

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**USO DE BIOSSÓLIDOS COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
PINUS E EUCALIPTO**

RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia – Área de Concentração em  
Energia na Agricultura

**BOTUCATU - SP**  
**Junho - 2002**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**USO DE BIOSSÓLIDOS COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
PINUS E EUCALIPTO**

RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO

**Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

**BOTUCATU - SP  
Junho - 2002**

**DEDICO**

**Aos meus pais Avelino e Maria Regina**

Ofereço

Às minhas avós Maria Aparecida e  
Dolores

## AGRADECIMENTOS

- À Deus, pela força e saúde.
- A minha esposa Luciana, pela lição de vida, amor e dedicação.
- Aos meus irmãos André e Tania, e aos meus tios que sempre me apoiaram e vibraram a cada passo.
- Ao Professor Dr. Iraê Amaral Guerrini, pela orientação, atenção e confiança.
- Aos Professores Dr. Hélio Grassi Filho, Roberto Lyra Villas Boas, Dirceu Maximino Fernandes e Vera Lex Engel, pela colaboração e disposição em ensinar.
- Ao Professor Dr. Kleber Pereira Lanças, pela oportunidade e ajuda.
- Aos Amigos Maurício Scorsato Sartori, Magali Ribeiro da Silva, Guilherme Augusto Biscaro, Hosana Maria Soares Candeias Bis, Rosa Honorato de Oliveira, pela amizade, companheirismo e disposição em ajudar.
- Aos funcionários do Viveiro do Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais.
- Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo
- À CAPES, pelo apoio financeiro.
- À SABESP, pelo fornecimento de biossólido para realização do projeto.
- A todos que de alguma forma colaboraram para execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
1. RESUMO .....	1
2. SUMMARY .....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	7
4.1. Substrato.....	7
4.2. Biossólidos .....	11
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
5.1. Localização e Instalação.....	14
5.2. Ensaio 1: Caracterização dos Substratos .....	15
5.2.1. Parâmetros avaliados no ensaio de substratos .....	18
5.2.1.1. Análises químicas dos substratos .....	18
5.2.1.2. Análises físicas dos substratos.....	19
5.2.1.3 Análise de condutividade elétrica dos substratos .....	24
5.3. Ensaio 2: Produção de Mudanças .....	24
5.3.1. Espécies .....	25
5.3.2. Delineamento Experimental .....	26
5.3.3. Manejo do Experimento .....	26
5.3.4. Parâmetros Avaliados .....	28
5.3.4.1. Análise quantitativa de crescimento .....	29

5.3.4.2. Peso da matéria seca da parte aérea e área foliar.....	29
5.3.4.3. Quantificação do teor de clorofila em eucalipto.....	29
5.3.4.4. Peso da matéria seca da raiz .....	30
5.3.4.5. Relação entre raiz / parte aérea.....	30
5.3.4.6. Análise química de tecido vegetal.....	30
5.3.4.7. Avaliação da qualidade do torrão .....	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
6.1. Qualidade dos Substratos .....	32
6.1.1. Características físicas .....	32
6.1.2. Características químicas .....	36
6.2. Produção de Mudanças .....	40
6.2.1. Pinus .....	40
6.2.1.1. Parâmetros de crescimento .....	40
6.2.1.2. Peso de matéria seca e outros parâmetros analisados.....	41
6.2.1.3. Avaliação do estado nutricional das mudas de pinus .....	44
6.2.2. Eucalipto.....	51
6.2.2.1. Parâmetros de crescimento .....	51
6.2.2.2. Peso de matéria seca e outros parâmetros analisados.....	53
6.2.2.3. Avaliação do estado nutricional das mudas de eucalipto .....	57
6.2.3. Economia de fertilizantes .....	63
7. CONCLUSÕES.....	64
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
9. APÊNDICE .....	75

**LISTA DE QUADROS**

Quadro	Página
1. Concentração de metais pesados poluentes em biossólidos da ETE de Franca .....	17
2. Resultados do peso hectolitro .....	22
3. Resultados de granulometria dos substratos em peso seco.....	23
4. Parâmetros físicos dos substratos nos diversos tratamentos.....	34
5. Escala de valores para interpretação de características físicas de substratos .....	35
6 a. Parâmetros químicos dos substratos nos diversos tratamentos (macronutrientes teores totais) .....	38
6 b. Parâmetros químicos dos substratos nos diversos tratamentos (micronutrientes teores totais) .....	39
7. Parâmetros de crescimento em mudas de pinus .....	41
8. Peso de matéria seca, índice de sobrevivência e qualidade do torrão em mudas de pinus... 44	
9. Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de pinus.....	47
10. Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de pinus.....	48
11. Concentração de macro e micronutrientes na raiz de mudas de pinus .....	49
12. Acúmulo de macro e micronutrientes na raiz de mudas de pinus .....	50
13. Parâmetros de crescimento em mudas de eucalipto .....	52
14. Peso de matéria seca, área foliar, teor de clorofila, índice de sobrevivência e qualidade do torrão em mudas de eucalipto.....	56
15. Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de eucalipto.....	59
16. Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de eucalipto.....	60
17. Concentração de macro e micronutrientes na raiz de mudas de eucalipto .....	61

18. Acúmulo de macro e micronutrientes na raiz de mudas de eucalipto.....	62
19. Cálculo da economia de adubos por parcela de 30 plantas.....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Visão da parcela de pinus, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC).....	75
2. Visão da parcela de pinus, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).....	75
3. Visão da parcela de pinus, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).....	75
4. Visão da parcela de pinus, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).....	76
5. Visão da parcela de pinus, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC).....	76
6. Visão da parcela de pinus, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant <sup>®</sup> ).....	76
7. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC)..	77
8. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC)..	77
9. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC)..	77
10. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC)	78
11. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC)	78
12. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant <sup>®</sup> ).....	78
13. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC).....	79
14. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).....	79
15. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).....	79
16. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).....	80
17. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC).....	80
18. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant <sup>®</sup> ).....	80

19. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 1 (70% BIO/20% CAC).....	81
20. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).....	81
21. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).....	81
22. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).....	82
23. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC).....	82
24. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant <sup>®</sup> ).....	82
25. Aspecto de defeito no torrão de muda de eucalipto observado no Tratamento 1 (80%BIO/20% CAC), em eucalipto. ....	83

## 1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar as características físicas e químicas de substratos compostos pela mistura de diferentes proporções de biossólidos com casca de arroz carbonizada e avaliar a viabilidade da utilização desses materiais como meio de crescimento para produção de mudas de pinus e eucalipto. Para tanto, estabeleceu-se um ensaio com proporções variando de 0 a 100% entre biossólido e casca de arroz carbonizada, onde foram realizadas análises para determinação das propriedades físicas, como macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água, densidade aparente, peso de água retida por peso de substrato, e propriedades químicas dos substrato, como determinação dos teores totais de macro e micronutrientes; pH, relação C/N e condutividade elétrica. Com base nos resultados obtidos nestas análises, e em informações encontradas na literatura, foram selecionadas as misturas de componentes com melhores características, sendo instalado um segundo ensaio onde foi avaliada a produção de mudas florestais. Este ensaio foi estabelecido no viveiro do Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais, FCA-UNESP/Botucatu, onde foram testados como substrato as

proporções 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60 (biossólido/casca de arroz carbonizada), as quais foram comparadas ao substrato padrão usado por este viveiro (Multiplant<sup>®</sup>). Utilizou-se, no ensaio de produção de mudas, as espécies florestais exóticas *Eucalyptus grandis* Hill, ex-Maiden, e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. Foram avaliados parâmetros relativos ao crescimento das mudas: altura de planta (H); diâmetro de colo (D); relação H/D; produção de matéria seca de parte aérea e raiz; relação matéria seca de raiz/matéria seca de parte aérea; sobrevivência; qualidade de torrão; análise química do tecido vegetal de parte aérea e raiz; área foliar e teor de clorofila, sendo estas duas últimas avaliações somente para eucalipto. Os resultados revelaram que mudas de eucalipto e pinus desenvolvidas em substrato contendo biossólido/casca de arroz carbonizada na proporção 50/50 e 40/60 apresentaram resultados satisfatórios quando comparados à testemunha. Doses superiores a 70% de biossólido foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas de ambas as espécies. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que o uso de biossólidos para produção de mudas é bastante promissor, sendo necessária a realização de estudos mais aprofundados quanto ao manejo da adubação das mudas produzidas nesses substratos, a fim de se obter resultados mais eficientes.

---

Palavras chave: biossólido, substrato, eucalipto, pinus, produção de mudas, viveiro

## **2. SUMMARY**

**USE OF BIOSOLIDS AS SUBSTRATE FOR PRODUCTION OF PINUS AND EUCALUPTUS SEEDLINGS. Botucatu, 2002, 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.**

**Author: RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO**

**Adviser: IRAÊ AMARAL GUERRINI**

The aim of this work was to evaluate physical and chemical characteristics of substrates composed of the mixtures of different proportions of biosolids with carbonized rice straw and evaluate how feasible it is to utilize these materials as growing means to produce pinus and eucalyptus seedlings. For that purpose, an experiment was done using proportions ranging from 0 to 100% between biosolid and carbonized rice straw, on which analyses were conducted to evaluate their physical properties, such as macroporosity, microporosity, total porosity, water retention capacity, apparent density, retained water's

weight by substrate's weight, and substrate chemical properties, such as determining total macro and micronutrients content; pH, C/N ratio and electric conductivity. Based on the results obtained in this analysis and on information found in the literature, mixtures of components with the best characteristics were selected and a second experiment was set up to evaluate the production of forest seedlings. This experiment was conducted in the nursery of the Natural Resources/Forest Sciences Department, FCA-UNESP/Botucatu, where the proportions 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60 (biosolid/carbonized rice straw) were tested as substrate, which were compared with the standard substrate used by this nursery (Multiplant<sup>®</sup>). In this new experiment, the exotic forest species *Eucalyptus grandis* Hill, ex- maiden, and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet were used. Parameters related to seedling growth were: plant height (H); collar diameter (D); H/D ratio; dry matter production of aerial part and root; ratio between dry matter of root and aerial part; survival; quality of aggregation of the substrate; chemical analysis of the vegetal tissue of aerial part and root; foliar area and chlorophyll content, being the last two evaluations only for eucalyptus. Results showed that eucalyptus and pinus seedlings developed in substrates containing biosolid/carbonized rice straw in 50/50 and 40/60 proportions showed satisfactory results when compared to the control. Doses higher than 70% of biosolids damaged the development of seedlings of both species. It was concluded that the use of biosolids for seedlings production is quite promising, although it is still necessary to study in more depth how to handle fertilization of the seedlings produced in these substrate in order to obtain more efficient results.

