvores nas pastagens. O sombreamento proporcionado pelas árvores, possibilita uma atividade microbiana mais efetiva na decomposição da matéria orgânica, o que resulta em uma maior liberação do nitrogênio mineralizado (WILSON, 1990). Pesquisas na região ocidental do Quênia, na África, demonstraram que árvores de crescimento rápido como *Calliandra calothyrsus*, *Sesbania sesban* e *Eucalyptus grandis*, com elevada exigência em nitrogênio, retiraram nitrato do subsolo, que estava acumulado sob o sistema radicular de culturas agrícolas anuais.

### **2.3 Resíduos orgânicos**

A contaminação dos recursos naturais proporcionados por agroquímicos, associado ao seu uso indiscriminado, contamina os recursos hídricos e prejudica a cadeia trófica de inúmeros animais silvestres (ROCHA, 1998). Um dos casos de contaminação do solo e lençol freático notoriamente reconhecido é a contaminação destes por dejetos de suínos, ocorrida no Estado de Santa Catarina. Guivant (1997), afirma que problemas como estes têm por base a adoção de sistemas de confinamento sem a atenção especial aos cursos de água e tratamento adequado dos resíduos da atividade agroindustrial. Outros resíduos que merecem atenção especial são aqueles provenientes do lixo urbano e do lodo de esgoto, utilizados como adubo orgânico. Com argumentos fortes, baseados na contaminação 'destes' por metais pesados, nocivos ao ambiente e à saúde humana, muitos autores questionam a sua utilização (OKUDA, 1998). No entanto, em trabalhos realizados por Backes e Kampf (1991) foi verificado que a transformação do lixo urbano em substrato apresenta resultados promissores, devido as boas características físico-químicas obtidas. Uma alternativa bastante utilizada é a compostagem do lixo urbano, que na maioria dos casos chega a ter índices superiores a 50% do peso constituído de materiais orgânicos compostáveis (GROSSI, 1993).

### **2.4 Processos de compostagem e vermicompostagem**

O processo de compostagem pode ser definido de varias maneiras. Uma delas é sobre a ótica ecológica, que a considera como sendo uma biocenose, ou seja, é um grupo de seres vivos reunidos pela atração não recíproca exercida entre eles pelos diversos fatores do meio. Na atualidade, a compostagem é definida como um processo biotecnológico, que pode ser realizado em materiais de origem animal ou vegetal, trata-se de um processo desenvolvido em meio aeróbico controlado, realizado por uma colônia mista de microrganismos (SKANAVIS e YANKO 1994). Possui duas fases distintas: na primeira, ocorrem às reações bioquímicas de oxidação mais intensas, predominantemente, termofílicas; na segunda (fase de maturação), ocorrem os processos de humificação dos materiais orgânicos, predominando, nesta fase as reações mesofílicas.

As elevações de temperatura e sua distribuição na massa em compostagem não são uniformes, pois são menores na base da pilha e na camada superficial da mesma (PEREIRA NETO, 1988).

Através da compostagem realizada de forma aeróbia pode-se evitar a formação de compostos prejudiciais aos vegetais como ácido acético, e compostos fenólicos e alcalóides (BILDERBACK, 2000). Pode-se, ainda, reduzir o nível de fitotoxinas presente em cascas e serragem de coníferas e contribuir para redução da relação C/N (HANDRECK e BLACK, 1999). Para que ocorra a destruição de ovos de organismos como helmintos, o processo de compostagem deve apresentar uma temperatura distinta linear de 51°C. Para que ocorra a morte de bactérias patogênicas, viroses e parasitas a temperatura teria que atingir os 55°C e a umidade relativa do ar devendo estar próxima dos 100% em um período de 24 h. No entanto, a compostagem não é um processo de esterilização, mas a regressão de patógenos pode ocorrer de acordo com Huag (1993). Quando há uma relação adequada entre os elementos, ocorre uma elevação da temperatura superior a 60°C, momento este que proporciona um tipo de fermentação, que combinada ao tempo de exposição ao calor, elimina os patógenos, impede a proliferação de insetos e invasão de predadores. Após este processo, a compostagem pode fornecer um material homogêneo e relativamente estável (PEIXOTO; ALMEIDA; FRANCO, 1989).

A vermicompostagem é o processo de decomposição dos resíduos orgânicos realizado pelos microrganismos, tendo como auxílio a atividade de minhocas (ALBANEL; PLAIXATS; CABRERO, 1988). O vermicomposto é produto de inúmeras reações e transformações bioquímicas associadas à ação microbiológica quando da passagem do material orgânico pelo trato digestivo das minhocas. A vermicompostagem apresenta melhores respostas quando da utilização de minhocas da espécie *Eisenia foetida*. Isto se dá por inúmeros fatores, dentre eles a facilidade de adaptação às variações climáticas do Estado do Rio Grande do Sul e aos mais diferentes resíduos da atividade agroindustrial (MORSELLI, 1994).

O uso de vermicompostos a partir de esterco de animais é comumente recomendado para produção de mudas. Esse fertilizante natural pode elevar a concentração de nutrientes do solo e elevar seu potencial de hidrogênio (pH), agindo como corretivo da acidez. O húmus obtido pelo processo de vermicompostagem promove o equilíbrio de solos ácidos e alcalinos. As quantidades de Cd, Cr, Pb, Mn e Zn presentes nos vermicompostos são, geralmente, desprezíveis com relação à toxicidade, se estes forem comparados a muitas análises de amostras obtidas de

diferentes solos brasileiros. Segundo Landgraf; Silva; Rezende (1999), as concentrações de nitrogênio e enxofre comprovam o alto potencial de fertilização que os diferentes vermicompostos oferecem. Já o uso de resíduos da agroindústria tem sido recomendado com forte apelo por profissionais engajados na conservação ambiental. Para Antonioli et al. (1996) o material oriundo do processo de vermicompostagem 'húmus', além de todas as vantagens físicas, pode trazer consigo reguladores de crescimento 'fitohormônios', dentre eles as auxinas 'AIA', as citocininas 'IPA' e as giberelinas 'GA3', são bastante úteis, auxiliando no enraizamento e crescimento das plantas.

Segundo Finola; Rodriguez; e Beoletto (1995), a associação da vermicompostagem à compostagem pode ampliar as chances de controle de organismos patogênicos e ainda ocorrer uma redução do período em aproximadamente 20%.

## **2.5 Substratos**

O primeiro material utilizado como substrato foi o solo. No entanto, com o passar dos anos muitos materiais foram descobertos e testados, fazendo com que surgissem muitas alternativas para os agricultores. Estes materiais através de combinações de dois ou mais componentes, possibilitaram o fornecimento de substratos com propriedades químicas e físicas adequadas a diversas espécies (FONTENO; CASSEL; LARSON, 1981). Dentre os materiais mais utilizados atualmente, estão a casca de arroz (in natura ou carbonizada), areia lavada, a serragem (madeira), compostos de lixo, e vermicompostos (KAMPF, 2000).

Santarelli (2001), também discorre sobre a importância dos fatores físicos em um substrato como a drenagem, capacidade de retenção de nutrientes, densidade, e cita como materiais mais utilizados o solo arenoso, palha de arroz carbonizada, casca de pinus e/ou eucalipto triturada, turfa e palha de café.

Os substratos para produção de mudas podem ser definidos como um meio adequado para a sustentação e retenção das quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (ROSA Jr. et al., 1998).

Segundo Silva Junior e Giorgi (1992) dois fatores são importantes no uso de um substrato a base de esterco, um deles é a concentração de nutrientes e o outro é a forma de uso, pois estes podem afetar o desenvolvimento das mudas. De acordo com Verdonck; Vleeschauer e Boodt (1981), a escolha de um substrato esta diretamente relacionada às características físicas e químicas, bem como as exigências de cada espécie. Dentre as características físicas, as relações entre volume de água e ar podem influenciar diretamente na morfologia das raízes adventícias (BELLÉ,1990).

Os substratos comerciais são amplamente usados por produtores de mudas. No entanto, podem possuir boas condições físicas como é o caso do Plantmax, mas precisam ser complementados com nutrientes para algumas espécies (LOPES, 1996). Para Couvillon (1988), além da influência dos substratos na qualidade das raízes formadas e no percentual de enraizamento de estacas, muitos outros fatores devem ser considerados para se obter plantas saudáveis e bem desenvolvidas, como a variedade e origem da semente, local de germinação, manejo do berçário, etc. Concordando com essas afirmações Fachinello; Hoffmann e Nachtgal (1994), ainda acrescentam que os substratos têm a função de fixação, mantendo o ambiente úmido, escuro e com adequada aeração na base. A utilização de biossólidos para a produção de mudas frutíferas e de espécies florestais, em uma proporção não superior a 50% em mistura com casca de arroz, revelou-se segundo Trigueiro (2002) e Almeida; Silva; Schneedorf (2003) como aplicação promissora para esse resíduo. Para Fermino (1996), o uso de resíduos da agroindústria pode reduzir os custos de produção, e ainda minimizar os impactos ambientais oriundos da atividade.

### **2.5.1 Propriedades dos substratos**

Segundo Kämpf (2001), ainda não há uma metodologia universal para caracterização física e química para substratos comerciais, no entanto, há o consenso quanto à determinação de algumas propriedades como densidade, porosidade e espaço de aeração. Dentre as propriedades químicas são abordados o potencial de hidrogênio (pH), capacidade de troca de cátions (CTC) e a relação carbono/nitrogênio (C/N).

## 2.5.1.1 Propriedades químicas

### 2.5.1.1.1 pH

O pH é definido pela atividade do íon hidrogênio, através dele podemos dispor ou indispor nutrientes existentes no substrato as plantas (BAILEY; NELSON; FONTENO, 2000).

Algumas espécies toleram pHs próximos de sete, outras, próximos ao pH ácido. Muitos autores consideram a faixa de pH mais adequada para espécies florestais entre 5,5 e 7. Para Daniel (2006), o pH do substrato deve estar entre 5,5 e 6,5 momento em que há maior disponibilidade de nutrientes e não há efeitos tóxicos causados pelo excesso de alumínio e manganês. Concordando com esses índices Siqueira (1987) afirma que para espécies florestais essa faixa citada é a mais indicada.

### 2.5.1.1.2 CTC

A capacidade de troca de cátions de um substrato pode interferir diretamente na eficiência do material utilizado. A CTC deve ser alta, sendo considerada como mais adequada para espécies florestais quando atingir  $200 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$  (GONÇALVES E POGGIANI, 1996).

Há muitas interpretações quanto ao melhor substrato. Quanto à composição de nutrientes, inúmeros autores relatam e recomendam adubações minerais junto aos substratos discorrendo sobre dosagens e proporções adicionais de macronutrientes por  $\text{m}^3$  de substrato. No entanto, há poucos relatos sobre a composição dos diferentes materiais utilizados na composição dos substratos. Muitos problemas que ocorrem nos viveiros estão relacionados à concentração de nutrientes do substrato, um exemplo destes casos, é quando há alta disponibilidade de nitrogênio (N) o que pode retardar a lignificação da muda principalmente pela maior concentração de proteínas e aminoácidos, e assim conseqüentemente, ocorre um maior crescimento vegetativo, enquanto que, uma adequada aplicação de potássio permite um processo de lignificação mais acentuado.

Para que o processo de fotossíntese seja eficiente (metabolismo de açúcares, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, alargamento das células

e transferência da informação genética) o substrato deve fornecer teor adequado de P (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Os autores consideram que os teores de P no substrato devem estar abaixo de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$ . Geralmente as plantas necessitam de grandes quantidades de K e esse nutriente participa da maioria dos processos biológicos da planta. Atua como ativador enzimático e participa no processo de abertura e fechamento dos estômatos, respiração e muitos outros (ARAÚJO, 2001). No entanto, Novais; Rêgo; Gomes (1980) ao estudarem a absorção de nutrientes em *E. grandis*, na fase de muda, constataram pouca eficiência da aplicação de K. Ainda em relação ao K, Kinpara (2003), afirma que determinar a disponibilidade desse elemento no substrato em relação à capacidade de troca de cátions (CTC) é de suma importância, pois esse nutriente interage de forma singular no processo nutricional o que acarreta problemas em muitos casos, principalmente, por lixiviação oriunda das irrigações no viveiro. Segundo o mesmo autor as perdas por irrigação podem se aproximar dos teores extraídos pela muda. Para Neves et al. (1990), os substratos devem apresentar em sua composição  $30 \text{ g kg}^{-1}$  de K para a produção de mudas de *E. grandis* sendo que o nível crítico está ao redor de  $10 \text{ g kg}^{-1}$  de K (BARROS et al., 1981). De acordo com Kerbauy (2004, p. 20)<sup>2</sup>:

Após a água ter sido absorvida nos pelos ou células da epiderme das raízes, ela tem que se movimentar radialmente atravessando o córtex para chegar aos elementos do xilema no centro do estelo. Na maioria das raízes a parede das células da endoderme apresenta um espessamento característico, chamado de estrias de Caspary, essas estrias são basicamente compostas por suberina (mistura complexa de substâncias hidrofóbicas, ácidos graxos de cadeia longa e álcoois), que ocupam os espaços entre microfibrilas de celulose e os espaços intercelulares. Com isso na endoderme, as estrias de Caspary transformam-se em uma barreira física efetiva ao movimento radial de água através do apoplasto.

### 2.5.1.1.3 Relação C/N

Uma relação C/N pouco adequada pode comprometer a eficiência do substrato e a disponibilidade de nutrientes às mudas. O N está diretamente relacionado ao carbono presente no material e caso o mesmo apresente baixo teor provavelmente, ocorrerá competição entre as mudas e os microrganismos. Tal ocorrência se dá com frequência em materiais orgânicos não decompostos

---

<sup>2</sup> Kerbauy, G. B. **Fisiologia vegetal**. Editora: Guanabara koogan S.A. SP, 2004. 452p

(CARNEIRO, 1995). Segundo Kiehl (1985), uma relação C/N próxima de 10/1 proporciona melhor disponibilidade de nutrientes e beneficia à atividade biológica no material. Já para Abad e Nogueira (1998) ao combinar material orgânico estável ao substrato a relação C/N pode atingir proporção entre 20/1 e 40/1.