---

Keywords: biosolid, substrate, eucalyptus, pinus, seedling production, nursery

### **3. INTRODUÇÃO**

Ao discutirmos os problemas relacionados ao crescimento populacional, de imediato aborda-se a questão da geração de lixo e resíduos, visto que é uma das mais preocupantes conseqüências desse fato. Na tentativa de contornar os transtornos causados pela crescente produção de lixo e resíduos, têm-se buscado estratégias de maneira a diminuir o impacto causado pelo descarte desses materiais, sendo uma das estratégias a reutilização desses rejeitos.

A reciclagem é, hoje, uma prática mundial e uma das propostas mais viáveis para o aproveitamento de resíduos seria a sua aplicação no meio agrícola. Diversas linhas de pesquisa, tanto no Brasil quanto no exterior, vem sendo desenvolvidas ao longo dos anos a fim de aperfeiçoar e viabilizar esta prática.

Do tratamento de águas servidas, sejam domésticas, industriais ou agro-industriais, produz-se um resíduo de alto valor agronômico, o Lodo de Esgoto, também denominado como Biossólido, o qual constitui a parte sólida do esgoto que recebeu algum tipo de estabilização biológica. O termo biossólido foi criado nos EUA no final dos anos 80 com a

finalidade, de evitar o preconceito e estimular os agricultores a usar o lodo de esgoto tratado (Ludovice, 1998). O uso agrícola é uma forma mundialmente aceita para destinação final dos biossólidos, pois apresenta em sua constituição teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes para as plantas. Além disso, o biossólido promove o crescimento dos organismos, melhora o nível de fertilidade e aumenta a capacidade de troca de cátions do solo, além de fornecer nutrientes para as plantas. Manejado, de forma adequada, o biossólido constitui-se em um excelente fertilizante orgânico (Melo et al., 1994; Vanzo et al. 2001). O interesse pela aplicação do biossólido na agricultura vem aumentando principalmente pelo baixo custo dessa prática. Diversos estudos foram feitos a respeito do uso deste tipo de material na agricultura e ótimos resultados foram comprovados. Uma das aplicações deste material compreende o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais, entre outras

O presente trabalho teve por objetivo testar a utilização de biossólido como substrato e como fonte de matéria orgânica e de nutrientes na produção de mudas de pinus e eucalipto.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1. Substrato**

Na escolha de um meio de crescimento deve-se observar, basicamente se suas características físicas e químicas são adequadas, a espécie a ser plantada, além de considerar os aspectos econômicos. Segundo Campinhos Jr. et al. (1984), o meio ideal deve ser uniforme em sua composição, ter baixa densidade, ser poroso, ter adequada capacidade de retenção de água e troca catiônica, ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes estranhas. Depois de iniciada sua manipulação no viveiro, deve ainda oferecer resistência ao desenvolvimento de pragas e doenças, deve ser operacionalizável a qualquer tempo, abundante e economicamente viável.

Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua 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. A fase sólida do

substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas. O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o sistema. Portanto, em função do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão afetadas quanto ao suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (Rosa Jr. et al., 1998).

Caprione et al. (1993), trabalhando com misturas de materiais, que incluíram palha de arroz carbonizada, solo e vermiculita em duas granulometrias, observaram que após 90 dias não havia diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, os substratos com granulometrias mais finas proporcionaram claras evidências de promover maior velocidade na emergência das plântulas, o que foi constatado aos 25 dias após a semeadura de *Eucalyptus grandis* e *E. citriodora*.

Testando diversos componentes de substrato para a formação de mudas de eucalipto em tubetes, Aguiar et al.(1989) observaram que apesar do baixo peso de matéria seca da parte aérea e raiz, a utilização de palha de arroz carbonizada proporcionou um bom desenvolvimento de altura e diâmetro de colo das mudas e, em mistura com turfa palhosa e vermiculita, resultou no substrato mais eficiente.

A matéria orgânica é outro componente fundamental para que os substratos cumpram a sua finalidade básica, que de acordo com Cordell & Filer Jr. (1984), seria aumentar a capacidade dos mesmos de reter água e nutrientes para as mudas. Deve-se ainda considerar outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem ter ampla participação positiva dos materiais orgânicos.

Gonçalves & Poggiani (1996) agruparam os diversos substratos testados para produção de mudas florestais levando em conta suas características químicas e físicas semelhantes, bem como seus potenciais similares para propagação de plantas. A partir das informações reveladas em vários trabalhos de pesquisa, pôde-se inferir que a mistura de substratos de um mesmo grupo não resulta em grandes alterações das características do produto obtido. Nesta linha de raciocínio, não se justifica o uso de mais de dois, mas sim, no máximo três componentes devem ser utilizados em uma mistura de substratos para propagação de mudas florestais (Gonçalves et al., 2000). Os mesmos autores indicam que substratos adequados para a propagação de mudas via semente e estaca podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80% de um componente orgânico (composto orgânico de: esterco bovino, casca de eucalipto, pinus, bagaço de cana, lixo urbano, outros resíduos e húmus de minhoca), com 20 a 30% de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

Gonçalves & Poggiani (1996) indicam em seu trabalho valores adequados para algumas características físicas de substratos para o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. Assim, a densidade global deve estar em torno de 0,45-0,55 g cm<sup>3</sup>, a porosidade total entre 75-85 %, a macroporosidade entre 35-45%, a microporosidade entre 45-55% e a capacidade máxima de retenção de água deve estar entre 20-30 ml/50 cm<sup>3</sup>. E como características químicas de substratos mais adequadas para o desenvolvimento destas duas espécies, esses autores citam a relação C<sub>total</sub>/N<sub>total</sub> de 8 a 12/1, o pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01M deve estar entre 5,5-6,5, o P<sub>resina</sub> entre 40-80mg dm<sup>3</sup>, o K trocável entre 3,0-10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>, o Ca trocável entre 10-20 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>, o Mg total 5-10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> e a CTC efetiva ser maior que 20 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>.

Utilizando diferentes proporções de composto de lixo urbano e palha de arroz carbonizada adicionados como condicionadores da mistura de solo mais areia, na proporção volumétrica 2:1:4 (solo-areia-condicionador), Stringheta et al. (1999) concluíram que a produção de matéria seca e fresca das folhas de crisântemo aumentou com a elevação do teor de lixo urbano no substrato, e a concentração máxima de N e P (nas folhas) foram atingidas com aproximadamente 33% de composto de lixo urbano e 66% de palha de arroz carbonizada.

Resultados do trabalho de Tedesco et al. (1999) em resposta à utilização de vermicomposto na composição de substratos, revelaram que houve um incremento nos valores das variáveis altura de planta, biomassa de parte aérea, de raízes e total, à medida que se aumentou as doses do material orgânico. Estes resultados corroboram com os obtidos por Alves & Passoni (1997) em trabalho com composto orgânico ou vermicomposto oriundos de lixo domiciliar, no qual constataram que mesmo em doses elevadas ou até na substituição total do solo por estes produtos não ocorreram problemas na germinação ou no desenvolvimento das mudas.

Maia (1999), em experimento utilizando solo, lodo biológico (proveniente da ETE de uma fábrica de papel e celulose) e casca de pinus como substrato, comprovou que a presença de solo no substrato é dispensável, e o lodo por sua vez não deve ser usado puro, apesar de sua relativa fertilidade, devido provavelmente a sua baixa porosidade. Em função disso, a mistura desses componentes com casca de pinus melhorou a porosidade e a aeração do substrato.

A respeito dos recipientes, hoje os mais utilizados são os tubetes de plástico rígido, devido a estes apresentarem em relação os sacos plásticos, as seguintes

vantagens ressaltadas por Gomes & Couto (1986): menor diâmetro, ocupando menos área no viveiro; menor peso; maior possibilidade de mecanização das operações de produção de mudas; redução considerável do custo de transporte de mudas para o campo, de sua distribuição e plantio e redução do volume de substrato demandado.

Os sistemas de produção de mudas de pinus e eucalipto que utilizam recipientes reutilizáveis do tipo tubete, geralmente com capacidade de 50 cm<sup>3</sup>, empregam substratos a base de compostos orgânicos. Estes compostos são constituídos de componentes principais e componentes estruturais. Entre os componentes principais, os mais utilizados são: o esterco de curral curtido, húmus de minhoca, casca de eucalipto ou pinus decomposta e bagacilho de cana decomposto. Os componentes estruturais mais utilizados têm sido a vermiculita e a casca de arroz carbonizada. Em função dos diferentes tipos de materiais a serem utilizados para compor um substrato, torna-se importante determinar as suas características físicas, para selecionar o substrato que proporcione uma relação adequada entre volumes de seus constituintes no tubete, ou seja, volume de ar, volume de água e volume de sólidos (Valeri & Corradini, 2000).

#### **4.2. Biossólidos**

O biossólido é comprovadamente um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo (Jorge et al., 1991), rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes presentes em menores quantidades (Silva et al., 1998), podendo ser beneficentemente reciclado dentro de ambientes florestais (Henry et al., 1994).

Entretanto, o bioossólido apresenta algumas restrições quanto ao seu uso no meio agrícola. Uma delas é a presença de metais pesados, que não apenas exercem efeito negativo sobre o crescimento das plantas, mas também afetam os processos bioquímicos que ocorrem no solo (Hattari & Broadvent, 1991). Os metais pesados predominantes no bioossólido são: Cu, Ni, Cd, Zn, Pb e Cr. A maior ou menor concentração desses metais é função da maior ou menor participação de esgotos industriais (André, 1996). A literatura apresenta alguns resultados que de forma geral são favoráveis a utilização deste material (Berton et al., 1989; Silva et al., 1998; Fiest et al., 1998), sendo que a quantidade de metais presentes neste tipo de resíduo não tem comprometido a integridade dos solos tratados (Tedesco et al., 1997). Segundo Silva et al. (1998) os metais pesados contidos em 30 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto da estação de tratamento de águas servidas de Barueri-SP não apresentaram problemas de contaminação do solo. O seu uso na correção da acidez do solo, elevando o valor de pH e neutralizando o Al tóxico, foi constatado em trabalho conduzido por Berton et al. (1989).