### **2.5.1.2 Propriedades físicas**

Segundo Ansorena (1994), o pequeno volume dos recipientes menores exige com que os substratos tenham melhor relação física, principalmente, quanto à aeração e a capacidade de retenção de água. Ainda sobre as propriedades físicas, estas são mais importantes que as químicas, já que, após o início do cultivo as relações entre água e ar não poderão sofrer modificações com êxito. Segundo Handreck e Black (1999), conhecer a porosidade do substrato é necessário, pois assim será conhecida a capacidade de retenção e disponibilidade de água do material. A água é retida entre os poros e partículas até o equilíbrio da força de coesão da água com a força da gravidade. A porosidade do material é separada em macroporos, microporos e ultramicroporos (DRZAL; CASSEL; FONTENO, 1999).

Os macroporos não retêm água sob a força exercida pela gravidade, ao contrário os microporos o fazem. A força gravitacional é definida pela altura de substrato que por sua vez é determinada pela altura do recipiente (tubete). A disponibilidade de água no substrato tem relação direta com o gasto de energia da planta para absorvê-la, ou seja, mudas submetidas a stresse hídrico são estimuladas a acumular solutos no citoplasma interferindo no seu crescimento e desenvolvimento.

O acúmulo de solutos tem função de diminuir o potencial osmótico interno das células, reduzindo o potencial da água na planta o que gera um gradiente favorável a absorção de água e este processo é chamado de ajuste osmótico. Outra variável física importante é a densidade, pois através dela teremos um indicativo de características, tais como: porosidade e aeração. O espaço poroso total do substrato é definido como volume total do substrato não ocupado por minerais ou partículas orgânicas. Para a maioria das espécies deve estar próximo de 85% (LEMAIRE, 1995). Para Silva et al. (2000) substratos com maiores teores de matéria orgânica podem apresentar elevada porosidade total, conseqüentemente elevada capacidade de retenção de água e aeração.

### 2.5.1.2.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos substratos não deve ultrapassar 1 milisiemens por cm ( $\text{mS cm}^{-1}$ ). Caso isto ocorra, provavelmente o material apresenta excesso de sais solúveis (GONÇALVES et al., 2000). Segundo Ayers e Westcot (1991), para culturas mais sensíveis a salinidade deve se optar, preferencialmente, por substratos com níveis abaixo de 1 milisiemens por cm ( $\text{mS cm}^{-1}$ ). Já para espécies menos sensíveis devem ser considerados limites superiores, ao redor de  $3 \text{ mS cm}^{-1}$ . Quando, não respeitado esses índices, pode ocorrer redução no crescimento da maioria das plantas.

## 2.6 Recipientes

Existem inúmeros recipientes disponíveis no mercado que vão desde os sacos plásticos oriundos da reciclagem até recipientes bem projetados denominados tubetes. Estes oferecem excelentes resultados à produção de mudas de eucalipto. Para Carneiro (1987), o tipo de recipiente e suas dimensões podem influenciar diretamente nos custos de produção e na qualidade das mudas de espécies florestais. Os tubetes oferecem melhores respostas, pois permitem um melhor controle da nutrição e protegem as raízes de danos mecânicos oriundos do manejo no viveiro, transporte e plantio. Outra vantagem do uso desses recipientes é a possibilidade de prolongamento do período de plantio. Isto se dá devido a maior proteção do sistema radicular (SANTOS, 2000).

O uso de tubetes pequenos pode restringir o crescimento do sistema radicular e por isso não são recomendados para a produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* (REIS, G.G; REIS, M.G e MAESTRI, 1989). No entanto, Barros et al. (1978), em trabalhos realizados com *Eucalyptus grandis* semeados em tubetes de ( $50 \text{ cm}^3$ ) constataram que pode proporcionar um menor desempenho para a variável altura na fase de viveiro, mas, em contrapartida, ocorre uma recuperação no campo e por isso o seu uso é recomendado (FAGUNDES e FIALHO, 1987). Gonçalves (1987), ao investigar a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* encontrou nas mudas oriundas de tubetes um sistema radicular bem mais agregado ao substrato, quando comparado ao das mudas produzidas em saco plástico. Dentre as vantagens da substituição dos sacos plásticos pelos

tubetes, o menor envelhecimento radicular e a mecanização das operações de produção permitem que este invólucro seja o mais recomendado (CARNEIRO,1995).

## **2.7 Indicadores de qualidade da muda**

Para a seleção das melhores mudas de eucalipto no processo de produção, podem ser utilizados uma série de critérios, a fim de permitir um povoamento uniforme das áreas destinadas ao florestamento. Dentre eles estão os parâmetros morfológicos como a altura, diâmetro de colo, fitomassa fresca e seca, área foliar, bem como combinações dessas variáveis são utilizadas. Os parâmetros fisiológicos como teor de nutrientes nas mudas, tanto na parte aérea como radicular, e potencial de regeneração do sistema radicular são os mais utilizados.

### **2.7.1 Parâmetros morfológicos**

Dentre os parâmetros morfológicos a altura da muda, diâmetro do colo ou coleto, fitomassa seca da parte aérea e radicular bem como combinações dessas variáveis possibilitam selecionar melhores lotes de mudas nos viveiros.

#### **2.7.1.1 Altura da muda**

Shimizu (1980) ao estudar a produção de mudas de *Pinus elliottii* em viveiro considerou a altura como sendo um bom parâmetro e acrescentou a avaliação da rigidez do caule, para aquela espécie, possibilitando selecionar as mais desenvolvidas à formação de populações produtivas para a região Sul do Brasil. Por outro lado, Gurth (1975) considerou que mudas com maiores alturas, apresentam balanço desfavorável entre as partes radicial e aérea, tendo menor probabilidade de sobrevivência no campo após o plantio. Segundo Mattei (1980), na seleção de mudas somente pela altura poderiam estar sendo incluídas mudas raquíticas e que seria uma deficiência do método, pois mudas resistentes e vigorosas com menor altura seriam eliminadas. Gomes e Paiva (2004) consideram como não recomendável apenas uma variável no processo de seleção de mudas.

A altura da parte aérea é importante, mas pode apresentar deficiências no julgamento, podendo causar problemas ao estabelecimento das mudas nos primeiros meses após o plantio. Para Daniel (2006) a altura da muda é um indicador que utilizado unicamente no processo de obtenção da melhor muda não tem muita importância, pois o valor obtido pode ter sido influenciado até mesmo por adubações nitrogenadas em cobertura, promovendo um enfraquecimento geral aumentando a mortalidade no plantio. O autor relata, que na prática, há uma maior frequência de mortalidade em mudas de maior altura. Contudo, Parviainen (1981a) afirma que selecionar as mudas pela altura é um dos processos mais utilizados, pois se trata de um parâmetro morfológico de fácil mensuração. Outros resultados interessantes são os encontrados por Carneiro e Ramos (1981), em que plantio de mudas de *Pinus taeda*, com diferentes alturas, após seis anos não apresentaram valores equivalentes para altura, diâmetro à altura do peito e volume. Todavia, a obtenção de mudas maiores pode corresponder a maior sobrevivência no campo (PAWSEY, 1972).

Para a obtenção do êxito no transplante, a muda deve apresentar-se bem desenvolvida. Dentro desse contexto, considera-se a análise da altura e diâmetro do colo ou coleto como bons indicadores de qualidade e desempenho ao serem transplantadas (BARNETT, 1983). Mexal e Landis (1990) também concordam com essas observações e afirmam que se tratam de importantes parâmetros para prognosticar o crescimento de mudas no campo.

### **2.7.1.2 Diâmetro de colo**

O diâmetro de colo é de fácil mensuração, quando associado à outra variável como altura pode tornar-se um parâmetro de excelência na avaliação de mudas de espécies florestais, podendo estimar a sobrevivência desta no campo após ser transportada. De acordo com Gomes et al. (2002) ao avaliar-se o diâmetro de colo e/ou associar-se diâmetro de colo a altura tem-se um dos melhores critérios morfológicos de seleção de mudas. A associação da altura da parte aérea ao diâmetro de colo também é conhecida como quociente de robustez, esta associação foi caracterizada por Carneiro (1985). A conjunção desses dois parâmetros gera apenas um índice 'sem unidade'. Gomes et al. (2002) discorreram sobre o método e o consideram como sendo um dos mais importantes parâmetros morfológicos quanto

à precisão e facilidade de obtenção, além de se tratar de um processo não destrutivo.

### **2.7.1.3 Fitomassas**

Dentre as variáveis analisadas para determinar as melhores mudas, o peso de fitomassa seca está entre os mais confiáveis. No entanto, trata-se de um processo restritivo para muitos viveiristas, uma vez, que para se obter respostas desse parâmetro é necessário à destruição da muda (AZEVEDO, 2003). O peso da fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e radicular (FSR) pode fornecer um indicativo de qualidade da muda e com alta credibilidade. A relação da FSPA com FSR pode ser considerada como um índice eficiente e seguro (PARVIAINEM, 1981b). Segundo Schmidt-Vogt (1966), o peso de FSPA e FSR é influenciado pela hereditariedade e manejo de viveiro. Entretanto, para serem considerados como parâmetros de avaliação devem ser combinados. No entanto, Burnett (1979) considera que este método de avaliação tem restrições, pois há destruição da muda para sua obtenção, e ainda, constatado que há contradições ao analisar as mudas após o transplante e estabelecimento da floresta. Outro fator importante desse método é descrito por Boyer e South (1987) que observaram baixas relações FSR/FSPA possibilitando, assim, indicar uma pequena superfície de absorção radicular em contradição a uma maior superfície de transpiração, fazendo com que a muda tenha menor resistência a estiagens. Gomes e Paiva (2004) defendem essa metodologia e ainda afirmam que este parâmetro indica a rusticidade, sobrevivência e desempenho das mudas após a implantação de florestas.

### **2.7.1.4 Relação altura da muda/fitomassa seca da parte aérea**

Alguns autores também relacionam a variável altura a outras variáveis como a fitomassa seca da parte aérea como pode ser observado em trabalhos realizados por Gomes (2001) e Gomes et al. (2002) com mudas de *Eucalyptus grandis*. Com a obtenção da relação da altura da muda e fitomassa seca da parte aérea (AM/FSPA) pode se ter um dado de grande valia para predizer a capacidade de sobrevivência no campo. Gomes e Paiva (2004) discorrem sobre essa relação onde defendem que

quanto menor for o valor dessa expressão melhor, ou seja, mais lignificada a muda, estará resistindo melhor ao transplante e as adversidades do local.

#### **2.7.1.5 Relação fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea**

Segundo Daniel (2006), mudas que apresentam proporcionalmente, maior peso do sistema radicular do que na parte aérea, têm maior chance de sobrevivência no campo.

#### **2.7.1.6 Área foliar**

Outra avaliação importante é a da área foliar, pois dela dependem processos importantíssimos como à interceptação dos raios do sol, permitindo assim o início dos processos de fotossíntese, nesse contexto, tanto maior serão as reservas acumuladas quanto maior for à superfície receptora (KERBAUY, 2004). Nas plantas a maior parte do carbono fixado é usado principalmente na forma de carboidratos (sacarose e amido), fornecendo energia ao processo respiratório e a esqueletos de carbono. Outro fato que deve ser considerado é em relação à fitomassa seca das plantas onde a maior parte dessas é formada por constituintes da parede celular que por sua vez é composta de celulose. Na fase inicial da muda a maior parte do carbono fotoassimilado é utilizado na síntese de seus constituintes celulares a fim de permitir seu estabelecimento. Plantas mais desenvolvidas com área superficial maior poderão ter maior suprimento de água e nutrientes para as raízes, enquanto que nas folhas encontra-se a principal fonte de fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios, etc.) e nutrientes importantes a adaptação da muda no campo.

#### **2.7.1.7 Índice de Qualidade de Dickson**

Dentre os parâmetros de avaliação da muda o índice de qualidade de Dickson é o mais abrangente deles, pois trabalha com a associação de cinco variáveis, para seleção de mudas, onde exprime apenas um valor sem unidade permitindo, selecionar mudas com maior precisão, embora seja também um processo destrutivo.

Foi desenvolvido na década de 60 e até hoje é usado (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

A expressão utilizada para a obtenção do Índice de Qualidade de Dickson é a  $FST / (AM/DC+FSPA/FSR)$  onde:

FST= fitomassa seca total;

AM= altura da muda;

DC= diâmetro do colo;

FSPA= fitomassa seca da parte aérea;

FSR= fitomassa seca da raiz.

Segundo Gomes e Paiva (2004), trata-se de um parâmetro ponderado, podendo ser muito promissor, indicando as melhores mudas, pois consideram em sua expressão o quociente de robustez e o equilíbrio entre as biomassas.

### **2.7.2 Parâmetro fisiológico**

O parâmetro fisiológico mais utilizado é a composição de nutrientes nas fitomassas seca da parte aérea e radicular. Para Novais et al. (1990) a análise foliar é extremamente útil na avaliação do status nutricional em plantios de eucalipto. Segundo Silveira et al. (2003, p. 139) constataram respostas decrescentes na composição de macronutrientes em *E. grandis* com o aumento da idade das mudas, principalmente, para o nutriente K tanto na parte aérea como radicular. Conhecer os teores de nutrientes presentes nas mudas é importante, haja vista que através desse critério de seleção as mudas com maior acúmulo de nutrientes, seriam identificadas, e assim associadas a outros fatores e poderiam ter uma melhor perspectiva quanto a sobrevivência e resistência ao stresse pós-plantio. As análises dos teores de nutrientes da fitomassa seca podem fornecer também a capacidade de exploração das espécies naquele material. No entanto, Gomes e Paiva (2004) definem tais parâmetros como sendo de difícil mensuração, além de fornecer informações pouco confiáveis em relação à sobrevivência e estabelecimento das mudas no campo.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de realização do experimento**

O experimento foi realizado no período de junho a novembro de 2006, em estufa plástica de ferro galvanizado modelo 'Arco Pampeano', disposta no sentido Norte-Sul, com dimensões 10m de largura por 20m de comprimento, coberta com filme de polietileno de baixa densidade, de 0,15mm de espessura, com aditivo anti-UV. Estando localizada no complexo de estufas da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel, Capão do Leão/RS, cujas coordenadas geográficas são 31°52'32" de latitude sul, 52°21'24" de longitude oeste e altitude de 13 metros.