Diversos materiais têm sido testados como componente de substrato para mudas de espécies florestais. Trabalhos realizados com bioossólidos mostraram resultados satisfatórios deste como componente orgânico de substratos.

Bettioli et al. (1986), em estudo da influência do uso de acículas de pinus e bioossólidos em substrato, na formação de ectomicorrizas em mudas de pinus, verificaram que as doses utilizadas (de 0 à 10%, v/v) não afetaram a formação de ectomicorrizas, nem o desenvolvimento das mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis* inoculadas artificialmente com o fungo *T. terrestris*. Entretanto, a formação de ectomicorrizas pelo fungo *P. tinctorius* foi inibida pelas fontes de matéria orgânica em todas as doses

utilizadas, sendo o bio sólido maior inibidor que as acículas. Apesar da inibição na formação de micorrizas, o bio sólido e as acículas não afetaram o desenvolvimento das mudas.

Dentre os compostos de vários resíduos sólidos, Roe et al. (1997) observaram que mudas de tomate e pimentão desenvolveram melhor tamanho e resistência em bio sólidos. Além disso, nas condições de vasos, o crescimento das plantas foi maior em bio sólido, seguido pelos outros compostos.

Em trabalho realizado por Moraes et al. (1997), comparando esterco bovino, bio sólido e acículas de pinus, ficou comprovado que o melhor crescimento em diâmetro do colo e altura total para mudas de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell) na fase de viveiro foi obtido em mudas que continham a mistura 70% solo sem adubação + 30% bio sólido, seguido pelo tratamento 70% solo sem adubação + 30% esterco bovino. E em relação à produção de matéria seca, esses mesmos tratamentos obtiveram os maiores ganhos, concluindo-se que o uso do bio sólido durante a fase de viveiro é uma alternativa viável como substrato orgânico em mudas de Cedro.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Localização e Instalação**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da UNESP, no município de Botucatu, São Paulo. As análises desenvolvidas utilizaram os Laboratórios dos Departamentos de Recursos Naturais e de Produção Vegetal, sendo que o experimento com produção de mudas florestais foi instalado no viveiro do Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais.

O município de Botucatu se apresenta nas coordenadas geográficas de 22°55' S e 48°26' W, com altitude em torno de 750 metros.

Segundo os dados climáticos obtidos junto ao Departamento de Recursos Naturais da FCA-UNESP, a temperatura média anual é de 20,6°C com amplitude média de 5,6°C, e médias mensais extremas de 23,5°C em janeiro e 17,4°C em julho. A máxima absoluta mensal atinge 34,5°C e a mínima absoluta 0,1°C, nesses mesmos meses.

Segundo os critérios adotados por Koeppen, o clima da região de Botucatu é Cfa, clima mesotérmico úmido, inverno não muito seco.

O experimento foi realizado em duas fases, sendo que cada uma delas compreendeu um ensaio. Assim sendo, no primeiro ensaio foram estudadas as características físico-químicas dos componentes e misturas destes, que comporiam os substratos. No segundo ensaio, foram testadas as misturas que apresentaram melhores características físico-químicas como substrato para a produção de mudas florestais, segundo recomendação de Gonçalves & Poggiani et al. (1996).

## **5.2. Ensaio 1: Caracterização dos Substratos**

Este ensaio teve por objetivo a caracterização física e química dos componentes bio sólido e casca de arroz carbonizada, bem como das misturas formadas por estes, e também do substrato comercial usado como testemunha (Multiplant<sup>®</sup>).

O bio sólido utilizado no experimento foi doado pela SABESP (ETE de Franca-SP). O produto fabricado nessa estação é um bio sólido, classificado pelo Ministério da Agricultura como condicionador de solo, com denominação comercial de Sabesfértil, registrado sob o número SP-09599 00001-0. Este material é produto da digestão anaeróbia do lodo de esgoto residencial e industrial da cidade de Franca. No processo de desidratação é utilizado um polieletrólito catiônico adicionado à massa do bio sólido em torno de 3,2 a 4,3% (kg de polieletrólito por 100kg de bio sólido seco), resultando em um material com teor de sólidos variando entre 17,2 e 19,5% (Vanzo et al., 2001).

Devido ao fato do esgoto industrial da cidade ser tratado em outras estações, a ETE de Franca praticamente só recebe esgotos domésticos. No Quadro 1 observa-se que as quantidades de metais pesados poluentes presentes no biossólido são muito baixas. O mesmo quadro também apresenta os limites máximos de metais pesados poluentes para o uso agrícola e os limites de metais para o biossólido de excepcional qualidade adotados pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency, 1993). Ressalta-se que os mesmos limites foram adotados pela CETESB na Norma P.4 230 (CETESB, 1999), que regulamenta a disposição de biossólidos produzidos no Estado de São Paulo. Os biossólidos produzidos na ETE de Franca, são classificados como de excepcional qualidade para o uso agrícola, segundo a norma norte americana EPA 40 CFR Part 503, devido a concentração de metais pesados nos biossólidos ser extremamente pequena (Vanzo et al., 2001).

Este material foi ainda classificado como biossólido Classe B (de acordo com norma norte americana EPA 40 CFR Part 503 e também pela norma CETESB P 4 230 de agosto de 1999), visto que a concentração média de coliformes fecais é de 486.000 NMP/gST (número mais provável por grama de sólidos totais), inferior ao limite máximo para biossólido Classe B, que é de 2.000.000 NMP/gST.

O produto foi expedido com alta umidade, cerca de 80%, sendo necessário realizar sua secagem, que foi feita naturalmente no interior de casa de vegetação sobre lona plástica. Após a secagem completa o material foi triturado em picador-moedor de forragem adaptado, de forma a reduzir o tamanho dos grânulos a peneira de 4 mm.

A casca de arroz carbonizada foi fornecida pela Fazenda Experimental Lageado, onde foram realizados os processos de beneficiamento do arroz e carbonização de sua casca.

Quadro 1. Concentração de metais pesados poluentes em biossólidos da ETE de Franca.

Metal pesado poluente	Concentração em mg/kg, base seca			Biossólido de excepcional qualidade EPA 40 CFR Part 503	Limite máximo para uso agrícola EPA 40 CFR Part 503
	2000*	2001*	2000**		
Arsênio	< 0,15	0,32	ND	41	75
Cádmio	2,00	2,69	0,25	39	85
Cobre	180	208	241	1500	4300
Chumbo	101	56	0,59	300	840
Mercúrio	ND	1,93	ND	17	57
Molibdênio	2,69	3,80	ND	ND	75
Níquel	31,33	38,93	3,90	420	420
Selênio	ND	ND	ND	100	100
Zinco	940	1376	911	2800	7500

ND – Não detectado

\* análises realizadas na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP/Jaboticabal – Departamento de Tecnologia.

\*\* análises realizadas na Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP/Botucatu – Departamento de Produção Vegetal-Agricultura e Recursos Naturais-Ciência do Solo. Resultados obtidos neste trabalho.

Adaptado de (Vanzo et al., 2001).

Foram estipuladas, então, as misturas nas proporções de 0 a 100 % de biossólido (BIO) em composição com casca de arroz carbonizada (CAC). Cada mistura compôs um tratamento. Estes foram comparados à testemunha, que consistiu do substrato comercial (Multiplant<sup>®</sup>) utilizado pelo referido viveiro:

- **Tratamento 01** - 100% BIO e 0% CAC;
- **Tratamento 02** - 90% BIO e 10% CAC;
- **Tratamento 03** - 80% BIO e 20% CAC;
- **Tratamento 04** - 70% BIO e 30% CAC;
- **Tratamento 05** - 60% BIO e 40% CAC.

- **Tratamento 06** - 50% BIO e 50% CAC;
- **Tratamento 07** - 40% BIO e 60% CAC;
- **Tratamento 08** - 30% BIO e 70% CAC;
- **Tratamento 09** - 20% BIO e 80% CAC;
- **Tratamento 10** - 10% BIO e 90% CAC;
- **Tratamento 11** - 0% BIO e 100% CAC;
- **Tratamento 12** - Testemunha - Substrato comercial Multiplant<sup>®</sup> (60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus e terra vegetal).

Das misturas obtidas, bem como da testemunha, foram tomadas amostras que foram submetidas às análises para determinação das características dos componentes e misturas.

### **5.2.1. Parâmetros avaliados no ensaio de substratos**

#### **5.2.1.1. Análises químicas dos substratos**

Foram realizadas as análises químicas do substrato comercial (Multiplant<sup>®</sup>), bem como das misturas que constituíram os tratamentos deste experimento. Em vista das características do bio-sólido, optou-se por usar metodologia de análise de fertilizantes orgânicos que determina os teores de nutrientes totais contidos nos materiais analisados. Estas análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, de acordo com metodologia do Ministério da Agricultura (1988), onde foi determinado Nitrogênio total (N)

pelo método Kjeldahl. Para a determinação dos outros nutrientes, foi realizada a extração nítrico-perclórico e, a partir do extrato obtido, fez-se a determinação do Fósforo total ( $P_2O_5$ ) pelo método de colorimetria, Potássio total ( $K_2O$ ) por fotometria de chama, Enxofre por colorimetria, e os nutrientes Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, Na foram determinados a partir do mesmo extrato pelo método de Espectrofotometria de Absorção Atômica.

Foram também realizadas análises para detecção de metais pesados no bio sólido usado neste experimento. Para tanto, utilizou-se extração nítrico-perclórica e determinação por Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Argônio (Quadro 1).

#### 5.2.1.2. Análises físicas dos substratos

Para caracterização das propriedades físicas do substrato comercial e dos substratos dos tratamentos foram realizadas análises de densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e capacidade máxima de retenção de água.