#### **3.2 Aquisição e preparo dos materiais**

Em primeiro de novembro de 2005, logo após, a aquisição dos diferentes resíduos a serem testados "esterco de bovinos (EB) e de ovinos (EO), lodo de parboilização do arroz (LP), resíduo de alimentos (RA) e resíduo de frutas (RF)", procedeu-se à disposição desses materiais isolados e em combinação em caixas de madeira não aromáticas 'cedrinho', com as seguintes dimensões: 1m de comprimento x 0,60m de largura x 0,30m de altura, com capacidade de 126 kg cada, totalizando 22 caixas. Os diferentes materiais permaneceram em uma superfície de "alvenaria acimentada" até que as oscilações de temperatura e pH na massa se

tornassem estáveis e apropriados à inoculação das oligoquetas. Em treze de dezembro de 2005, inoculou-se aos resíduos 700 minhocas adultas e cliteladas, do gênero *Eisenia* espécie *foetida*, onde permaneceram até doze de março do ano seguinte. Ao término do processo de vermicompostagem misturou-se aos diferentes vermicompostos a casca de arroz carbonizada (CAC), na proporção de 1:1, coletou-se amostras representativas dos diferentes materiais encaminhou-se ao Laboratório de Solos da FAEM, para serem avaliadas e caracterizadas quanto a constituição física e química. Quanto a composição dos teores de macronutrientes 'C, N, P, K, Ca e Mg', valores de pH, umidade (%), relações C/N, valores de condutividade elétrica ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) seguiram a metodologia proposta por (TEDESCO et al. 1995) (tab. 1).

Tabela 1. Composição química<sup>3</sup> e condutividade elétrica dos diferentes substratos pré-plantio do *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPeI, 2005/06.

Tratamentos*	N	Ca	k	Mg	P	C/N	pH	CE
	.....g kg <sup>-1</sup> .....							mS cm <sup>-1</sup>
T1	9,89	38,51	7,79	0,58	2,10	14,22	6,85	3,63
T2	14,22	57,76	17,19	3,03	5,54	13,14	7,68	4,95
T3	21,34	48,14	9,94	4,90	29,93	7,91	8,82	8,73
T4	18,21	128,36	21,48	0,43	4,49	11,20	7,94	6,96
T5	13,53	70,60	13,96	2,59	12,87	11,29	6,87	5,48
T6	13,70	57,76	16,92	2,74	9,43	12,19	7,19	6,60
T7	14,05	99,48	23,36	3,75	15,26	15,41	7,98	6,84
T8	11,80	38,51	13,96	1,44	3,29	12,31	7,43	4,47
T9	14,57	51,35	13,16	1,15	6,29	11,91	6,95	5,02
T10	15,09	35,30	16,38	1,01	4,49	11,94	7,25	5,39
T11	8,65	164,92	11,28	16,88	2,75	37,32	5,67	4,23

\*EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

<sup>3</sup> Cortesia de Santos, 2006.

Para as avaliações físicas preencheu-se 33 tubetes (3 amostras de cada substrato), antes obstruiu-se parcialmente a base inferior do recipiente. A seguir, deu-se início a saturação dos materiais com água por 1h. Ao retirar os tubetes do processo de absorção, realizou-se a primeira pesagem, deixando-os por mais 0,5h suspensos por um suporte de madeira. Realizou-se nova pesagem e aproximou-se à base dos recipientes toalhas de papel, onde permaneceram por 1h. Após este período, realizou-se novamente a pesagem dos materiais. Após concluir essa etapa, conduziu-se os materiais em cápsulas de metal a estufa regulada a 105°C, onde permaneceram por 24h (peso constante), após o resfriamento das amostras realizou-se a pesagem final. De posse dos valores encontrados, procedeu-se as avaliações de densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ ), macroporosidade (%), microporosidade (%), porosidade total (%), capacidade máxima de retenção de água ( $\text{mL } 50 \text{ cm}^{-3}$ ) e umidade gravimétrica (%), (tab. 2). As avaliações físicas seguiram a metodologia descrita, por (SILVA, 1998).

Tabela 2. Caracterização física dos diferentes substratos quanto à densidade (Dp), macroporosidade (MC), microporosidade (MI), porosidade total (Pt), capacidade máxima de retenção de água (CRA) e umidade gravimétrica (Ug). FAEM/UFPel, 2005/06.

Tratamentos*	Dp $\text{g cm}^{-3}$	MC .....(%).....	MI .....(%).....	Pt	CRA $\text{mL } 50 \text{ cm}^{-3}$	Ug ...(%)...
T1	0,49	14,89	49,31	64,20	24,66	42,63
T2	0,50	32,74	25,50	58,24	12,75	26,31
T3	0,19	12,63	58,77	71,40	29,38	61,89
T4	0,12	28,27	37,07	65,34	18,54	56,16
T5	0,15	18,27	53,12	71,39	26,56	61,72
T6	0,20	21,17	49,51	70,67	24,75	57,32
T7	0,49	13,72	27,98	41,70	13,99	29,29
T8	0,43	26,55	18,14	44,69	9,07	22,81
T9	0,19	41,33	52,59	93,91	26,29	59,10
T10	0,45	29,69	18,29	47,99	9,15	22,61
T11	0,21	18,19	58,16	76,35	29,08	60,14

\*EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax®).

### 3.3 Tratamentos e delineamento experimental

A metodologia de disposição do experimento foi em delineamento completamente casualizado, com 11 tratamentos e 4 repetições. Os diferentes tratamentos foram assim descritos: T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

### 3.4 Instalação e condução do experimento

Foram utilizados gradilhos metálicos (suporte) onde dispôs-se tubetes rígidos (1320 unidades) com frizos internos (seis) no sentido vertical com as seguintes dimensões: diâmetro externo de 32mm; diâmetro interno 26mm; altura 26mm, com fundo aberto de 10mm e capacidade de acondicionar aproximadamente 50cm<sup>3</sup>. As sementes foram adquiridas da empresa J. M. Zanatta & Cia Ltda de Passo Fundo - RS. A semeadura do eucalipto *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum foi realizada no dia primeiro de junho de 2006 colocando-se diretamente no recipiente quatro sementes por tubete. O estágio de germinação teve início aos 15 dias do plantio, estendendo-se até 28 de junho de 2006. Quando as plantas atingiram 2cm de altura deu-se início ao desbaste com auxílio de uma tesoura, deixando-se apenas uma muda por recipiente. Foi realizada uma irrigação (6L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), até os 45 dias após o plantio. A partir dos 46 dias mudou-se para duas irrigações totalizando 12L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, devido à elevação da temperatura local mantendo-se essa frequência até o final das avaliações em estufa. Aos 23 dias de setembro de 2006 (115 dias após o plantio) foram finalizadas as avaliações em estufa e todas as mudas foram retiradas e encaminhadas ao laboratório para serem realizadas as demais avaliações.

Para as avaliações da altura da planta, utilizou-se uma régua graduada em (cm) e para a obtenção do diâmetro de colo ou coleto foi usado o paquímetro, tomando-se por base a altura de 3cm da extremidade superior do tubete.

Na determinação do peso de matéria fresca da parte aérea e radicular procedeu-se a separação das mesmas com auxílio de uma tesoura, cortando-se

rente ao colo da planta. Primeiramente a parte aérea foi colocada em sacos plásticos com as referidas denominações (tratamentos e repetições). Já com as raízes o procedimento foi diferenciado devido à necessidade de separá-las do substrato. Mergulhou-se os tubetes em bandejas plásticas com água, deixando-os até que estivessem totalmente umedecidos, facilitando assim a retirada das raízes, em seguida, com auxílio de peneiras com malha de 1,00mm 0,50mm de diâmetro procedeu-se a separação dos substratos das mesmas. As raízes foram lavadas em água destilada retirando-se os materiais ainda estranhos às amostras. Na seqüência, envolveu-se-as em papel toalha onde permaneceram até que o excesso de umidade fosse retirado.

Após a pesagem da matéria fresca (aérea e radicular) em balança digital “0,01g”, a parte aérea foi encaminhada para as avaliações de área foliar determinada em aparelho de medida direta de área foliar (cm<sup>2</sup>), modelo LI-COR 3.100, no Laboratório de Sementes da FAEM. Na seqüência, as amostras foram acondicionadas em embalagens de papel e conduzidas à estufa de circulação de ar forçado a 60°C, até atingirem peso constante, conforme descrito por Hunter (1974) o que ocorreu após 72 h. Realizou-se novamente a pesagem dos materiais a fim de obter o peso seco da parte aérea e radicular e em seguida os materiais (parte aérea, radicular e substrato pós-retirada das mudas) dos diferentes tratamentos foram moídos e encaminhados às análises dos teores de N, P, K, Ca, Mg. As análises químicas da parte aérea das plantas e dos substratos seguiram a metodologia proposta em (TEDESCO et al., 1995).

### **3.5 Variáveis analisadas**

As variáveis avaliadas foram: número de mudas, diâmetro de colo (milímetros), altura de mudas (centímetros), fitomassa fresca da parte aérea (gramas), fitomassa fresca da raiz (gramas), fitomassa fresca total (gramas), fitomassa seca da parte aérea (gramas), fitomassa seca da raiz (gramas), fitomassa seca total (gramas), relação da altura da muda/fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca da parte aérea/fitomassa seca da raiz, quociente de robustez, índice de qualidade de Dickson, área da parte aérea (cm<sup>2</sup>), composição de macronutrientes da fitomassa seca das partes aérea e radicular e composição de macronutrientes dos diferentes substratos após a retirada das mudas.

### **3.6 Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, Teste de médias (Duncan 5%) de probabilidade, utilizando-se o Sistema de Análises Estatística-Winstat conforme (MACHADO, 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após terem sido obtidos os dados referentes as avaliações das mudas em estufa e laboratoriais, os valores foram submetidos à análise estatística e se encontram no Apêndice C.

Os resultados das variáveis número de mudas (NM), diâmetro de colo ou coleto (DC), altura de muda (AM), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa fresca da raiz (FFR) encontram-se na (tab.3). Na (tab. 4) têm-se as variáveis fitomassa fresca total (FFT), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e da área da parte aérea (AFT). Já na Fig. 1, encontram-se a relação da altura da muda/fitomassa seca da parte aérea (AM/FSPA) e da fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea (FSR/ FSPA). Na Fig. 2, o Quociente de robustez e na Fig. 3, o Índice de Qualidade de Dickson. Enquanto que nas Fig. 4 e 5 observa-se, os teores de magnésio inicial (MgI), magnésio Final (MgF), fósforo inicial (PI), fósforo Final (PF), nitrogênio inicial (NI), nitrogênio final (NF), cálcio inicial (CaI), cálcio Final (CaF), potássio inicial (KI) e potássio final (KF), dos diferentes substratos. Na Fig. 6, encontram-se os Percentuais de macronutrientes nas fitomassas da parte aérea e radicular. Nas (tab. 5 e 6) são apresentados os teores de macronutrientes: nitrogênio (N), cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) e fósforo (P) das fitomassas aérea e radicular.

#### 4.1 Características morfológicas

Na (tab. 3) observa-se que para a variável NM não diferiram entre si os tratamentos T1 (EB 50% + CAC 50%), T2 (EO 50% + CAC 50%), T3 (LP 50% + CAC 50%), T5 (EB 25% + LP 25% + CAC 50%), T6 (EO 25% + LP 25% + CAC 50%), T9 (EB 25% + RF 25% + CAC 50%) e T10 (EO 25% + RF 25% + CAC 50%).

Ainda em relação ao NM o tratamento T4 (RA 50% + CAC 50%) apresentou o menor desempenho, já o tratamento T11 embora obtendo o segundo melhor desempenho junto aos tratamentos T7, T8 apresenta um total de 81 mudas nos 4 blocos analisados obtendo assim 30 mudas a menos que nos tratamentos T2 e T3. Para a variável (DC) os piores tratamentos foram T4, T5 e T8. O Tratamento T11 (Plantmax<sup>®</sup>) mostrou-se superior estatisticamente aos demais tratamentos para as variáveis: DC, AM e FFPA.

Tabela 3. Avaliação do número de mudas (NM), diâmetro de colo (DC), altura da muda (AM), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa fresca da raiz (FFR) do *Eucalyptus grandis* Hill<sup>3</sup>. submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Tratamentos	NM	DC (mm)	AM (cm)	FFPA ------(g)-----	FFR
T1 (EB <sup>2</sup> 50%+CAC 50%)	28,50 a	2,65 b	6,14 c	0,44 de	0,41 bc
T2 (EO 50%+CAC 50%)	27,75 a	2,80 b	8,42 b	0,67 c	0,49 b
T3 (LP 50%+CAC 50%)	27,75 a	2,48 b	6,26 c	1,06 b	0,92 a
T4 (RA 50%+CAC 50%)	12,50 c	1,54 c	4,26 de	0,42 de	0,38 bc
T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%)	27,75 a	1,76 c	4,80 d	0,43 de	0,31 c
T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%)	28,25 a	2,66 b	6,60 c	0,49 d	0,41 bc
T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%)	21,50 b	2,70 b	4,18 de	0,44 de	0,36 bc
T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%)	22,25 b	1,77 c	3,54 e	0,27 e	0,29 c
T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%)	24,00 ab <sup>1</sup>	2,57 b	4,97 d	0,39 de	0,41 bc
T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%)	24,75 ab	2,85 b	6,55 c	0,66 c	0,49 b
T11 (Plantmax <sup>®</sup> )	20,25 b	3,49 a	12,34 a	1,42 a	0,96 a
<b>Coefficiente de variação</b>	<b>12,17</b>	<b>12,30</b>	<b>10,77</b>	<b>18,63</b>	<b>20,46</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada)

<sup>3</sup> Valores médios por muda.<sup>3</sup>

O tratamento T8 obteve o pior desempenho para a variável AM. Segundo Gomes e Paiva (2004), embora as análises de AM e DC sejam parâmetros importantes não devem ser considerados isoladamente para diagnosticar a qualidade das mudas. Consideram ainda que a AM interfira pouco no desenvolvimento da planta após o transplante<sup>4</sup>. Para Carneiro (1995), a altura da parte aérea combinada com o diâmetro de colo exprime o equilíbrio de crescimento e constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo. O mesmo autor ainda discorre sobre valores entre 5,4 a 8,1 obtidos dessa relação que devem ser mais apropriados para as mudas de eucaliptos.