A caracterização do substrato foi feita no Laboratório do Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais da FCA-UNESP através de metodologia citada em Silva (1998). Esta análise envolve os seguintes passos:

- a) Preparação dos tubetes: A abertura inferior do tubete foi fechada com um botão de 4 furos para evitar a perda de material durante a determinação das propriedades físicas do substrato. Os orifícios do botão permitiram a entrada de água sem a perda de material. Os tubetes foram identificados, tarados e tiveram suas capacidades volumétricas determinadas;

- b) Enchimento dos tubetes: estes foram preenchidos manualmente e o substrato foi compactado usando um equipamento que simula as batidas para o adensamento das partículas, semelhante ao que é utilizado para a produção de mudas em escala comercial;
- c) Absorção de água: encheu-se com água uma caixa plástica, a qual possui uma bandeja de polietileno encaixada, para suporte dos tubetes. Os tubetes cheios foram colocados na bandeja sem serem forçados para baixo, pois a própria absorção de água fez com que descessem à posição normal. O nível de água na caixa foi o correspondente à borda superior do tubete. O período inicial de encharcamento foi de 1 hora; em seguida, os tubetes foram colocados no suporte de drenagem por 30 minutos e, depois, quando necessário, completou-se o volume dos tubetes com mais substrato, para compensar a acomodação inicial do mesmo e retornaram-se os tubetes para a caixa de água por mais 1 hora para encharcar novamente;
- d) Primeira pesagem (encharcado): levantou-se o tubete tampando o orifício do botão, para não drenar a água nele existente. Em seguida, acrescentou-se água com bureta até o limite da borda do tubete. Enxugou-se a água aderida na superfície externa do tubete com papel absorvente e pesou-se o tubete;
- e) Drenagem: Esta foi dividida em 2 etapas, sendo a primeira com o tubete suspenso, com a superfície de drenagem livre durante 1 hora. Depois, os tubetes foram mantidos em drenagem com o fundo em contato com folhas de papel jornal e uma lâmina de espuma plástica por mais 12 horas;
- f) Segunda pesagem (drenado): retirou-se os tubetes do suporte e imediatamente foram pesados;

- g) Secagem: transferiu-se o substrato drenado para cápsulas de alumínio com tampa (já identificadas e taradas) e, em seguida, estas foram levadas para estufa regulada a 105°C, onde permaneceram por 24 horas;
- h) Terceira pesagem (seco): as cápsulas foram retiradas da estufa, as quais foram tampadas imediatamente e transferidas para o dessecador, sendo pesados após o resfriamento.

Para determinação dos parâmetros físicos utilizou-se as seguintes fórmulas:

$$\text{Macroporosidade (\%)} = [(A-B) / C] \times 100$$

$$\text{Microporosidade (\%)} = [(B-D-E) / C] \times 100$$

$$\text{Porosidade Total (\%)} = \text{Macroporosidade} + \text{Microporosidade}$$

$$\text{Capacidade de Retenção (ml 50 cm}^{-3}\text{)} = B-D-E$$

$$\text{Densidade} = (D-E) / C$$

onde,

A= peso do substrato encharcado;

B = peso do substrato drenado;

C = volume do container\*;

D = peso do substrato seco;

E = peso do container\*.

\* tubetes de polipropileno com capacidade de 50cm<sup>3</sup>

Para determinação do Peso Hectolitro (Quadro 2) e Teste de granulometria (Quadro 3), seguiu-se metodologia descrita por Silva (1998):

- a) Peso hectolitro e umidade natural de fabricação do substrato: para a determinação do peso hectolitro, foram utilizadas provetas de 1 litro que foram preenchidas de substrato, o qual foi compactado da mesma forma que o substrato nos tubetes. Feito o enchimento, pesou-se na umidade natural, e em seguida, colocou-se o substrato em bandeja de alumínio, o qual foi encaminhado para secar a 105°C por 24 horas. Após esse período, fez-se a pesagem do material seco;
- b) Granulometria: o mesmo substrato seco, utilizado para determinação do peso hectolitro, foi usado neste teste. O material foi colocado para tamisamento através das peneiras de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm por 10 minutos no aparelho MARCONI-MA750. Pesou-se o material retido em cada peneira e, depois, mediu-se com proveta o volume retido de substrato em cada peneira.

Quadro 2. Resultados de peso hectolitro.

Tratamento	Peso Hectolitro	
	Natural	Seco
g		
<b>100/0<sup>1</sup></b>	654,86	594,34
<b>90/10</b>	628,01	557,34
<b>80/20</b>	612,88	555,34
<b>70/30</b>	575,06	511,63
<b>60/40</b>	555,65	492,74
<b>50/50</b>	508,57	457,62
<b>40/60</b>	442,95	393,72
<b>30/70</b>	403,90	364,70
<b>20/80</b>	317,41	287,20
<b>10/90</b>	253,72	233,00
<b>0/100</b>	174,31	161,75
<b>Multiplant</b>	396,94	282,75

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada;

Quadro 3. Resultados de granulometria dos substratos em peso seco.

Tratamento		Peneiras de Retenção (mm)						Total
		4,00	2,00	1,00	0,50	0,25	Fundo	
<b>100/00<sup>1</sup></b>	em peso	10,16	68,29	8,94	6,05	3,46	3,10	100,00
	em volume	11,86	65,83	9,58	6,20	3,59	2,94	100,00
<b>90/10</b>	em peso	6,06	56,86	17,80	9,17	5,77	4,34	100,00
	em volume	7,20	53,76	17,85	10,75	6,37	4,07	100,00
<b>80/20</b>	em peso	7,33	62,61	5,27	8,20	3,70	2,89	100,00
	em volume	7,38	58,02	15,61	11,60	4,32	3,07	100,00
<b>70/30</b>	em peso	7,78	62,21	14,05	8,20	4,45	3,31	100,00
	em volume	7,29	57,02	15,21	11,51	5,91	3,06	100,00
<b>60/40</b>	em peso	3,85	79,26	6,58	6,35	2,45	1,51	100,00
	em volume	3,52	74,56	6,83	9,80	3,19	2,10	100,00
<b>50/50</b>	em peso	5,55	63,83	13,60	9,98	4,46	2,58	100,00
	em volume	4,87	58,32	14,72	12,23	7,59	2,27	100,00
<b>40/60</b>	em peso	3,09	67,74	7,64	10,98	5,96	4,59	100,00
	em volume	2,52	67,54	9,07	10,05	7,43	3,39	100,00
<b>30/70</b>	em peso	3,04	71,34	8,63	11,12	3,90	1,97	100,00
	em volume	2,07	65,80	10,78	16,06	4,15	1,14	100,00
<b>20/80</b>	em peso	3,11	60,72	19,88	9,27	4,67	2,35	100,00
	em volume	0,85	55,67	26,30	11,45	4,56	1,17	100,00
<b>10/90</b>	em peso	0,91	36,53	47,40	5,63	5,85	3,68	100,00
	em volume	0,41	33,64	53,51	5,71	4,79	1,94	100,00
<b>0/100</b>	em peso	0,18	17,09	68,08	9,63	3,28	1,74	100,00
	em volume	0,30	22,93	65,30	8,28	2,29	0,90	100,00
<b>Multiplant®</b>	em peso	0,85	23,57	20,96	16,63	20,49	17,50	100,00
	em volume	0,98	36,96	22,83	16,09	14,67	8,47	100,00

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada;

### 5.2.1.3 Análise de condutividade elétrica do substrato

Devido às características físicas do bio sólido tratado com polieletrólitos, fez-se necessário a utilização de metodologia alternativa, dada a dificuldade em se obter a pasta de saturação. A análise da condutividade elétrica dos substratos foi determinada usando-se a proporção substrato:água de 1:5, segundo metodologia descrita por Sarzi et al. (2000). A leitura foi realizada com auxílio do condutímetro DIGIMED modelo DM 3 – Digimed Instrumentação Analítica.

### 5.3. Ensaio 2: Produção de Mudanças

Com o objetivo de se estabelecer os tratamentos para este ensaio, foi instalado um teste preliminar constituído por 11 tratamentos (bio sólido/casca de arroz carbonizada nas proporções de 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80, 10/90 e 0/100 %). Assim, as células de uma bandeja de isopor, utilizada para formação de mudas de hortaliças, foram preenchidas com os 11 substratos que constituíram os tratamentos. Em cada célula foram semeadas 2 sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.), sendo esta espécie escolhida por ser bastante exigente quanto ao substrato para germinação. Na emergência, observou-se que o teor de bio sólido no substrato não afetou a germinação. Porém, na avaliação final, ponto em que as mudas estariam prontas para o plantio, observou-se que o teor de bio sólido no substrato afetou a qualidade e sobrevivência das mudas de pepino. Desta maneira, os tratamentos com 0 e 10% de bio sólido apresentaram alta mortalidade das mudas, causada pela deficiência hídrica, devido à baixa retenção de água pelo substrato. Os

tratamentos com teor de biossólido maior que 20% apresentaram menor mortalidade de mudas. As mudas que se desenvolveram em substratos com 30 a 70 % de biossólido apresentaram melhor qualidade. À medida que se aumentou muito o teor de biossólido, houve uma redução da qualidade e também na sobrevivência de mudas. Nos tratamentos com 90 e 100% desse material, observou-se impedimento físico ao desenvolvimento de raízes.

Com base nos resultados do teste preliminar e na recomendação de Gonçalves & Poggiani (1996), foram determinados os tratamentos (substratos) e, desta maneira, foi instalado o segundo ensaio, o qual teve como objetivo estudar o efeito dos substratos na produção de mudas de pinus e eucalipto..

### **5.3.1. Espécies**

Foram selecionadas duas espécies florestais exóticas de grande interesse comercial para as empresas florestais no Brasil: o eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden) e o pinus (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet).

As sementes de pinus, procedência Agudos-SP (lote-01/96, grau de melhoramento PSC), foram fornecidas pela Cia. Duratex S.A., Agudos-SP, e as de eucalipto, procedência Anhembi-SP (lote An503, talhão T11B41, grau de melhoramento PSC), pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF/ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

### 5.3.2. Delineamento Experimental

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições, sendo cada repetição constituída de 30 plantas.

De acordo com os resultados do teste preliminar e recomendações da literatura, optou-se por trabalhar com as seguintes proporções dos componentes bio-sólido (BIO) e casca de arroz carbonizada (CAC):

- **Tratamento 01** - 80% BIO e 20% CAC;
- **Tratamento 02** - 70% BIO e 30% CAC;
- **Tratamento 03** - 60% BIO e 40% CAC;
- **Tratamento 04** - 50% BIO e 50% CAC;
- **Tratamento 05** - 40% BIO e 60% CAC.
- **Tratamento 06** - Testemunha - Substrato comercial Multiplant<sup>®</sup> (60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus e terra vegetal).

### 5.3.3. Manejo do Experimento

Seguindo as proporções pré-estabelecidas, foram realizadas as misturas utilizando-se proveta graduada para medir os volumes dos componentes a serem misturados. Os substratos formados foram homogeneizados e, em seguida, umedecidos de maneira a facilitar o manuseio deste no enchimento dos tubetes. Este procedimento também foi realizado para o substrato comercial.

Desta forma, os tubetes foram preenchidos com técnica empregada pelo viveiro florestal da FCA, que consistiu em encher os tubetes com substrato umedecido, realizando leve compactação manualmente, de forma que o substrato se acomodasse dentro do tubete e, em seguida, completando-se o volume dos tubetes. Feito isto, o substrato foi umedecido novamente, estando apto à realização da semeadura.

Os recipientes usados para a produção de mudas foram cilindro-cônicos de polipropileno com dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,5 cm de diâmetro de abertura superior, 0,8cm de diâmetro de abertura inferior, e capacidade volumétrica de 50 cm<sup>3</sup>. Como suporte para os tubetes foram utilizadas bandejas de polipropileno com capacidade para 176 tubetes, cada uma comportando inicialmente quatro parcelas, sendo que após o desbaste, foram deixadas apenas duas parcelas por bandeja.

A semeadura foi feita diretamente em tubetes, nos quais foram colocadas por volta de 6 sementes de eucalipto e 3 sementes de pinus.

Após a semeadura, os tubetes foram cobertos com fina camada de substrato peneirado, permanecendo, assim, em câmara de germinação com umidade relativa do ar mantida a 80% por meio de sistema de microaspersão. Completada a germinação, as bandejas foram transferidas para casa de vegetação onde se aplicou de duas a três irrigações diárias. A irrigação na estufa foi realizada utilizando-se aspersores modelo DAN Sprinkler's Modular-Mister , com vazão de 200 l h<sup>-1</sup>, sendo aplicado uma lâmina de água de 7 mm dia<sup>-1</sup>.

Os desbastes foram realizados no momento em que as mudas atingiram cerca de 3 cm de altura, deixando-se apenas uma planta por tubete, dando-se preferência à mais central e robusta.

A adubação foi diferenciada para os tratamentos contendo biossólido e a testemunha. O substrato utilizado como testemunha (Multiplant<sup>®</sup>) não contém adubação de base e, portanto, as mudas foram adubadas já nos primeiros estágios de desenvolvimento. As mudas desse tratamento receberam fertirrigação seguindo o sistema de rotina do viveiro, que consistiu em duas aplicações semanais de nitrato de potássio e nitrato de amônio na dosagem de 2g/litro de cada fertilizante, sendo aplicado 1 litro de solução por parcela (30 mudas), via irrigação. A adubação da testemunha iniciou-se na 6<sup>a</sup> semana após a semeadura para o pinus e na 3<sup>a</sup> semana para o eucalipto.

Este procedimento de adubação teve por finalidade somente atender uma possível necessidade das plantas nos tratamentos, procurando-se evitar a aplicação de excesso de fertilizantes nas mudas. Para os substratos com biossólido, a adubação se iniciou em diferentes épocas, de acordo com a necessidade apresentada de cada espécie, em função desse material já conter nutrientes. Assim, iniciou-se a adubação do pinus na 9<sup>a</sup> semana após a semeadura e a do eucalipto na 12<sup>a</sup>. A fertilização das mudas dos tratamentos com biossólidos foi a mesma da utilizada na testemunha, iniciou-se quando as plantas começaram a apresentar alguma desvantagem no crescimento em relação às plantas da testemunha.

#### **5.3.4. Parâmetros Avaliados**

Ao final da fase de viveiro de cada espécie, quando as mudas atingiram, em média, de 25 a 30 cm de altura, foram realizadas as análises quantitativas de crescimento das plantas, matéria seca da parte aérea, determinação de área foliar, matéria seca de raiz, relação parte aérea/raiz e análise química do tecido vegetal.

O período de crescimento, fase de viveiro, durou 180 dias para o pinus e 120 dias para o eucalipto, devido a semeadura ter ocorrido no inverno.

#### 5.3.4.1. Análise quantitativa de crescimento

Foram medidas mensalmente a altura linear das mudas, distância entre o colo e o ápice das plantas, com auxílio de régua graduada, e também o diâmetro do colo utilizando-se paquímetro digital STARRET® (0-150mm).

#### 5.3.4.2. Peso da matéria seca da parte aérea e área foliar

As mudas coletadas foram separadas de seu sistema radicular, lavadas e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, até a obtenção de peso constante.

A leitura de área foliar foi realizada com material ainda fresco, pelo aparelho medidor de área foliar Portable Area Meter – Model LI 3000A – LI-COR.

#### 5.3.4.3. Quantificação do teor de clorofila em eucalipto

O teor de clorofila foi obtido através do clorofilômetro Minolta SPAD-502/Minolta Camera CO.LTD Japan. A leitura foi realizada em todas as plantas no par de folhas situado na região mediana de cada muda, realizando-se uma leitura por folha e,

portanto, totalizando 60 leituras por parcela. Utilizando-se os valores médios, o teor de clorofila foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de clorofila (mg } 100\text{cm}^{-2}) = 0,0996x - 0,154,$$

onde “x” é a média das leituras.

#### 5.3.4.4. Peso da matéria seca da raiz

As raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, até a obtenção de peso constante.

#### 5.3.4.5. Relação entre raiz / parte aérea

Determinado pelo quociente entre os valores obtidos de matéria seca das raízes e da parte aérea.

#### 5.3.4.6. Análise química de tecido vegetal

Foi realizada, ao final do ciclo das mudas no viveiro, a análise química das folhas para determinação da concentração dos nutrientes. A determinação da concentração de macro e micronutrientes foi realizada segundo as técnicas descritas por Malavolta et al. (1997), sendo o nitrogênio (N total) determinado pelo método semi micro Kjeldahl. Para a determinação dos demais elementos foi realizada extração nítrico-perclórica, sendo que a

determinação do fósforo (P total) foi realizada pelo método de colorimetria do metavanadato, o enxofre por turbidimetria do sulfato de bário e os elementos como potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica. Para extração do boro foi realizada incineração e a determinação pelo método de colorimetria da azometina H.

#### 5.3.4.7. Avaliação da qualidade do torrão

Para avaliação da qualidade do torrão formado, foram observados dois aspectos considerados de suma importância para a produção de mudas, visto que a qualidade do torrão afeta a sobrevivência da muda no campo e, principalmente, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O primeiro aspecto, a extração do tubete, refere-se à retirada da muda de seu respectivo tubete, analisando-se a facilidade de livrar a muda do recipiente sem causar danos à planta ou ao torrão. Para esse parâmetro atribuiu-se notas ruim ( $0 \leq 1,0$ ), médio ( $> 1,0 \leq 3,0$ ) e bom ( $> 3,0 \leq 5,0$ ). O segundo parâmetro avaliado está relacionado com a firmeza do torrão, capacidade deste de permanecer intacto ao manuseio, do momento da extração do tubete até o plantio. Esta característica está intimamente ligada à qualidade do enraizamento da muda no substrato. Para esse aspecto do torrão atribuiu-se a mesma escala de notas do parâmetro anterior, sendo que a atribuição de notas foi realizada por duas pessoas.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Qualidade dos Substratos**

#### **6.1.1. Características físicas**

No Quadro 4 observa-se que à medida que se eleva a dose de biossólido no substrato ocorre um aumento da sua densidade e, conseqüentemente, redução da macroporosidade. O biossólido quando tratado com polieletrólitos possui alta capacidade de perder água e de manter-se nesta condição. Este material quando seco torna-se bastante coeso, necessitando-se realizar moagem a fim de reduzir o tamanho dos grânulos ao qual se deseja trabalhar. Esta característica do biossólido confere ao substrato uma textura granular grosseira, que pode levar erroneamente a conclusão que este material conferirá ao substrato maior aeração. Esta condição é alterada com o umedecimento do substrato, o qual expande-se ao absorver água, aumenta seu volume e assim ocupa espaços livres dentro do recipiente.

Devido ao fato da casca de arroz carbonizada ser um material leve e inerte à hidratação, obteve-se um acréscimo na porosidade do substrato à medida que se elevou a dosagem deste componente na mistura, principalmente pela elevação no percentual de macroporos. Corroborando com esta observação, Gonçalves & Poggiani (1996) reportaram que normalmente substratos mais leves, de baixa densidade como materiais incinerados e vermiculita, elevam a macroporosidade das misturas e reduzem a capacidade de retenção de água do substrato. Ao passo que, aumentando-se a quantidade de biossólido nas misturas, obteve-se diminuição na porosidade total, mesmo com a elevação proporcionada em microporosidade. Esta característica de materiais orgânicos também foi observada por Moraes Neto et al. (2001), trabalhando com substratos à base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada, e Stringheta et al. (1997), em trabalho com composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada.

Os resultados de porosidade mostram que o aumento na dose de biossólido nas misturas eleva a microporosidade do substrato, o que proporciona maior capacidade em reter água. A adição de casca de arroz carbonizada às misturas proporcionou redução do peso do substrato pelo fato desse material ser bastante leve. Dessa maneira, houve aumento do peso de água retida por peso de substrato (g/g). No entanto, esta característica não significa que substratos mais leves possuem maior capacidade de retenção de água.

Aumentos na dose de casca de arroz carbonizada promoveram redução na proporção de microporos do substrato, reduzindo-se assim a capacidade de retenção de água dos mesmos, tornando inviável, para o manejo realizado, o uso de altas doses desse componente, devido ao alto consumo de água para irrigação. A capacidade de retenção de água foi tanto maior quanto maior foi a dose de biossólido no substrato; porém, em substratos

com altas doses de biossólidos, observou-se alta densidade e, conseqüentemente, redução da proporção de macroporos, fato este que dificulta a aeração dos substratos, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular. De Boedt & Verdonck (1972), citados por Kämpf & Fermio (2000) e Gonçalves e Poggiani (1996), consideram que o substrato ideal deve ter de 75 a 85% de seu volume em poros.