Para o diâmetro de colo da muda Aguiar; Valeri e Banzato (1989, p. 36-43) encontraram 0,97mm (Bagaço de cana decomposto) e 2,47mm (CAC). Foram encontrados no presente trabalho valores de 1,54mm (T4-RA 50% + CAC 50%) a 3,49mm (T11-Plantmax<sup>®</sup>) para essa variável. Estes dados estão dentro dos encontrados pelos referidos autores em todos os tratamentos. Lopes (2005, p. 49) verificando a qualidade de mudas de *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* encontrou para altura de muda de 18,25cm, 20,43cm e 15,76cm, respectivamente. Aguiar; Valeri e Banzato (1989, p. 36-43) realizando trabalho com produção de mudas de *E. grandis* testando diferentes substratos, dentre eles a casca de arroz carbonizada, encontraram alturas de mudas que variaram de 3,9cm (Bagaço de cana decomposto) e 21,2cm (CAC). Para AM os valores variaram, no presente trabalho, de 3,54cm (T8-EO 25% + RA 25% + CAC 50%) a 12,34cm (T11-Plantmax<sup>®</sup>). Guerreiro e Colli Junior (1984) defenderam em sua investigação que mudas de *E. urophylla* e *E. saligna*, deveriam apresentar altura entre 15 e 25cm e diâmetro mínimo de 2mm.

Os valores obtidos para fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) mostram uma diferença significativa entre os tratamentos, destacando-se o tratamento T11 (1,42g muda<sup>-1</sup>) que apresentou uma superioridade de 25,36% sobre o valor obtido no tratamento T3 (1,06g muda<sup>-1</sup>) e 80,99% sobre o tratamento T8 (0,27g muda<sup>-1</sup>) este com menor desempenho entre os tratamentos estudados. Verificando a qualidade de mudas de *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora*, Lopes (2005, p. 52) encontrou para FFPA 1,51; 1,10 e 0,96g, respectivamente. Os valores obtidos no presente experimento estão dentro da faixa encontrada pelo referido autor.

---

<sup>4</sup> Para Barros et al. (1978) e Reis et al. (1989) o espaço proporcionado pelos tubetes pode ainda influenciar na redução da AM em função do menor espaço oferecido ao sistema radicular.

Para a variável fitomassa fresca da raiz (FFR), os tratamentos T3 (0,92g) e T11 (0,96g) não diferiram estatisticamente entre si apresentando as maiores médias, ficando as menores médias por conta dos tratamentos T5 (0,31g) e T8 (0,29g), Resultados semelhantes aos encontrados por Lopes (2005, p. 53) na produção de mudas de eucalipto somente foram observados nos tratamentos T2 e T10.

Na (tab 4), observa-se que o tratamento T11 destacou-se significativamente para todas estas variáveis. Ao analisar os valores obtidos FFT constata-se uma superioridade do tratamento T11 de 76,47% em relação ao tratamento T8.

A FSPA variou de 0,04 a 0,67g muda<sup>-1</sup> e está dentro dos valores encontrados por Barroso; Carneiro e Leles (2000, p. 246) em trabalho sob produção de mudas de eucalipto em substratos orgânicos atingindo 0,27g (*E. urophylla*) e 0,39g (*E. camaldulensis*). Del Quiqui et al. (2004) ao analisarem 3 espécies de eucaliptos em substratos orgânicos com e sem adubação mineral encontraram aos 180 dias da germinação valores que oscilaram entre 0,087g a 0,102g de FSPA para o *E. grandis*. Observou-se nesse estudo que os tratamentos T1, T7 e T8 apresentam percentuais de 66,66; 63,64 e 66,66%, respectivamente, de FSPA em relação à FST e os tratamentos T3, T4, T6, T9, T10 e T11 aproximam-se dos percentuais encontrados por Silveira et al. (2001, p. 7) que ao analisarem o peso das partes aérea e radicular de mudas de *E. grandis* na fase de viveiro (110 dias) constataram que 78 % da composição da muda encontrava-se na FSPA.

Em relação a FSR Silveira et al. (2001) encontraram valores que oscilaram entre 13% e 22% conforme a origem genética da semente. A FST variou no presente trabalho de 0,06 a 0,89g, discordando da resposta obtida por Vitorino; Rosa Junior e Daniel (1996) que trabalhando com produção de mudas de eucalipto sob diferentes doses de N-P-K encontraram uma FST de 0,04g combinando vermiculita, palha de arroz carbonizada e areia. Barroso; Carneiro e Leles (2000, p. 246) ao avaliarem as mudas após 75 dias da semeadura encontraram valores para a FST entre 0,11g para o (*E. camaldulensis*) e 0,15g (*E. urophylla*) testados em diferentes substratos (bagaço de cana de açúcar + torta de filtro de usina açucareira). Neto et al. (2003) testando substratos orgânicos (50% de húmus de minhoca, 30% de casca de eucalipto decomposta e 20% de casca de arroz carbonizada) sem a adição de fertilizantes minerais na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* encontraram 0,15g para FST aos 125 dias da semeadura.

Quando AM é comparada com a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) na (Fig. 1) através da expressão (AM/FSPA), obtêm-se resultados que demonstram nos

Tabela 4. Avaliação da fitomassa fresca total (FFT), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e da área da parte aérea (AFT) do *Eucalyptus grandis* Hill<sup>3</sup>. submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM/UFPel, 2005/06.

Tratamentos	FFT	FSPA	FSR	FST	Área
	------(g)-----				(cm <sup>2</sup> )
T1-EB <sup>2</sup> 50%+CAC 50%	0,85 def <sup>1</sup>	0,08 cd	0,0425 bc	0,12 cde	193,41 cd
T2-EO 50%+CAC 50%	1,16 c	0,14 b	0,0525 b	0,20 b	242,56 b
T3-LP 50%+CAC 50%	1,98 b	0,12 bc	0,0375 bcde	0,16 bc	219,18 bc
T4-RA 50%+CAC 50%	0,71 ef	0,06 d	0,0175 e	0,08 ef	155,23 f
T5-EB 25%+LP 25%+CAC 50%	0,75 ef	0,07 cd	0,0275 cde	0,10 def	150,19 ef
T6-EO 25%+LP 25%+CAC 50%	0,90 cde	0,12 bc	0,04 bcd	0,16 bc	233,14 b
T7-EB 25%+RA 25%+CAC 50%	0,80 ef	0,07 cd	0,0375 bcde	0,11 cdef	181,66 de
T8-EO 25%+RA 25%+CAC 50%	0,56 f	0,04 d	0,02 de	0,06 f	108,24 g
T9-EB 25%+RF 25%+CAC 50%	0,80 ef	0,09 cd	0,03 cde	0,11 cdef	170,51 def
T10-EO 25%+RF 25%+CAC 50%	1,15 cd	0,11 bc	0,0375 bcde	0,15 bcd	232,54 b
T11-Plantmax <sup>®</sup>	2,38 a	0,67 a	0,2125 a	0,89 a	353,74 a
<b>Coefficiente de variação</b>	<b>18,29</b>	<b>21,78</b>	<b>26,28</b>	<b>19,74</b>	<b>11,52</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada)

<sup>3</sup> Valores médios por muda.

tratamentos T8 (112,64) e T4 (102,14) respostas superiores ao tratamento T11(18,34). No entanto, não permitem definir tais tratamentos como sendo os melhores através da superioridade de seus valores e sim ao contrário. De acordo com Gomes e Paiva (2004) “quanto menor for o índice dessa relação mais lignificada será a muda e maior deverá ser sua capacidade de sobrevivência no campo”. Por outro lado, resultados superiores aos encontrados neste estudo foram obtidos por Gomes et al. (2003) com *Eucalyptus grandis* aos 120 dias de viveiro quando testaram substratos orgânicos (esterco bovino 40% + capim-gordura 60% + moinha de carvão obtida da trituração do carvão de eucalipto) combinados com e sem NPK que ficaram entre 33,04 e 45,14.

Na relação da FSR/FSPA foram obtidos valores de 0,54; 0,51; e 0,51 nos tratamentos T1, T7 e T8, respectivamente, superiores a faixa considerada mais apropriada citada por Caldeira (2000 apud TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003, p. 156) que deve estar abaixo de 0,5 para mudas de eucalipto produzidas em tubetes de 50cm<sup>3</sup>, aproximando-se desse valor os tratamentos T7 e T8.

Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157) obtiveram valores referentes a FSR/FSPA que oscilaram entre 0,23 e 0,42 ao testarem diferentes substratos combinados (biossólido + casca de arroz carbonizada) na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. aos 120 dias da semeadura.

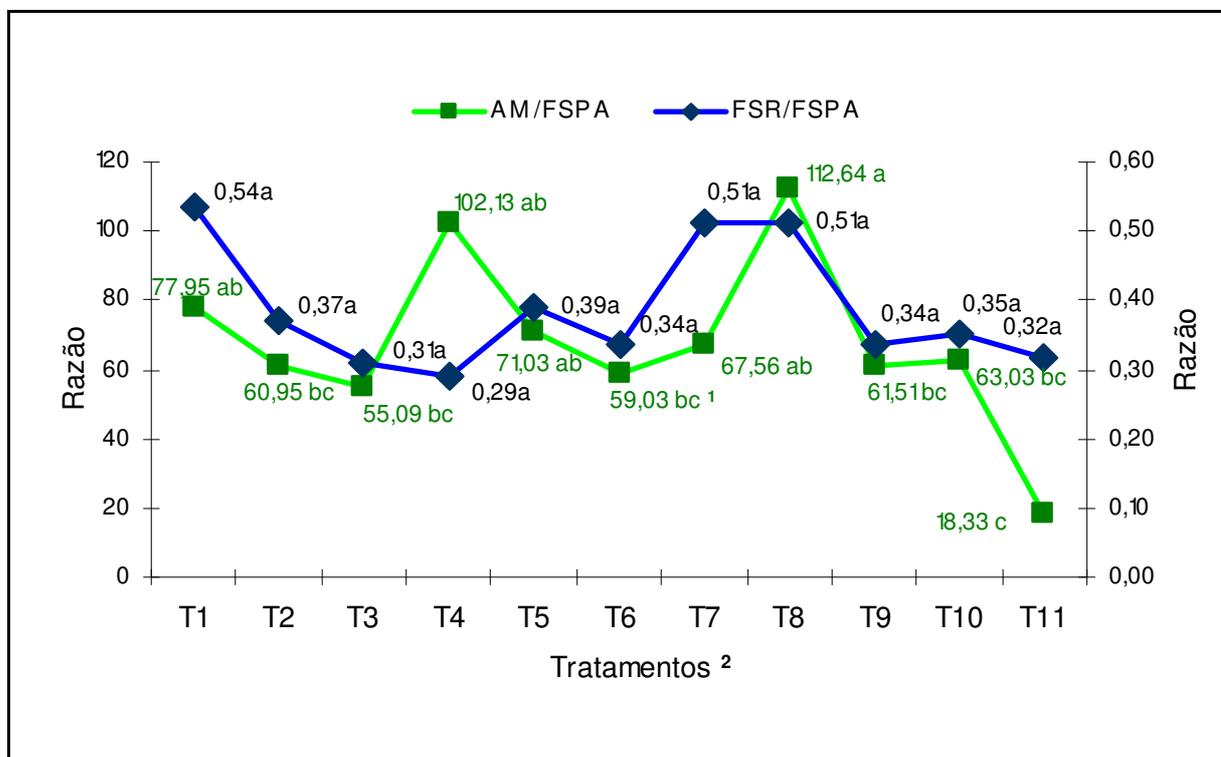


Figura 1. Relação da altura da muda/fitomassa seca da parte aérea (AM/FSPA) e da fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea (FSR/FSPA) de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill<sup>3</sup>. FAEM/UFPEl, 2005/06.

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

<sup>3</sup> Valores médios por muda.

Ao analisar os valores encontrados com base no 'quociente de robustez' (AM/DC), foi possível constatar a superioridade do T11 (3,54), T2 (3,01) e T4 (2,85). (Fig. 2). Entretanto, pela mesma razão da análise anterior os tratamentos que apresentaram respostas mais significativas foram T7 (1,57) e T9 (1,96) segundo essa metodologia de avaliação. Enquanto Gomes et al. (2003, p. 120) obtiveram 27,57 no substrato orgânico sem adição de fertilizantes minerais. Barroso; Carneiro

e Leles (2000) encontraram nos substratos orgânicos sem complementação mineral valor 4 para o *E. urophylla* e 7,32 para *E. camaldulensis*. Segundo Birchler et al.(1998 apud DAVIDE e De OLIVEIRA 2005) as mudas de melhor qualidade apresentam valores dessa relação menores que 10.