Quadro 4. Parâmetros físicos dos substratos nos diversos tratamentos.

Tratamento	Macroporos	Microporos	Porosidade total	Capacidade de retenção	Densidade Aparente	g de água retida por g de substrato
	(%)	(%)	(%)	ml 50cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	
<b>100/0<sup>1</sup></b>	14,30 g	49,59 ab	63,89 g	24,69 ab	0,54 a	0,92 d
<b>90/10</b>	16,04 fg	47,50 bc	63,54 g	23,66 b	0,54 a	0,88 d
<b>80/20</b>	16,09 fg	48,69 ab	64,79 fg	24,25 ab	0,53 a	0,93 d
<b>70/30</b>	21,77 ef	44,36 bc	67,18 e	22,09 bc	0,48 b	0,92 d
<b>60/40</b>	22,81 e	45,05 bc	66,82 ef	22,43 bc	0,47 b	0,97 cd
<b>50/50</b>	22,85 e	46,79 bc	69,64 d	23,30 bc	0,44 c	1,07 cd
<b>40/60</b>	32,00 d	41,78 c	73,78 c	20,80 c	0,40 d	1,06 cd
<b>30/70</b>	40,06 c	35,09 d	75,15 bc	17,47 d	0,33 e	1,08 cd
<b>20/80</b>	44,48 bc	30,58 de	75,06 bc	15,23 de	0,26 g	1,17 bc
<b>10/90</b>	49,63 b	27,08 ef	76,71 b	13,49 ef	0,20 h	1,34 b
<b>0/100</b>	56,66 a	24,13 f	80,79 a	12,03 f	0,14 i	1,72 a
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	20,42 ef	53,61 a	74,03 c	26,67 a	0,28 f	1,89 a
<b>F</b>	**	**	**	**	**	**
<b>D.M.S.</b>	6,11	5,77	2,35	2,82	0,02	0,23
<b>C.V. (%)</b>	15,16	10,23	2,43	10,14	3,41	14,42

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

O substrato testemunha (Multiplant<sup>®</sup>) apresentou porcentagem de microporos considerada adequada, conferindo a este substrato uma capacidade de retenção de água satisfatória. A macroporosidade e a densidade desse material apresentaram valores considerados médios. Esse conjunto de características confere ao substrato uma boa qualidade para o desenvolvimento do sistema radicular de mudas.

A formação de mudas florestais de boa qualidade envolve os processos de germinação de sementes, iniciação radicular e formação do sistema radicular e parte aérea, que estão diretamente relacionados com características que definem o nível de eficiência dos substratos, como aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Por sua vez, as características dos substratos são altamente correlacionadas entre si: a macroporosidade com aeração e drenagem, e a microporosidade com a retenção de água e nutrientes (Gonçalves & Poggiani, 1996; Caldeira et al., 2000).

De acordo com o conjunto de características físicas apresentadas no Quadro 4, e comparando-se com valores obtidos para o substrato testemunha e a escala de valores proposta no Quadro 5, são considerados mais adequados para o desenvolvimento de mudas os substratos cujas doses de biossólido variam de 30 a 60%.

Quadro 5. Escala de valores para interpretação de características físicas de substratos.

Característica	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
<b>Densidade global (g cm<sup>-3</sup>)</b>	< 0,25	0,25 – 0,50	>0,50	0,45 – 0,55
<b>Porosidade total (%)</b>	<55	55 - 75	>75	75 - 85
<b>- Macroporosidade</b>	<20	20 - 40	>40	35 – 45
<b>- Microporosidade</b>	<25	25 - 50	>50	45 – 55
<b>Capac. máx de ret. de água (ml/50cm<sup>3</sup>)</b>	<15	15 - 25	>25	20 - 30

Adaptado de Gonçalves & Poggiani (1996).

### 6.1.2. Características químicas

Os resultados da análise química dos tratamentos apresentados nos Quadros 6a e 6b revelaram que o biossólido contém altos teores de nutrientes, com destaque para nitrogênio e fósforo. A casca de arroz carbonizada, por sua vez, é um material pobre em nutrientes, possuindo apenas o teor de potássio mais elevado. A alteração na proporção da mistura refletiu significativamente na composição química dos substratos. Dessa forma, à medida que se reduziu a quantidade de biossólido no substrato, diminuiu-se o teor dos nutrientes N, P, Ca, Mg e S, e a quantidade de matéria orgânica. Por outro lado, o teor de K elevou-se devido ao aumento na dose de casca de arroz carbonizada, que possui maior quantidade desse nutriente que o biossólido. O substrato testemunha apresentou, em geral, baixos teores de nutrientes, característica comum em substratos comerciais.

Ambos componentes, biossólido e casca de arroz carbonizada, possuem alto percentual de carbono, sendo que os substratos com maiores quantidades de casca de arroz carbonizada apresentaram relação C/N alta, devido ao baixo teor de nitrogênio apresentado por este material. Em geral, os substratos apresentaram relação C/N considerada ideal, de 8/1 a 12/1, segundo Gonçalves & Poggiani (1996), sendo que apenas os substratos com 100% de casca de arroz carbonizada e a testemunha apresentaram valores acima do considerado adequado.

Na análise de micronutrientes, o biossólido apresentou teores mais elevados para Zn, Cu e Fe, enquanto que a casca de arroz carbonizada apresentou apenas maior teor de Mn. Portanto, assim como para macronutrientes, à medida que se reduziu a dosagem de biossólidos no substrato, obteve-se redução nos teores de Zn, Cu e Fe, e aumento

no teor de Mn. O substrato testemunha apresentou baixas quantidades de micronutrientes se comparado aos tratamentos com bioossólidos.

Todos os tratamentos apresentaram valores de pH dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento de mudas, ou seja, de 5,5 a 6,5, segundo Gonçalves & Poggiani (1996) e Valeri & Corradini (2000).

A condutividade elétrica aumentou à medida em que se aumentou a dose de bioossólido na mistura, devido a carga de sais deste material. Segundo Gonçalves et al. (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve ficar acima de 1,0 milisiemens por cm ( $\text{mScm}^{-1}$ ), em determinações realizadas a partir de extrato de diluição de 1:1,5. Portanto, observa-se que a maioria dos tratamentos, com exceção dos tratamentos 20/80, 10/90 e 0/100, apresentaram condutividade elétrica acima do considerado ideal, indicando excesso de sais solúveis nestes substratos, ainda mais considerando que a análise de condutividade elétrica dos materiais foi realizada em extrato resultante da diluição de uma parte de substrato para cinco partes de água.

A adubação de mudas, em geral, tem sido realizada independentemente da qualidade nutricional dos substratos, procurando-se para este fim substratos com baixos teores de nutrientes como é o caso do Multiplant<sup>®</sup>. Porém, a carga de nutrientes presente em materiais como o bioossólido pode promover significativa economia de fertilizantes aos viveiristas. Para tanto, há necessidade de se conhecer a disponibilização de nutrientes por estes substratos, considerar a real necessidade nutricional da espécie com que se trabalhará, e, assim, dominar a técnica de produção de mudas com substratos à base de bioossólido.

Quadro 6 a. Parâmetros químicos dos substratos nos diversos tratamentos (macronutrientes, teores totais).

Tratamento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MO	C	Ca	Mg	S	C/N
<b>100/0<sup>1</sup></b>	5,72 a	2,53 b	0,11 f	60,00 ab	33,40 bcd	1,67 a	0,22 a	1,01abcd	7/1 d
<b>90/10</b>	5,17 ab	3,05 a	0,11 f	60,00 ab	33,42 bc	1,54 ab	0,21 ab	1,25 ab	7/1 d
<b>80/20</b>	5,14 abc	2,48 bc	0,13 ef	61,00 a	33,90 ab	1,41 abc	0,21 ab	1,39 a	7/1 d
<b>70/30</b>	4,87 bc	2,26 bcd	0,15 def	59,50 ab	32,95 bcd	1,37 bcd	0,20 ab	0,88 abcd	7/1 d
<b>60/40</b>	4,92 bc	2,09 cde	0,23 cde	60,00 ab	33,40 bcd	1,30 bcde	0,16 abcd	1,09 abc	7/1 d
<b>50/50</b>	4,75 bc	1,99 de	0,22 cde	59,50 ab	33,10 bcd	1,11 def	0,18 abc	1,37 a	8/1 d
<b>40/60</b>	4,51 c	1,76 ef	0,23 cd	58,75 ab	32,67 bcd	1,23 cde	0,16 abcd	0,67bcde	8/1 d
<b>30/70</b>	3,52 de	1,72 ef	0,30 bc	57,75 b	32,20 cd	1,07 efg	0,16 abcd	0,64 bcde	10/1 cd
<b>20/80</b>	3,68 d	1,43 fg	0,38 b	57,75 b	32,22 cd	0,92 fgh	0,14 bcd	0,60 cdef	10/1 cd
<b>10/90</b>	2,97 e	1,10 g	0,40 b	57,75 b	31,95 d	0,74 h	0,12 cd	0,43 def	12/1 c
<b>0/100</b>	0,56 f	0,16 h	0,63 a	58,25 b	35,14 a	0,21 i	0,10 d	0,02 f	63/1 a
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	0,63 f	0,41 h	0,15 def	28,50 c	15,85 e	0,82 gh	0,15 abcd	0,15 ef	28/1 b
<b>F</b>	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>D.M.S.</b>	0,64	0,41	0,10	2,281	1,45	0,27	0,07	0,62	3,60
<b>C.V. (%)</b>	6,69	9,40	16,05	1,63	1,40	9,68	17,77	31,72	10,08

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

Quadro 6 b. Parâmetros químicos dos substratos nos diversos tratamentos (micronutrientes, teores totais).