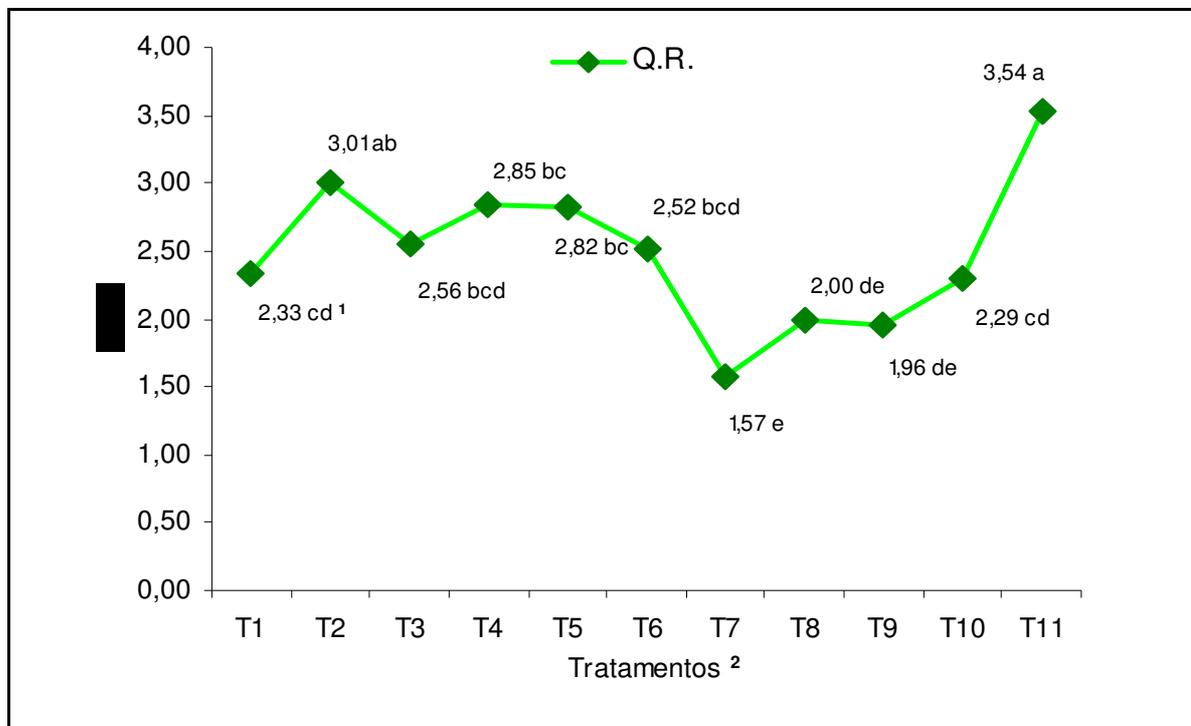


Figura 2. Quociente de robustez das mudas de *Eucalyptus grandis* Hill<sup>3</sup>. FAEM/UFPel, 2005/06.

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

<sup>3</sup> Valores médios por muda.

Ao submeter os valores obtidos a uma avaliação mais abrangente possibilitando uma interação entre as variáveis AM, DC, FSPA, fitomassa seca da raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) através do índice de qualidade de Dickson (IQD) cuja expressão é dada por:  $FST / (AM/DC + FSPA/FSR)$  na (Fig. 3), constata-se que o T11 (0,13) obteve resposta mais significativa entre os tratamentos estudados. Também é possível destacar que os tratamentos T4 (0,015) e T8 (0,0125) apresentam valores inferiores aos demais. Trigueiro e Guerrini (2003) encontraram

(0,1678) para o IQD ao combinarem diferentes substratos (50 % biossólido + 50% casca de arroz carbonizada). Segundo Gomes (2001) quanto maior for o valor desse índice melhor será o padrão de qualidade das mudas.

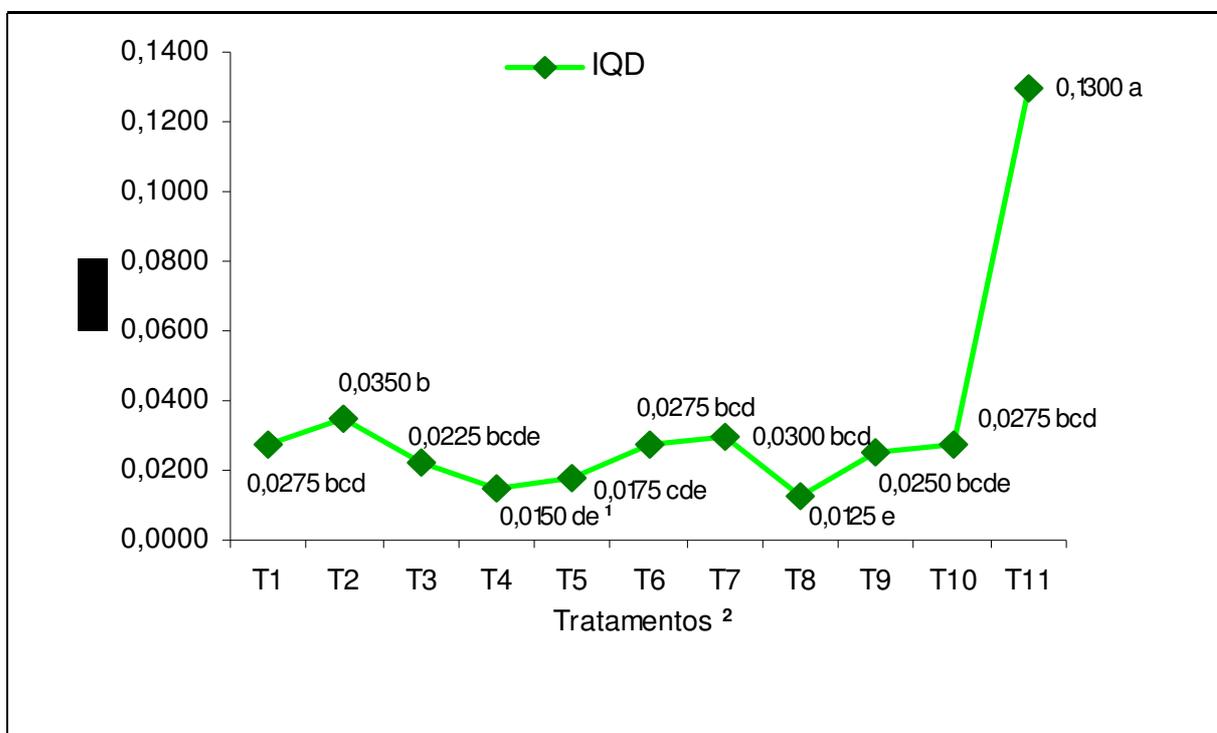


Figura 3. Índice de qualidade de Dickson aplicado em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill<sup>3</sup>. FAEM/UFPel, 2005/06.

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

<sup>3</sup> Valores médios por muda.

## 4.2 Interação do substrato com parâmetros morfológicos e fisiológicos

Analisando os teores de macronutrientes das fitomassas (tab. 5) observa-se na FSR que em relação ao nitrogênio (N) apenas o tratamento T11(2,92 mg muda<sup>-1</sup>) apresentou valor entre (1,3 mg muda<sup>-1</sup>) e (3,8 mg muda<sup>-1</sup>) encontrados por Silveira et al. (2001, p. 7) no estudo de quatro materiais genéticos de *E. grandis* originados de sementes. Por outro lado, os mesmos autores encontraram naquele estudo

percentuais entre 16% e 24% do N presente na FST pertencente a FSR. Nessa mesma faixa, apenas os tratamentos T1, T3 e T8 não se enquadraram, apresentando valores próximos, mas superiores (26,46%, 25,22% e 26,38% respectivamente), (Fig. 6 Apêndice B.). Percentuais semelhantes foram encontrados por Trigueiro e Guerrini (2003).

Com relação à distribuição de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) na muda os percentuais encontrados na FSR são superiores aos encontrados pela maioria dos autores e apenas os tratamentos T3, T4 e T11 estão dentro da faixa entre 20% a 27% mais citada. Na FSPA os tratamentos T7 e T8 apresentam os menores percentuais dessa distribuição. Os menores teores de  $\text{Ca}^{++}$  na FSR estão em T4 ( $0,03 \text{ mg muda}^{-1}$ ), T5 ( $0,06 \text{ mg muda}^{-1}$ ) e T8 ( $0,1 \text{ mg muda}^{-1}$ ), o que se deve provavelmente a pouca absorção  $\text{Ca}^{++}$  pelas raízes “extremidades mais jovem”, ou seja, provavelmente, o processo de suberização das raízes tenha acontecido e o bloqueio do transporte apoplástico do  $\text{Ca}^{++}$  do córtex até o estelo realizado pelas estrias de Caspary tenha sido intensificado. A possível suberização das raízes principalmente no T4 pode ter sido acelerada pelo déficit hídrico proporcionado pelo substrato, sendo reforçada essa hipótese pelos teores de  $\text{Ca}^{++}$  ( $90,91 \text{ g kg}^{-1}$ ) encontrados no substrato do T4 após a retirada das mudas. Da Silva et al. (2000) lembram que ‘o estresse hídrico intensifica o processo de suberização de raízes’ o que afeta bastante o transporte e absorção de  $\text{Ca}^{++}$ . Em relação à FSPA os teores desse nutriente aparecem em menor expressão nos tratamentos T8 ( $0,04 \text{ mg muda}^{-1}$ ) e T4 ( $0,12 \text{ mg muda}^{-1}$ ). Segundo Harrison et al. (1994), o excesso de  $\text{Ca}^{++}$  pode causar uma redução de magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) na FSPA, pois compete pelos mesmos sítios de absorção de cátions e a baixa disponibilidade de  $\text{Mg}^{++}$  nos substratos principalmente em T4 ( $0,43 \text{ g kg}^{-1}$ ) e T8 ( $1,44 \text{ g kg}^{-1}$ ) provavelmente influenciaram no desempenho das mudas. Muitos autores afirmam que a demanda do eucalipto pelo  $\text{Mg}^{++}$  é baixa, contudo, ao analisarmos a (tab. 5) constata-se que os teores de  $\text{Mg}^{++}$  encontrados FSPA apresentam valores em T4 ( $0,18 \text{ mg muda}^{-1}$ ) e T8 ( $0,12 \text{ mg muda}^{-1}$ ) inferiores aos demais.

Quanto aos teores de fósforo (P) nas folhas e nas raízes os tratamentos T4 e T8 apresentaram os menores valores. Em relação à FSPA os tratamentos T3 e T11 apresentaram valores que divergem dos demais em relação a P e  $\text{Ca}^{++}$  pois foram apenas nestes casos que o  $\text{Ca}^{++}$  apresentou-se maior que P. Teores menores de P na FSPA poderiam estar associados ao equilíbrio de cátions favorável ao eucalipto,

Tabela 5. Macronutrientes da fitomassa seca da parte aérea e da raiz de mudas do *Eucalyptus grandis* Hill. submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Tratamentos*	N	Ca	K	Mg	P
	-----mg muda <sup>-1</sup> -----				
-----Fitomassa seca da parte aérea-----					
T1	1,45	0,24	0,11	0,41	0,28
T2	2,35	0,28	0,22	0,43	0,42
T3	1,71	0,73	0,62	0,96	0,49
T4	1,69	0,12	0,13	0,18	0,18
T5	1,19	0,14	0,11	0,33	0,29
T6	2,48	0,18	0,20	0,45	0,42
T7	1,64	0,14	0,15	0,28	0,23
T8	0,81	0,04	0,08	0,12	0,13
T9	1,65	0,18	0,14	0,37	0,30
T10	2,46	0,17	0,18	0,38	0,35
T11	12,73	3,73	0,69	3,48	1,93
-----Fitomassa seca da raiz-----					
T1	0,52	0,18	0,05	0,43	0,19
T2	0,65	0,30	0,06	0,40	0,18
T3	0,58	0,24	0,04	0,50	0,30
T4	0,35	0,03	0,03	0,15	0,06
T5	0,39	0,06	0,04	0,38	0,16
T6	0,57	0,18	0,06	0,37	0,18
T7	0,51	0,24	0,04	0,29	0,17
T8	0,29	0,10	0,04	0,17	0,08
T9	0,47	0,17	0,04	0,28	0,13
T10	0,60	0,22	0,06	0,36	0,19
T11	2,92	1,38	0,29	2,76	0,84

\*EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

<sup>1</sup>Valores médios por muda.

o que levaria ao entendimento de que nos demais tratamentos essa relação fora desfavorável promovendo o desbalanceamento de cátions, necessitando assim de maiores teores de P no substrato. Segundo Mengel e Kirkby (1987) onde houver maiores teores de  $\text{Ca}^{++}$  na parte aérea em relação aos teores de P é indicio de que pode ter ocorrido antagonismo catiônico. De Souza et al, (2005) testando dois substratos, no qual o enriquecido com composto orgânico apresentou teor de  $\text{Ca}^{++}$  acima de 52,72% em relação ao tratamento comparativo mostrando se superior no teor de  $\text{Ca}^{++}$  na FSPA em mudas de *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich.

Outro fator que poderia ter contribuído com os resultados encontrados entre os tratamentos T1 e T10 é o pH alcalino dos substratos (tab. 1), dentre eles, o T3 apresentou pH= 8,82 bem acima do indicado para a produção de mudas de eucalipto que deve estar entre 6,0 e 6,5.

Tabela 1. Composição química<sup>4</sup> e condutividade elétrica dos diferentes substratos pré-plantio do *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPel, 2005/06.

Tratamentos*	N	Ca	k	Mg	P	C/N	pH	CE
	.....g kg <sup>-1</sup> .....							mS cm <sup>-1</sup>
T1	9,89	38,51	7,79	0,58	2,10	14,22	6,85	3,63
T2	14,22	57,76	17,19	3,03	5,54	13,14	7,68	4,95
T3	21,34	48,14	9,94	4,90	29,93	7,91	8,82	8,73
T4	18,21	128,36	21,48	0,43	4,49	11,20	7,94	6,96
T5	13,53	70,60	13,96	2,59	12,87	11,29	6,87	5,48
T6	13,70	57,76	16,92	2,74	9,43	12,19	7,19	6,60
T7	14,05	99,48	23,36	3,75	15,26	15,41	7,98	6,84
T8	11,80	38,51	13,96	1,44	3,29	12,31	7,43	4,47
T9	14,57	51,35	13,16	1,15	6,29	11,91	6,95	5,02
T10	15,09	35,30	16,38	1,01	4,49	11,94	7,25	5,39
T11	8,65	164,92	11,28	16,88	2,75	37,32	5,67	4,23

\*EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

<sup>4</sup> Cortesia de Santos, 2006.

Em substratos com pH próximo à neutralidade poderia ocorrer uma maior disponibilidade de  $\text{Ca}^{++}$  devido a uma possível precipitação o que por consequência poderia afetar a absorção de P. Conforme Handreck e Black (1999) em substratos onde o pH aproxima-se de 7,0 há maior disponibilidade de  $\text{Ca}^{++}$  e magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), no entanto, uma menor disponibilidade de Potássio, Ferro, Manganês, Boro, Cobre e Zinco. Também é observado nos substratos dos tratamentos T3 e T7 maior disponibilidade de P para as mudas de eucalipto Fig. 4. A maior concentração em T3 proporcionou menor relação de FSR/FSPA como pode ser visto na Fig. 1, concordando com a citação de Barros e Novais (1990) de que quanto maior for a disponibilidade de P no substrato menor será a relação entre a FSR/FSPA.

Ao analisar os teores de P da FSPA nos diferentes tratamentos constata-se em T11 ( $1,93\text{mg muda}^{-1}$ ) maior valor o que também é verificado para FSR (tab. 5). Estes resultados contrariam os dados por Duboc (1994) no estudo da nutrição do Jatobá *Hymenaea courbaril* L. onde constatou resultados menos expressivos nos tratamentos que apresentaram maior FSPA. Malavolta (1980) também discorre sobre o efeito de diluição de nutrientes em relação a maiores respostas da biomassa seca das plantas. Contudo, para Vaz e Gonçalves (2002) o P é um dos principais nutrientes envolvidos na nutrição de mudas de eucaliptos e na fase juvenil isso se torna mais evidente.

Embora, os tratamentos T2 ( $17,19\text{ g kg}^{-1}$ ), T4 ( $21,48\text{ g kg}^{-1}$ ) e T7 ( $23,36\text{ g kg}^{-1}$ ) tenham apresentado maior disponibilidade de K em seus respectivos substratos e o T1 ( $7,79\text{ g kg}^{-1}$ ) a menor, na FSPA não é observada a presença de maiores teores desse elemento (tab. 5) onde os tratamentos T11 ( $0,69\text{ mg muda}^{-1}$ ) e T3 ( $0,62\text{ mg muda}^{-1}$ ) obtiveram valores distintos e superiores dos demais. No entanto, os tratamentos com pior desempenho para essa variável foram: T8 ( $0,08\text{ mg muda}^{-1}$ ), T5 ( $0,11\text{ mg muda}^{-1}$ ) e T1 ( $0,11\text{ mg muda}^{-1}$ ). Este último de acordo com o esperado, ou seja, menor teor disponível no substrato. Na FSR o tratamento com menor desempenho foi o T4 ( $0,03\text{mg muda}^{-1}$ ). É possível constatar um déficit em relação aos teores totais encontrados nas análises da FSPA e nos diferentes substratos após a retirada das mudas Fig. 5. O decréscimo dos teores de  $\text{K}^+$  possivelmente se deve ao método de irrigação utilizada no processo de produção das mudas.

A irrigação pode promover o empobrecimento do substrato e muitas vezes necessitar de compensações nutricionais (NOVAIS, 1990). Por outro lado, Prezotti (1998 apud DEL QUIQUI, 2004), afirma que 'a aplicação de  $\text{K}^+$  no substrato não tem proporcionado respostas satisfatórias a adubação potássica sugerindo que o nível

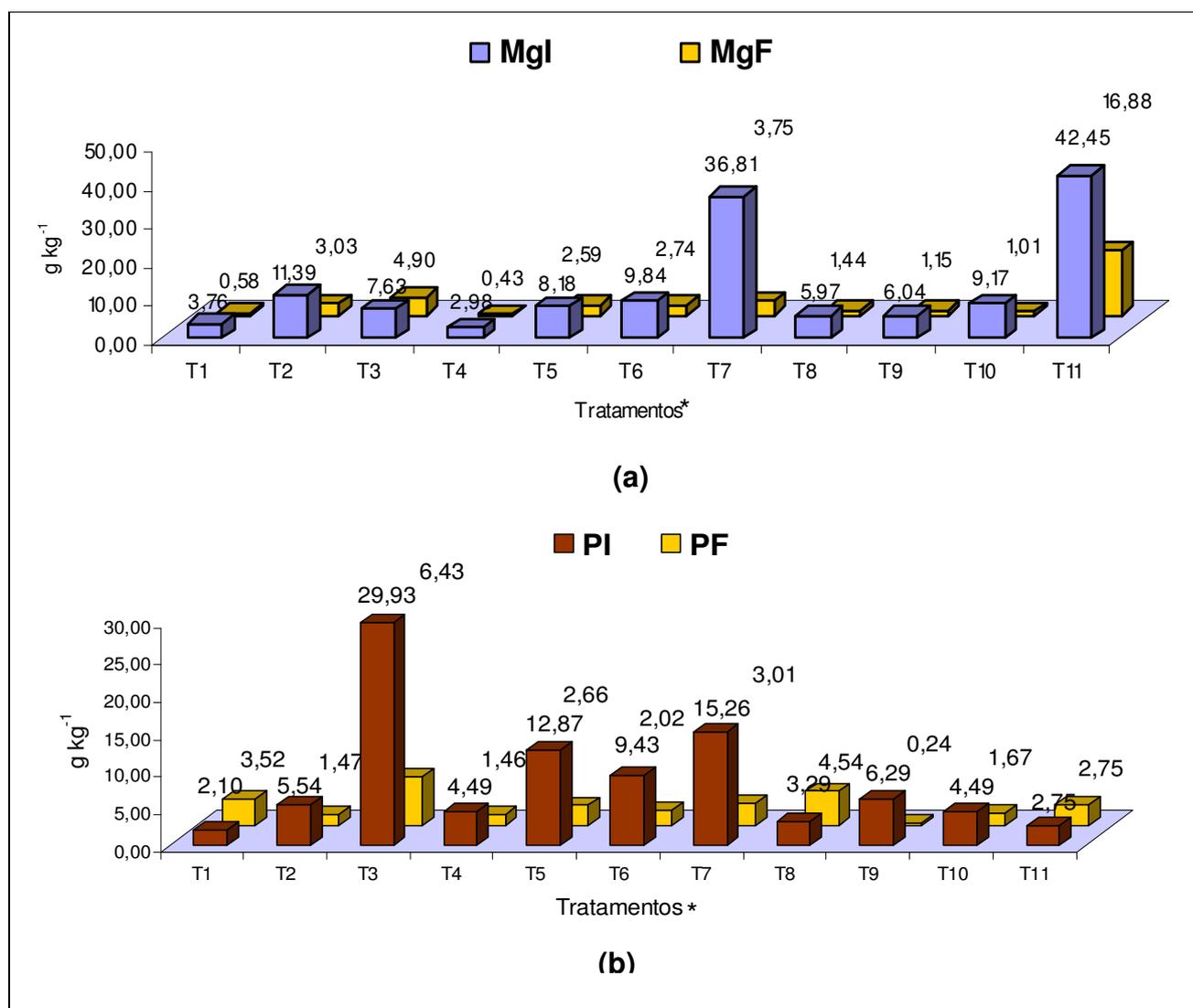


Figura 4. Teores de magnésio inicial (MgI) , magnésio Final (MgF) (a), fósforo inicial (PI), fósforo Final (PF) (b) nos substratos\* pré e pós plantio. FAEM/UFPel, 2005/06.

\* EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

crítico desse nutriente seja inferior ao citado para a maioria das culturas’.

Os teores de macronutrientes da FSPA acumulados nos diferentes tratamentos (tab. 6 Apêndice A) são apresentados a seguir por ordem decrescente: T11, T3, T6, T2, T10, T9, T1, T7, T4, T5 e T8. Já na FSR segue a ordem T11, T3, T2, T10, T1, T6, T7, T9, T5, T8 e T4.

Finalmente, ao analisar os diferentes substratos (tab. 2) em relação a suas características físicas é possível destacar a elevação da densidade nos tratamentos,

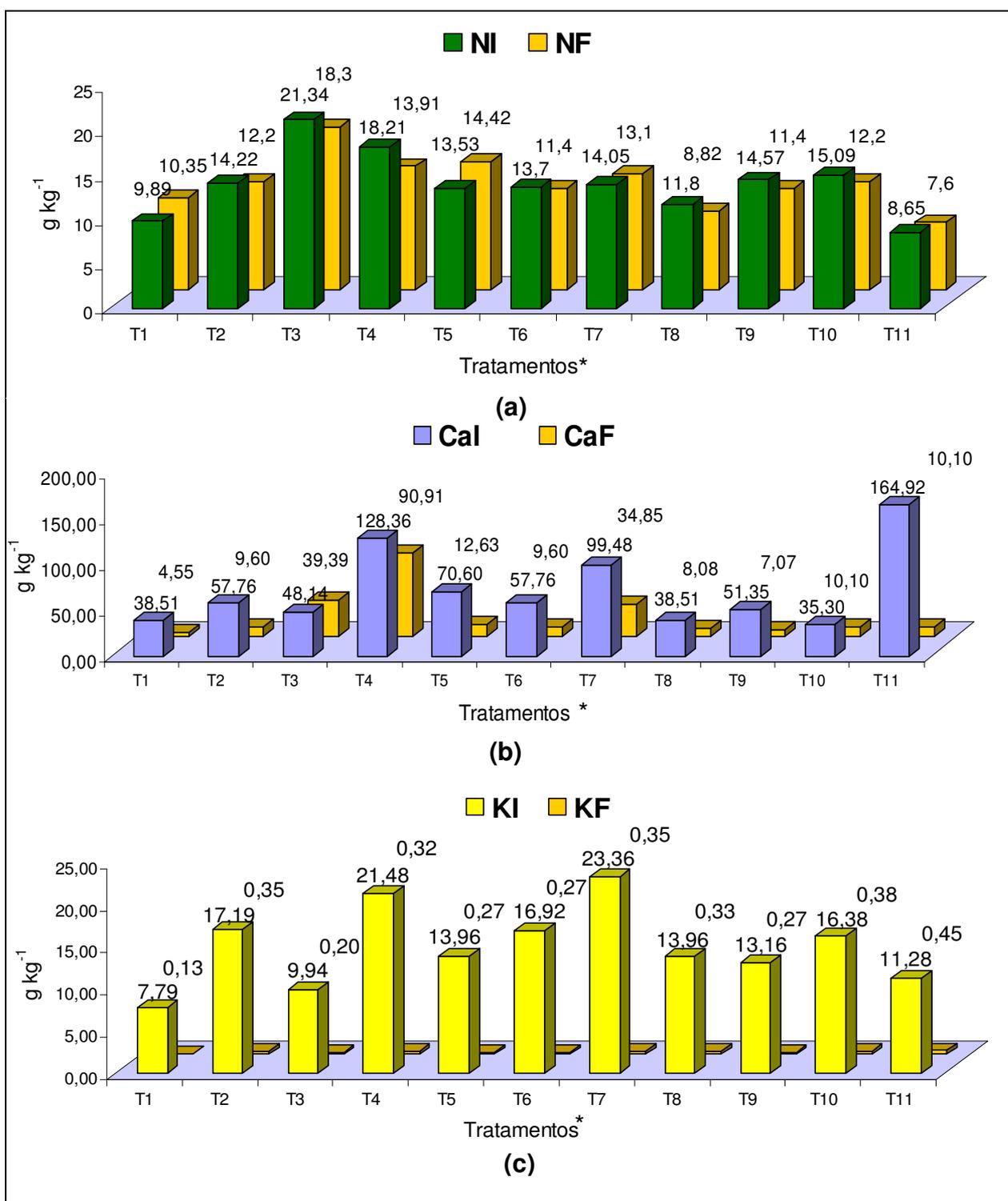


Figura 5. Teores de nitrogênio inicial (NI), nitrogênio Final (NF) (a), cálcio inicial (Cal), cálcio Final (CaF) (b), potássio inicial (KI), potássio final (KF) (c) nos substratos\* pré e pós plantio. FAEM/UFPel, 2005/06.

\* EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax®).

onde há presença de resíduos animais. Também se observa uma menor capacidade de retenção de água (CRA) a exceção dos resíduos combinados com vermicomposto de lodo de parboilização do arroz (LP).

Tabela 2. Caracterização física dos diferentes substratos quanto à densidade (Dp), macroporosidade (MC), microporosidade (MI), porosidade total (Pt), capacidade máxima de retenção de água (CRA) e umidade gravimétrica (Ug). FAEM/UFPel, 2005/06.

Tratamentos*	Dp g cm <sup>-3</sup>	MC .....(%).....	MI .....(%).....	Pt	CRA mL 50 cm <sup>-3</sup>	Ug ...(%)...
T1	0,49	14,89	49,31	64,20	24,66	42,63
T2	0,50	32,74	25,50	58,24	12,75	26,31
T3	0,19	12,63	58,77	71,40	29,38	61,89
T4	0,12	28,27	37,07	65,34	18,54	56,16
T5	0,15	18,27	53,12	71,39	26,56	61,72
T6	0,20	21,17	49,51	70,67	24,75	57,32
T7	0,49	13,72	27,98	41,70	13,99	29,29
T8	0,43	26,55	18,14	44,69	9,07	22,81
T9	0,19	41,33	52,59	93,91	26,29	59,10
T10	0,45	29,69	18,29	47,99	9,15	22,61
T11	0,21	18,19	58,16	76,35	29,08	60,14

\*EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax®).

Pio et al. (2005, p. 425) ao estudarem diferentes substratos na produção de mudas de jabuticaba, encontraram no substrato plantmax um espaço poroso total de 80 % que segundo o autor, provavelmente, por esse fator obteve o melhor desempenho. Ao constatar o baixo desempenho dos tratamentos T7, T8, T9 e T10 nas (tab. 3 e 4), poderíamos associar essas respostas aos percentuais de Pt, já que estes não se encontram dentro da faixa mais apropriada (75 a 85%) para o eucalipto (SILVEIRA et al., 2001). Nos tratamentos T1, T3, T5, T7 e T11 os percentuais de macroporos (MC) encontram-se abaixo da faixa média (20 a 40%). Esses percentuais podem ter influenciado nas respostas agrônômicas do tratamento T3, pois apresenta 12,63% de MC, fato este, que pode ter dificultado a aeração do

substrato. O mesmo não é observado no tratamento T11 onde apresenta 18,19% de MC.