Tratamento	mg Kg <sup>-1</sup>					pH CaCl <sub>2</sub>	CE Ext. 1:5 mS cm <sup>-1</sup>
	Na	Zn	Cu	Mn	Fe		
<b>100/0<sup>1</sup></b>	0,117	911,63 a	240,90 a	160,88 e	20515 a	6,40 b	2,99 a
<b>90/10</b>	0,110	841,50 ab	210,38 ab	160,05 e	20171 ab	6,30 b	2,90 a
<b>80/20</b>	0,113	810,98 abc	202,13 b	171,60 e	18040 abc	6,30 b	3,02 a
<b>70/30</b>	0,103	789,53 bc	190,58 bc	181,50 e	16335 abcd	6,33 b	2,96 a
<b>60/40</b>	0,115	782,10 bc	189,75 bc	187,28 e	14671 bcde	6,38 b	2,73 a
<b>50/50</b>	0,115	660,00 de	153,45 de	197,18 e	12348 de	6,38 b	2,48 a
<b>40/60</b>	0,110	720,23 dc	169,95 cd	219,45 de	12664 cde	6,28 b	1,68 b
<b>30/70</b>	0,330	653,40 de	146,85 de	264,00 cd	12954 cde	6,33 b	1,43 b
<b>20/80</b>	0,098	580,80 ef	122,10 ef	299,48 bc	12306 de	6,38 b	0,71 c
<b>10/90</b>	0,085	471,08 f	90,75 f	338,25 b	9144 e	6,45 b	0,51 c
<b>0/100</b>	0,078	105,60 g	11,55 g	546,98 a	440 f	6,73 a	0,09 c
<b>Multiplant®</b>	0,095	154,28 g	33,00 g	169,95 e	3039 f	5,03 c	1,54 b
<b>F</b>	ns	**	**	**	**	**	**
<b>D.M.S.</b>	0,31	113,2	31,96	62,26	5588	0,21	0,70
<b>C.V. (%)</b>	104,13	7,35	8,82	10,45	17,80	1,33	12,38

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

## **6.2. Produção de Mudas**

As análises realizadas dos parâmetros de crescimento e nutrição de mudas apresentaram resultados satisfatórios para aquelas que se desenvolveram nos substratos testados.

### **6.2.1. Pinus**

#### 6.2.1.1. Parâmetros de crescimento

Na avaliação de crescimento em altura realizada aos 60 dias, as mudas de pinus já mostravam diferença significativa da testemunha (Multiplant<sup>®</sup>) em relação aos tratamentos considerados (Quadro 7). Nesta fase, devido à espessura muito fina dos caules das plântulas, não foi medido o diâmetro de colo. Na segunda medição, aos 90 dias, observou-se para altura de plantas, uma tendência do tratamento 50/50 (biossólido/casca de arroz carbonizada) ser superior em relação aos demais tratamentos, ainda sim permanecendo a testemunha superior aos demais em altura de planta e diâmetro de colo. Aos 120 dias, as mudas dos tratamentos com biossólidos continuaram com o mesmo comportamento em relação à testemunha, sendo que o tratamento 50/50 continuou apresentando tendência de maior altura em relação aos outros tratamentos com biossólido. Na última avaliação, aos 180 dias, as mudas de pinus do tratamento 50/50 destacaram-se em relação aos outros tratamentos, porém não superaram a testemunha.

Durante todo o período de avaliação, as mudas do tratamento 80/20 mostraram-se inferiores aos demais tratamentos, apresentando relação H/D fora da faixa considerada ideal, por Carneiro (1995).

Quadro 7. Parâmetros de crescimento em mudas de pinus.

Tratamento	H	H	D	H	D	H	D	H/D
	60 dias	-----90 dias-----		-----120 dias-----		-----180 dias-----		
	cm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	
<b>80/20<sup>1</sup></b>	5,70 b	7,07 c	1,19 b	9,85 c	1,73 b	14,89 d	2,96 c	5,06 b
<b>70/30</b>	6,15 b	7,96 bc	1,22 b	11,93 b	1,80 b	20,46 c	3,10 bc	6,72 a
<b>60/40</b>	6,12 b	8,03 bc	1,22 b	12,26 b	1,86 b	20,99 bc	3,15 bc	6,79 a
<b>50/50</b>	6,27 b	8,47 b	1,25 b	12,95 b	1,82 b	22,74 b	3,36 b	6,89 a
<b>40/60</b>	6,25 b	8,05 bc	1,18 b	11,87 b	1,67 b	20,60 bc	3,05 bc	6,87 a
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	7,71 a	10,57 a	1,48 a	15,62 a	2,29 a	27,12 a	3,84 a	7,11 a
<b>F</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>D.M.S.</b>	0,80	1,13	0,15	1,23	0,30	2,15	0,37	0,70
<b>C.V. (%)</b>	5,58	6,00	5,45	4,43	7,13	4,52	5,04	4,73

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

#### 6.2.1.2. Peso de matéria seca e outros parâmetros analisados

O peso de matéria seca da parte aérea da testemunha diferiu significativamente dos demais tratamentos, mostrando superioridade neste parâmetro (Quadro 8) e confirmando os resultados obtidos para altura e diâmetro. Para matéria seca de raiz, apenas o tratamento 50/50 foi semelhante à testemunha, a qual foi superior em relação aos

demais tratamentos. A relação matéria seca de raiz/matéria seca de parte aérea não apresentou diferença entre os tratamentos.

Räsänen (1972), citado por Carneiro (1995), recomenda que as raízes devem ser densas e as partes radicular e aérea têm que estar em correta proporção. A adequada relação, segundo este autor, foi considerada de 0,20 a 0,33, bem inferior aos resultados obtidos neste trabalho. Entretanto, Mexal & Dougherty (1981), demonstraram a importância da razão entre peso seco de raízes e da parte aérea em mudas de pinus, obtendo que a sobrevivência e o crescimento das mudas foram maiores à medida que os valores desta razão aumentaram até 0,6. Portanto, de acordo com esses autores, todos os tratamentos deste estudo apresentaram valores adequados para esse parâmetro, mostrando equilíbrio no desenvolvimento da raiz em relação à parte aérea de mudas de pinus.

Observa-se, também, que à medida que se diminuiu a dose de bio sólido no substrato, produziu-se um efeito positivo no acúmulo de matéria seca de raiz até a proporção 50/50, obtendo-se, desta maneira, uma muda com maior probabilidade de sobrevivência no campo.

Analisando-se os resultados da análise física dos substratos (Quadro 4), pode-se concluir que quanto maior o teor de componentes orgânicos no mesmo, menor a macroporosidade e maior a microporosidade, e conseqüentemente, pior a drenagem do substrato, o que pode ter comprometido o desenvolvimento das mudas. Ünver et al. (1989), em um estudo comparativo entre substratos orgânicos, evidenciou a maior capacidade desses substratos em reter água disponível. Segundo esses autores, níveis insatisfatórios de crescimento de espécies florestais em húmus de minhoca podem ter sido devido à sua baixa capacidade de drenagem, ocasionada por uma grande microporosidade e pela

macroporosidade relativamente pequena. A deficiência do oxigênio no substrato causa, muitas vezes, a paralisação do crescimento radicular, com injúrias ou morte deste. Essa morte pode ser induzida por má drenagem ou compactação do substrato (Gomes, 1992).

No aspecto sobrevivência, apenas o tratamento 80/20 foi letal para as mudas de pinus. O efeito do bio sólido sobre este parâmetro deu-se na fase inicial das mudas, afetando-as principalmente na germinação. No decorrer do período restante, não foi observada morte de plantas já formadas. Pôde-se observar que a dificuldade de drenagem dos substratos prejudicaram a germinação das sementes e o desenvolvimento das mudas. Este comportamento foi favorecido pela adição de casca de arroz carbonizada às misturas, como reportado por Aguiar et al. (1989).

Analisando-se o estado de agregação entre o sistema radicular e o substrato no final do ciclo (Quadro 8), observou-se que para extração do tubete das mudas apenas o tratamento 80/20 apresentou efeito deletério ao torrão. Isto se deve à característica, discutida anteriormente, de que o bio sólido com polieletrólitos aumenta seu volume quando hidratado. Esta expansão promoveu compactação do substrato dentro do tubete.

As mudas de pinus apresentaram firmeza no torrão, devido ao enraizamento vigoroso apresentado por esta espécie. Apenas os tratamentos 80/20 e 40/60 apresentaram torrões menos consistentes. No tratamento com alta dose de bio sólido isto ocorreu devido ao enraizamento deficiente; em contra partida, no substrato com maior dose de casca de arroz carbonizada notou-se falta de estrutura no substrato.

Quadro 8. Peso de matéria seca, índice de sobrevivência e qualidade do torrão em mudas de pinus.

Tratamento	M.S.	M.S.	Relação raiz/p.a.	Sobrevivência		Torrão	
	p.a.	raiz		germinação	expedição	extração	firmeza
	g	g		%	%		
<b>80/20<sup>1</sup></b>	1,10 c	0,42 c	0,41	19,17 b	18,33 b	2,2 b	1,8 b
<b>70/30</b>	1,43 bc	0,72 b	0,50	90,00 a	88,33 a	4,6 a	3,2 a
<b>60/40</b>	1,52 b	0,77 b	0,51	95,83 a	95,00 a	4,8 a	2,8 a
<b>50/50</b>	1,76 b	0,84 ab	0,48	88,33 a	94,17 a	4,8 a	3,3 a
<b>40/60</b>	1,40 bc	0,72 b	0,52	95,83 a	96,67 a	4,8 a	1,8 b
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	2,28 a	0,95 a	0,41	99,17 a	94,17 a	5,0 a	3,1 a
<b>F</b>	**	**	ns	**	**	**	**
<b>D.M.S.</b>	0,38	0,17	0,14	1,93	11,78	1,03	0,89
<b>C.V. (%)</b>	10,71	10,35	12,78	9,26	6,46	10,53	15,14

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada;

<sup>2</sup>Aumento da sobrevivência na expedição em relação à germinação tardia;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

### 6.2.1.3. Avaliação do estado nutricional

Os resultados das análises químicas do tecido vegetal de pinus (Quadros 9, 10, 11 e 12), revelaram que, em geral, a concentração de nutrientes foi maior em mudas que se desenvolveram em substrato compostos por biossólidos, devido ao efeito de diluição. O acúmulo de nutrientes nas plantas da testemunha apresentou níveis superiores em relação às plantas dos tratamentos com biossólidos, devido à maior produção de matéria seca.

Os níveis de concentração e acúmulo de nutrientes no tratamento 80/20 apresentaram valores estatisticamente inferiores aos demais tratamentos e, em alguns casos,

semelhantes ou superiores à testemunha, devido ao baixo nível de desenvolvimento dessas mudas em relação às demais.