Pode-se observar na (tab. 2) que nos tratamentos onde há combinação do LP a densidade diminuiu consideravelmente o que confere, provavelmente, uma maior Pt aos substratos. Essa elevação da Pt ocorreu principalmente pela maior % MI nos substratos, proporcionada por esse resíduo. Os percentuais de MI encontrados nos tratamentos T3, T5, e T6 encontram-se dentro da faixa mais indicada para o cultivo do eucalipto. Outro benefício, conferido pelos MI do resíduo LP provavelmente foi a elevação da CRA permitindo que os tratamentos já citados apresentassem índices mais adequados (20 a 30 mL cm<sup>-3</sup>) ao eucalipto (SILVEIRA, 2001).

Analisando a relação C/N dos substratos constatou-se que os tratamentos T4, T5, T9 e T10 apresentam valores próximos a faixa mais apropriada (10/1) demonstrando um melhor estado de humificação e mineralização da matéria orgânica. Enquanto que, o tratamento T11 apresentou uma relação superior aos demais, isso poderia ter comprometido a eficiência desse substrato, o que não foi observado nas variáveis analisadas. Já em relação a condutividade elétrica (CE) T1, T2, T8 e T11 encontra-se em níveis inferiores aos demais o que não caracteriza como ideal. Todos os tratamentos apresentaram valores de CE superiores a faixa mais apropriada para a maioria das culturas, o que provavelmente interferiu no crescimento das mudas de eucalipto.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com as características dos substratos avaliados e o desempenho obtido nas mudas de eucalipto nesse trabalho, foram encontradas respostas importantes, até mesmo àquelas oriundas das combinações de resíduos de alimentos e casca de arroz carbonizada. Nos tratamentos a base de resíduos animais “esterços” destacou-se o vermicomposto ovino mais casca de arroz carbonizada apresentando respostas superiores ao substrato comercial, o que possibilita o entendimento de que o eucalipto responde positivamente a utilização desses resíduos.

As respostas encontradas no emprego de diferentes materiais orgânicos na combinação dos substratos além de ter apresentado resultados promissores, pode permitir que estes resíduos sejam reutilizados na própria “fonte geradora” o que contribuirá positivamente com a redução do custo ambiental local. As informações obtidas nesse trabalho pretendem colaborar com a destinação dos resíduos oriundos da atividade agroindustrial e sinaliza para o alto potencial desses materiais na produção de mudas de eucalipto. No entanto, se faz necessário mais estudos sobre o tema a fim de adequar as combinações propostas associando questões físico-químicas mais adequadas à espécie.

## 6 CONCLUSÕES

- A adição de vermicomposto eleva a densidade dos materiais.
- O vermicomposto de esterco de ovinos proporciona maior densidade ao substrato.
- A lixiviação provocada pela irrigação favorece o empobrecimento dos substratos principalmente em relação ao potássio.
- O alto teor de cálcio presente no substrato interfere na absorção de potássio.
- O substrato Esterco de ovinos 50% + casca de arroz carbonizada 50% é eficiente para a produção de mudas de eucalipto.
- O substrato Plantmax<sup>®</sup> é adequado para a produção de mudas de eucalipto.
- A elevada condutividade elétrica dos substratos interfere no crescimento da muda.

## 7 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion. In: LOPEZ, C.C. (Coord.) Fertirrigacion: Cultivos hortícolas y ornamentales. Espanha: **Ediciones Mundi-Prensa**, 1998. cap. 6, p.287-342.

AGUIAR, I. B.; VALERI, S. V.; BANZATO, D. A. et al. Seleção de componentes de substratos para produção de mudas de eucalipto em tubetes. IPEF, **Série Técnica**, n. 41/42 p. 36 a 43, 1989.

ALBANEL, E.; PLAIXATS, J.; CABRERO, T. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. **Biology and Fertility of Soils**, v.6, p.266- -269, 1988.

ALMEIDA, G. R. R. ; SILVA, A. C. ; SCHNEEDORF, J. M. **Monitoramento microbiológico de bio sólido e composto de lixo urbano em cultivo de eucalipto por microcalorimetria**. In.: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO. Ribeirão Preto/SP. 2003. CD Rom

ANTONIOLLI, Z.; GIRACCA, E. M. N.; CARDOSO, S. J. T.; WIETHAN, M. M. S.; FERRI, M. **Iniciação à Minhocultura**. In: Criação em cativeiro e vermicompostagem. UFSM. Santa Maria, RS. 1996, p.59-89.

ANSORENA MINER, J. **Substratos: propiedades y caracterización**. Bilbao: Mundi Prensa, 1994. 172 p.

ARAÚJO, R.C. **Produção, qualidade de frutos e teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em resposta à nutrição potássica**. 2001. 103f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

AYERS, R. S.e WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB,1991. 218p.

AZEVEDO, M.I.R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (Cedrela fissilis Vell.) e de ipê-amarelo (Tabebuia serratifolia (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes**

**substratos e tubetes**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BACKES, M. A. e KÄMPF, A.N. Substratos a base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF., v.26, n. 5, p. 753-758,1991.

BAILEY, D. A.; NELSON, P. V.; FONTENO W.C. Substrates pH and water quality. Raleigh: North Carolina State University, 2000. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2007.

BARNETT, J.P. Relating seedling morphology of container grown southern pines to field success. Separata de: CONVENTION OF THE SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS (1983: Portland) **Proceeding of the...** New Orleans: USDA For. Serv, Southern Forest Experiments Station, p. 405-407, 1983.

BARROS, N.F.; BRANDI, R.M.; COUTO, L. *et al.* Efeitos de recipientes na sobrevivência e crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.2, n.2, p.141- 151, 1978.

BARROS, N.F.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Níveis críticos de Ca e K no solo para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, 1981, Salvador. *Programas e Resumos...* Salvador, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1981, p. 92.

BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L. *et al.* Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus spp.* **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.1, p.38-44,1982.

BARROS N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. 430p.

BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G. de S; LELES, P.S. dos S. Qualidade de Mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* Produzidas em Tubetes e em Blocos Prensados, com Diferentes Substratos. **Revista Floresta e Ambiente** v. 7, n.1, p.238 - 250, jan./dez. 2000

BELLÉ, S. **Uso da turfa**. Lagoa dos Patos (Viamão/RS). 1990. 142 f. (Tese mestrado) - UFRGS, Porto Alegre.

BILDERBACK, T. Pine bark storage and handling. Raleigh: North Carolina State University, 2000. Disponível em: [http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/nursery/substrates/storage\\_hand.htm](http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/nursery/substrates/storage_hand.htm). Acesso em: 01 fevereiro de 2007.

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria,Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1/2, p.109-121, 1998.

BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive seedling height, high shoot-to-root ratio and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. **Tree Planter's Notes**, v.38, n.4, p. 19-22, 1987.

BURNETT, A. N. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. **Canadian Journal of Forest Research**, 1979, v. 9, p.63

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; BARICHELLO, L.R.; VOGET, H.L.M.; OLIVEIRA, L.S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, 28:19-30, 2000.

CARNEIRO, J. G. A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de Pinus taeda L. em viveiro e após o plantio**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1985. 106p.

CARNEIRO, J. G. A. **Influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros morfológicos de mudas de Pinus taeda e Pinus elliottii L.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1987. 81 p.

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

CARNEIRO, J. G. A.; RAMOS, A. Influência da altura aérea, diâmetro de colo e idade de mudas de Pinus taeda sobre a sobrevivência e desenvolvimento após 15 meses e aos seis anos após o plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 10., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 91-110.

COUTO, H. T. Z. Manejo de floresta e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 20-30.

COUVILON, G.A. Rooting responses to different treatments. **Acta Horticulturae**, v.227. p.187-196. 1988.

GUERREIRO, C. A. e COLLI JÚNIOR, G. **Controle de qualidade de mudas de Eucalyptus spp na Champion Papel e Celulose S.A.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS (1984.:Curitiba). Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF, p.127-133, 1984.

DANIEL, O. **Silvicultura**, Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias. Brasil, 2006. 196p.

Da SILVA, W.; Da SILVA, A. A.;SEDIYAMA, T.; De FREITAS, R. S. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucaliptos em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha* **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.24, n.1, p. 147-159, 2000.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S.S.; PINTRO, J.C.; DE ANDRADE, P.J.P.; MUNIZ, A.S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.26, n.3, p.293-299, 2004.

De SOUZA, V.C.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; CUNHA, A.O.; SOUZA, A.P. Produção de mudas de ipê-amarelo (*tabebuia serratifolia* (vahl.) nich.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 26, p.124-140, 2005.

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

DRZAL, M.S.;CASSEL, D.K.; FONTENO, W.C. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v. 1, p. 43-53,1999.

DUBOC, E. **Requerimentos nutricionais de espécies florestais nativas: *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba) e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (Canafístula).** Lavras: ESAL, 1994. 68p. Dissertação de Mestrado.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado.** Pelotas: UFPEL, 1994. 179p.

FAGUNDES, N. B.; FIALHO, A. A. Produção de mudas de *Eucalyptus* via sementes no sistema tubetes na COPENER. IPEF. **Série Técnica**, v. 4, n. 13, p. 25-29, 1987.

FERMINO, M.H. **Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativas de Substratos Hortícolas.** 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FINOLA, M.; RODRIGUEZ, C.; BEOLETTO, V. Bacteriologia gastrointestinal de la lombriz *Eisenia foetida* cultivada em cama de pollos parrilleros compostada. **Revista Argentina de Microbiologia**, Buenos Aires, v.27, n.04, p. 210-213, 1995.

FONTENO, W.C.; CASSEL, D.K; LARSON, R.A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.106, n. 6, p. 736-741, 1981.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** 2001.166f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GOMES J. M.; COUTO, L.; LEITE H.G. Parâmetros Morfológicos na Avaliação da Qualidade de Mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GOMES JM; COUTO L; LEITE HG; XAVIER A; GARCIA S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27: 113-127. 2003.

GOMES, J. M. e PAIVA, H. N. **Viveiros florestais – propagação sexuada.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116p.

GONÇALVES, J. L. M. Uso de resíduo industrial como substrato para produção de mudas em tubetes na Ripasa Florestal S.A. IPEF, **Série Técnica**, v. 4, n. 13, p. 18-33, 1987.

GONÇALVES, J. L. de M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas. In: SOLO - SUELO – CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Águas de Lindóia – SP. **Resumos expandidos...** Águas de Lindóia: LCS, SBCS, ESALQ/USP, CEA – ESALQ/USP, SBM, 1996. 1 CD.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 80-102.

GROSSI, M.G.L. **Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas**. São Paulo: USP, 1993. 222p. Tese de Doutorado.

GUIVANT, J. S. “Conflitos e negociações nas políticas de controle ambiental: o caso da suinocultura em Santa Catarina”, in: **Ambiente e Sociedade**, pp. 101 a 123, 1997.

GÜRTH, P. Forstpflanzen und Kulturesfolg-eine literaturübersich (Ergänzung 1970-1975). Allg. **Forst- v. Jagdztg, Frankfurt**, v.140, p. 240-246, 1976.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448p.

HARRISON, R.; XUE, D.; HENRY, C.; COLE, D.W. Long-term effects of heavy applications of biosolids on organic matter and nutrient content of a coarse-texture forest soil. **For. Ecol. Manag.**, 66:165-177, 1994.

HUAG, R.T. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. Lewis Publishers, London. 1993. 717p.

HUNTER, A.H. **Laboratory an analysis of vegetal tissues samples**: international soil fertility and improvement laboratory procedures Raleigh. Raleigh: North Caroline State University, Department of Soil Science, 1974.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. (Coord.) **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p.

KÄMPF, A.N. *Análise física de substratos para plantas*. Viçosa: SBCS. 2001. v. 26, p. 5-7 (**Boletim Informativo**).

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Editora: Guanabara koogan S.A. SP, 2004. 452p

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 492 p. 1985.

LANDGRAF, M. D.; SILVA, S. C.; REZENDE, M. O. O. **Química nova**, 22(4), (1999), p483-486.

KINPARA, D. I. A importância estratégica do potássio para o Brasil. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003 (**Série Documentos**).

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 396, p. 273-284, Sept. 1995.

LIMA, W.P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo, Artpress, 1987. 114p.

LOPES, P.S.N. **Propagação sexuada de maracajuzeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *favicarpa* Deg.) em tubetes: efeito de adubação nitrogenada e substratos**. Lavras. UFLA. Dissertação de Mestrado, 52p., 1996.

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**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2005. Vitória da Conquista: UESB, 2005. 82p.

MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para Windows (Winstat)**. Pelotas, Universidade federal de Pelotas, 2001.

MALAVOLTA, E. **Elementos da Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas : princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba : Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. 319p.

MARTINI, A. J. **O plantador de Eucalyptus: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**, Tese – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de História, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.p.332.

MARCHIORI, J.N.C. Áreas do sudoeste do Rio Grande do Sul: elementos para uma história natural. **Ciência e ambiente**, Santa Maria, v.3, n.s., p.65-89.1992

MATTEI, V. L. **Mudas em moldes de isopor. Uma técnica racional de produção de mudas de pinus**. Brasil Madeira, v. 4, n. 46, p. 6-16, 1980.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Intern. Potash Institute, Bern. 1987. 687p.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target Seedling Symposium, Meeting Of The Western Forest Nursery Associations, General Technical Report RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings... Fort. Collins**: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.

MORSELLI, T. B. G. A. **Curso prático de vermicompostagem**. Departamento de Solos. Faculdade de Agronomia. Universidade da Região da Campanha. Bagé, RS. 1994. 33p.

NETO, S. P. DE M.; GONÇALVES, J. L. DE M.; ARTHUR JR. J. C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR. J. H. Fertilização de Mudanças de Espécies Arbóreas Nativas e Exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, vol.27 n.2. 2003.

NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. & NOVAIS, R.F. **Fertilização mineral de mudas de eucalipto**. Viçosa. Editora Folha de Viçosa, 1990. p.99-126.

NOVAIS, R.F.; RÊGO, A.K.; GOMES, J.M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloeziana* F. MUELL. **Revista Árvore**, v.4, n.1, p.14-23. 1980.

NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., NEVES, J.C.L. Nutrição Mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds ). **Relações solo-eucalipto**. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p. 25-91.

OKUDA, T. “**Lodo de esgoto vira rico fertilizante em São Paulo**”, in: O Estado de São Paulo, Suplemento Agrícola, São Paulo: p. G12, 25 de novembro de 1998.

PARVIAINEN, J. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981a, v.2, p.111-130.

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

PAWSEY, C. K. Survival and early development of *Pinus radiata* as influenced by size of planting stock. **Australian Forest Research**, v. 5, n. 4, p. 13-29, 1972.

PEREIRA NETO, J.T. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem do lixo urbano e do lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. **Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 149-152. 1988.

PEIXOTO, R.T. dos G.; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A. Compostagem de lixo urbano enriquecido com fontes de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.5, p.599-606, maio 1989.

PIO, R.; RAMOS; GONTIJO, A; CARRIJO, P.; MENDONÇA, V; FABRI, E.G.; CHAGAS, E. A. Substratos na produção de mudas de jabuticaba. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 425-427, out-dez, 2005

PREZOTTI, L.C. et al. Nível crítico de potássio no solo para a produção de mudas de eucalipto. **Revista. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v. 12, p. 65-70, 1988.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, v.13, n. 1, p. 1-18, 1989.

RIBASKI, J. **Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L.)**

**na região semi-árida brasileira.** Curitiba. 165p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. 2000.

ROCHA, S. “**Pobreza no Brasil: principais tendências da espacialização**”, in: Anais do XXVI Encontro Nacional de Economia, Vitória: V. 3, pp. 1665-81, 8 a 11 de novembro de 1998.

ROSA JÚNIOR E.J.; DANIEL, O. VITORINO, A.C.T.; SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill., em tubetes. **Revista de Ciências Agrárias**, v.1, n.2, p.18-22,1998.

SANTARELLI, E.G. Produção de mudas de espécies nativas para florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; FILHO, H.F.L. (Ed.) **Matas Ciliares: conservação e recuperação.** 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: FAPESP, 2001. p.313-317.

SANTOS, C. B. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 115. 2000.

SCHMIDT-VOGT, H. **Wachstum und qualitaet Von forstpflanzen.** 2 ed. Munique: Bayerischer Landwirtschaftsverlag. 1966. 210p

SILVEIRA, R.L.V.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. Informações Agronômicas, n.93, p.1-23, 2001. (**Encarte Técnico-Potafós**).

SILVEIRA, R.L.V. de LUCA, E.F.; SILVEIRA, L.V. de A.; LUZ, H.F. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade. **Scientia Forestalis**, n. 64, p.136-149, dez. 2003.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1998. 105p. (Tese de Mestrado)

SILVA, A.C.R.; FERNANDES, H.S.; MARTINS, S.R.; SILVA, J.B.; SCHIEDECK, G.; ARMAS, E. Produção de mudas de alface com vermicompostos em diferentes tipos de bandeja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 512-513, 2000.

SILVA, E. Os plantios florestais no Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4.; e CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993, v. 2. p. 719.

SILVA JUNIOR, A.A.; GIORGI, E. Substratos alternativos para a produção de mudas de tomateiro. EPAGRI, 1992. (**Boletim Técnico, 59**).

SHIMIZU, J. Y. Seleção fenotípica de *Pinus elliottii* Engeln var *elliottii* no viveiro e seus efeitos no crescimento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, EMBRAPA/URPFCS, n.1, p.19-27, 1980.

SIQUEIRA, O.J. F. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo. RS: EMBRAPA/CNPT, 1987. 100p.

SKANAIVIS C. e YANKO W.A. Evaluation of composted sewage sludge based soil amendments for potential risks of salmonellosis. *Journal of Environmental Health*, 56 (7), 19-23. 1994

TEDESCO, M. J, et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 1995. 174p.

TRIGUEIRO R. M. **Uso de biossólidos como substrato para a produção de mudas de pinus e eucalipto**. Botucatu, 2002.83p..Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

TRIGUEIRO, R.M. e GUERRINI, I.A. Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis*,n. 64, p.150-162, 2003.

VAZ, L.M.S. & GONÇALVES, J.L.M. Uso de biossólidos em povoamento de *Eucalyptus grandis*: Efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:747-758, 2002.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Horticulturae*, v.126. p.251-258. 1981.

WILSON, J.R. et al. **The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun**. *Tropical Grasslands*, v.24, p.24-28, 1990.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A

Tabela 6. Composição de macronutrientes acumulados nas fitomassas da parte aérea e radicular em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPel, 2005/06.

Tratamentos*	N	Ca	k	Mg	P
	-----mg muda <sup>-1</sup> -----				
T1	1,98	0,42	0,16	0,84	0,47
T2	3,01	0,59	0,28	0,83	0,60
T3	2,29	0,97	0,66	1,46	0,79
T4	2,04	0,15	0,16	0,33	0,25
T5	1,58	0,20	0,14	0,71	0,45
T6	3,05	0,36	0,26	0,82	0,60
T7	2,15	0,38	0,18	0,57	0,40
T8	1,11	0,14	0,12	0,28	0,21
T9	2,12	0,35	0,18	0,66	0,43
T10	3,06	0,39	0,24	0,74	0,53
T11	15,65	5,10	0,98	6,24	2,77

\* EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax<sup>®</sup>).

## APÊNDICE B

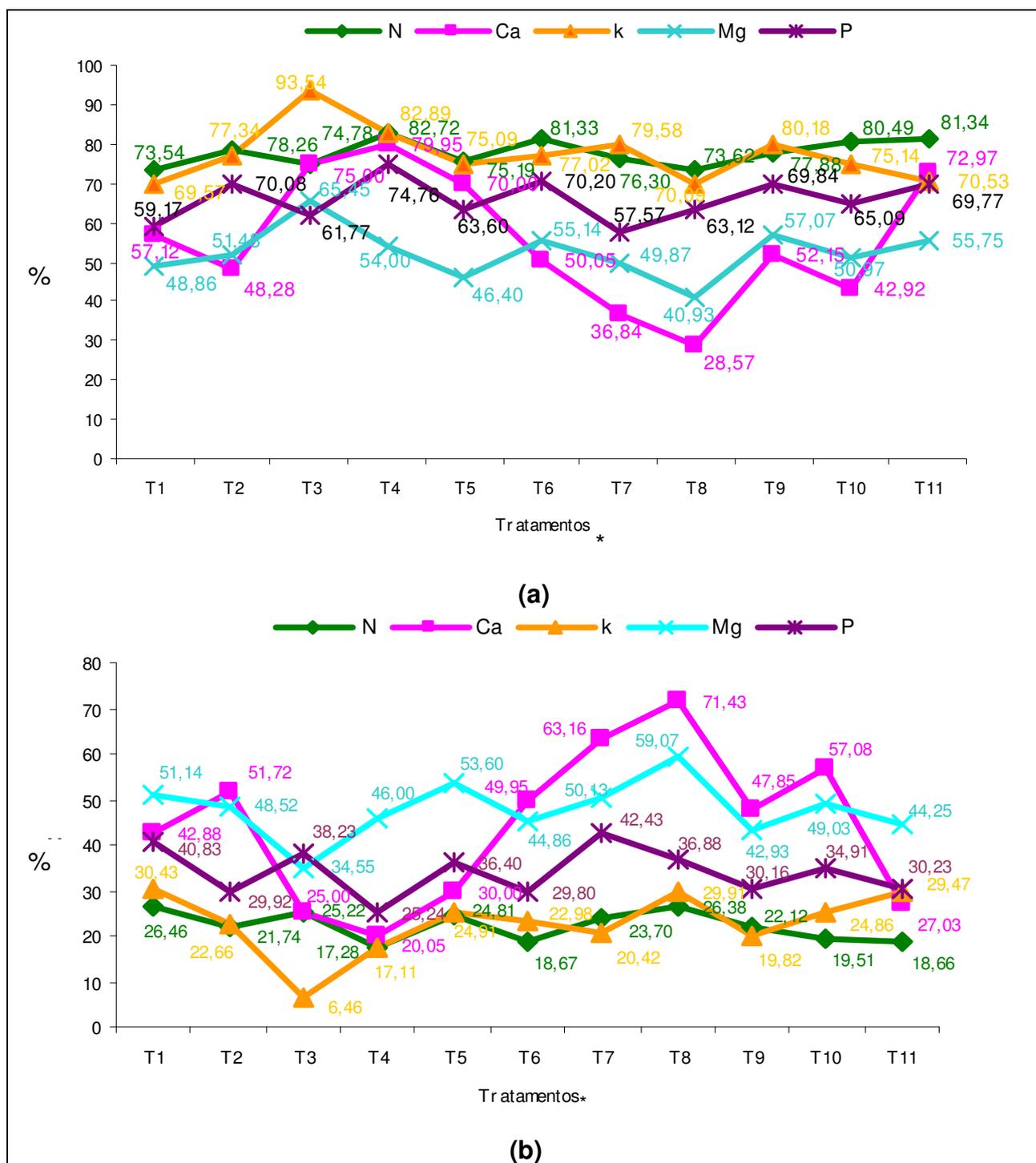


Figura 6. Percentuais de macronutrientes nas fitomassas da parte aérea (a) e radicular (b) em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. FAEM/UFPel, 2005/06.

\*EB (vermicomposto de esterco de bovinos), EO (vermicomposto de esterco de ovinos), LP (vermicomposto de lodo de parboilização do arroz), RA (resíduo de alimentos), RF (resíduo de frutas) e CAC (casca de arroz carbonizada): T1 (EB 50%+CAC 50%); T2 (EO 50%+CAC 50%); T3 (RA 50%+CAC 50%); T4 (LP 50%+CAC 50%); T5 (EB 25%+LP 25%+CAC 50%); T6 (EO 25%+LP 25%+CAC 50%); T7 (EB 25%+RA 25%+CAC 50%); T8 (EO 25%+RA 25%+CAC 50%); T9 (EB 25%+RF 25%+CAC 50%); T10 (EO 25%+RF 25%+CAC 50%) e T11 (Plantmax®).

**APÊNDICE C** Análise estatística do número de mudas, diâmetro de colo, altura, fitomassa fresca da parte aérea, fitomassa fresca da raiz, fitomassa fresca total, fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca da raiz, fitomassa seca total, área da parte aérea, altura/fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea, quociente de robustez e Índice de Qualidade Dickson das mudas de eucalipto *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Tabela 7. Avaliação do número de mudas do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Número de mudas
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	946,18	94,61818**
Resíduo (A)	33	284,25	8,613636
Total	43	1230,43	.
Média geral		24,11	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 8. Avaliação do diâmetro de colo do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Diâmetro de colo
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	13,16	1,315602**
Resíduo (A)	33	3,07	0,09294848
Total	43	16,22	.
Média geral		2,49	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 9. Avaliação da altura do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Altura
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	245,15	24,51489**
Resíduo (A)	33	14,65	0,4440432
Total	43	259,02	.
Média geral	10	6,19	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 10. Avaliação da fitomassa fresca da parte aérea do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa fresca da parte aérea
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	4,77	0,4773223**
Resíduo (A)	33	0,42	0,01272348
Total	43	5,19	.
Média geral		0,60	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 11. Avaliação da fitomassa fresca da raiz do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa fresca da raiz
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	2,13	0,2127291**
Resíduo (A)	33	0,33	0,0100697
Total	43	2,46	.
Média geral		0,49	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 12. Avaliação da fitomassa fresca total do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa fresca total
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	13,08	1,308046**
Resíduo (A)	33	1,32	0,03999394
Total	43	14,40	.
Média geral		1,09	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 13. Avaliação da fitomassa seca da parte aérea do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa seca da parte aérea
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	1,28	0,1282541**
Resíduo (A)	33	0,03	0,0009689394
Total	43	1,31	.
Média geral		0,14	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 14. Avaliação da fitomassa seca da raiz do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa seca da raiz
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	0,12	0,01195909**
Resíduo (A)	33	0,01	0,0001757576
Total	43	0,12	.
Média geral		0,05	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 15. Avaliação da fitomassa seca total do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa seca total
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	2,18	0,2177214**
Resíduo (A)	33	0,05	0,001468182
Total	43	2,23	.
Média geral		0,19	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 16. Avaliação da área da parte aérea do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Área da parte aérea
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	173483,92	17348,39**
Resíduo (A)	33	17955,41	544,1034
Total	43	191439,33	.
Média geral		202,51	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 17. Avaliação da altura/fitomassa seca da parte aérea do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Altura/Fitomassa seca da parte aérea
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	24385,49	2438,549**
Resíduo (A)	33	26992,47	817,9538
Total	43	51377,96	.
Média geral		68,16	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 18. Avaliação da fitomassa seca da raiz/fitomassa seca da parte aérea do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Fitomassa seca da raiz /Fitomassa seca da parte aérea
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	0,32	0,03213136**
Resíduo (A)	33	0,86	0,02605
Total	43	1,18	
Média geral		0,41	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 19. Avaliação do quociente de robustez do *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Quociente de robustez
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	12,11	1,211087**
Resíduo (A)	33	4,59	0,1392356
Total	43	16,70	
Média geral		2,50	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo

Tabela 20. Avaliação do índice de qualidade de Dickson no *Eucalyptus grandis* Hill. cv. Comum submetido a diferentes substratos em ambiente protegido. FAEM, 2005/06.

Causas da variação	Gl	SQ	Índice de Qualidade Dickson
			-----Quadrados médios-----
Tratamentos	10	0,04	0,004266818**
Resíduo (A)	33	0,00235	7,121212E-005
Total	43	0,04	
Média geral		0,03	

\*\*Significativo a 1%

\*Significativo a 5%

ns Não significativo