Maiores concentrações dos nutrientes P, Ca, S, Mn e Zn foram observadas na parte aérea, e maiores de N, P, S, Cu e Zn na raiz de mudas de pinus dos tratamentos biossólido em relação à testemunha. Esta, por sua vez, apresentou significativamente maior concentração de Mg na parte aérea das mudas. Em estudo das relações K, Ca e Mg, em mudas de dendezeiro, Assis (1995) reportou o provável efeito sinérgico do Mg em relação ao P, que atua como ativador de ATPase de membrana, enzima envolvida no processo de absorção iônica. Para esse autor, plantas que apresentam baixos teores de Mg tenderam a apresentar também baixos teores de P. Entretanto, neste estudo ocorreu o contrário, ou seja, os tratamentos com menores teores e quantidades de Mg (tratamentos com biossólido) apresentaram maiores teores e quantidades de P.

As concentrações de Fe e Mn nos tratamentos com biossólido tenderam a ser superiores à testemunha na matéria seca de raiz, devido aos altíssimos teores desses elementos encontrados nos substratos à base de biossólido. Os teores de Ca na parte aérea das plantas dos substratos contendo biossólido, exceção feita ao tratamento 80/20, foram superiores aos encontrados nas plantas da testemunha, o que provavelmente afetou a absorção de K e Mg pelas mudas desses tratamentos, em virtude do efeito antagônico entre esses nutrientes. Guerrini et al (2000), estudando os efeitos da aplicação de lodo ativado e cinza de madeira, ambos resíduos de fábrica de celulose e papel, em plantios de eucalipto, obtiveram um forte desbalanço na relação K/Ca, provocado pelo alto teor de cálcio nesses materiais. Segundo esses autores, a maior absorção de cálcio diminuiu significativamente a absorção de potássio pelo eucalipto nos três tipos de solos estudados.

A maior produção de matéria seca pelas plantas da testemunha em relação às dos tratamentos com biossólido promovem maior acúmulo de nutrientes na parte aérea das mudas de pinus para os nutrientes N, K, Mg e B e, na raiz, para Mg. Os valores de acúmulo de P, S, Mn e Zn, e de P, S, Cu e Zn, foram maiores, respectivamente, na parte aérea e nas raízes das plantas dos tratamentos com biossólidos.

Com exceção do B, os maiores acúmulos dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, e também do S, significativamente ou apenas tendência, nas raízes das plantas dos substratos contendo biossólido, refletem a característica desse material em conter esses elementos, como pode ser observado nos Quadros 6a e 6b.

Em geral, não foi observado nenhum sintoma visual de deficiência ou de toxidez nas mudas de pinus, mesmo tendo as mudas dos tratamentos com biossólidos desenvolvido em teores de Cu e Zn considerados fitotóxicos para espécies vegetais (Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

Os aspectos das mudas de pinus, formadas nesse experimento, podem ser observadas nas Figuras de 1 a 6. Detalhes da parte aérea e do torrão são mostrados nas Figuras de 7 a 12.

Quadro 9. Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de pinus.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----g Kg <sup>-1</sup> -----mg Kg <sup>-1</sup> -----											
<b>80/20<sup>1</sup></b>	13 b	1,8 b	9 b	3 b	0,8 b	1,2 a	23 a	4	35 b	126 b	87 b
<b>70/30</b>	18 a	2,3 a	12 a	5 a	0,8 b	1,4 a	20 ab	4	44 ab	203 a	258 a
<b>60/40</b>	18 a	2,5 a	13 a	4 a	0,8 b	1,3 a	18 b	3	42 ab	195 a	248 a
<b>50/50</b>	18 a	2,4 a	12 a	4 a	0,8 b	1,2 a	16 b	4	37 ab	189 a	233 a
<b>40/60</b>	18 a	2,4 a	13 a	5 a	0,8 b	1,3 a	17 b	4	48 a	237 a	268 a
<b>Multipiant<sup>®</sup></b>	15 ab	1,2 c	13 a	3 b	1,5 a	0,4 b	15 b	4	39 ab	65 c	44 b
<b>F</b>	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	**	**
<b>D.M.S.</b>	3,40	0,38	2,28	0,79	0,10	0,49	5,40	3,31	11,73	50,39	59,83
<b>C.V. (%)</b>	9,01	8,07	8,45	9,12	5,00	18,90	13,23	36,05	12,73	13,25	14,04

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P&gt;0,05)

Quadro 10. Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de pinus.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	-----mg planta <sup>-1</sup> -----						-----µ g planta <sup>-1</sup> -----					
<b>80/20<sup>1</sup></b>	15 c	2,0 d	10 c	3 b	0,8 c	1,3 bc	0,028 ab	0,004	0,04 c	0,14 b	0,10 b	
<b>70/30</b>	26 b	3,3 bc	17 b	6 a	1,2 bc	2,1 ab	0,030 ab	0,007	0,06 bc	0,29 a	0,37 a	
<b>60/40</b>	26 b	3,8 ab	19 b	6 a	1,3 bc	1,9 ab	0,025 b	0,005	0,06 ab	0,29 a	0,37 a	
<b>50/50</b>	31 ab	4,2 a	20 b	7 a	1,4 b	2,2 a	0,030 ab	0,007	0,07 ab	0,33 a	0,40 a	
<b>40/60</b>	26 b	3,4 b	18 b	6 a	1,1 bc	1,8 ab	0,023 b	0,006	0,07 ab	0,33 a	0,37 a	
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	36 a	2,7 c	30 a	6 a	3,4 a	1,0 c	0,035 a	0,010	0,09 a	0,15 b	0,10 b	
<b>F</b>	**	**	**	**	**	**	*	ns	**	**	**	
<b>D.M.S.</b>	7,54	0,67	4,91	1,38	0,43	0,77	0,01	0,01	0,03	0,10	0,09	
<b>C.V. (%)</b>	12,62	9,09	11,38	10,61	12,53	19,91	15,56	38,47	17,87	16,95	13,34	

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

Quadro 11. Concentração de macro e micronutrientes na raiz de mudas de pinus.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g Kg <sup>-1</sup> -----mg Kg <sup>-1</sup> -----										
<b>80/20<sup>1</sup></b>	17 a	3,7 a	14 a	5 a	1,1 b	2,6 a	30 a	35 a	3645 a	90 a	460 ab
<b>70/30</b>	18 a	3,5 a	11 ab	4 ab	1,0 c	1,8 ab	19 ab	31 a	1685 b	65 ab	875 a
<b>60/40</b>	17 a	3,4 a	10 b	3 ab	0,8 d	1,7 b	17 b	29 a	1540 b	68 ab	940 a
<b>50/50</b>	17 a	3,3 a	9 b	3 ab	0,7 d	1,5 b	20 ab	30 a	1320 b	69 ab	810 a
<b>40/60</b>	17 a	3,2 a	9 b	3 b	0,7 d	1,4 bc	20 ab	25 a	1520 b	71 ab	820 a
<b>Multipiant<sup>®</sup></b>	11 b	1,0 b	9 b	3 b	1,8 a	0,6 c	19 ab	9 b	481 b	26 b	57 b
<b>F</b>	**	**	**	**	**	**	*	**	**	*	**
<b>D.M.S.</b>	4,26	0,75	3,18	1,52	1,63	0,80	11,70	13,00	1810,4	46,19	517,88
<b>C.V. (%)</b>	11,58	10,93	13,68	18,26	7,03	22,09	24,85	21,73	47,43	31,62	34,90

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

Quadro 12. Acúmulo de macro e micronutrientes na raiz de mudas de pinus.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	-----mg planta <sup>-1</sup> -----		-----µ g planta <sup>-1</sup> -----	
<b>80/20<sup>1</sup></b>	8 b	1,7 b	6 b	2	0,5 b	1,2 a	0,013 ab	0,015 ab	1,53 a	0,04 ab	0,22 bc				
<b>70/30</b>	13 a	2,5 a	8 ab	3	0,7 b	1,3 a	0,010 b	0,022 a	1,20 a	0,05 ab	0,62 ab				
<b>60/40</b>	13 a	2,6 a	8 ab	3	0,6 b	1,3 a	0,013 ab	0,023 a	1,18 ab	0,05 ab	0,72 a				
<b>50/50</b>	14 a	2,8 a	7 ab	2	0,6 b	1,2 a	0,015 ab	0,025 a	1,10 ab	0,06 a	0,68 a				
<b>40/60</b>	13 a	2,3 a	7 ab	2	0,5 b	1,0 ab	0,015 ab	0,018 ab	1,10 ab	0,05 ab	0,58 ab				
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	11 ab	0,9 c	8 a	3	1,7 a	0,6 b	0,020 a	0,008 b	0,46 b	0,02 b	0,05 c				
<b>F</b>	**	**	*	ns	**	**	*	**	**	*	**				**
<b>D.M.S.</b>	3,64	0,55	1,96	1,10	0,22	0,52	0,01	0,01	0,73	0,03	0,42				
<b>C.V. (%)</b>	13,66	11,44	11,92	18,75	12,37	20,99	31,13	24,32	31,72	31,72	38,57				

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

## 6.2.2. Eucalipto

### 6.2.2.1. Parâmetros de crescimento

Aos 60 dias após a semeadura, foi realizada a primeira medição de altura de planta e diâmetro de colo para mudas de eucalipto (Quadro 13). Nesta ocasião, as mudas dos tratamentos com biofertilizantes revelaram um crescimento em altura muito superior em relação às mudas da testemunha, provavelmente devido às características químicas desses substratos que apresentam altos teores de N e P. De acordo com Novais et al. (1980) e Novais et al (1982), o N e P são nutrientes altamente requeridos nos estágios iniciais de desenvolvimento das mudas de eucalipto.

Na segunda medição, aos 90 dias, as plantas da testemunha equipararam-se às dos tratamentos 60/40, 50/50 e 40/60 para altura de planta, e apresentaram um maior diâmetro de colo. Aos 120 dias, apenas o tratamento 50/50 apresentou mudas de eucalipto bem formadas, com altura de plantas e diâmetro de colo não diferindo estatisticamente da testemunha.

Em geral, as mudas de eucalipto apresentaram maiores incrementos no desenvolvimento em altura do que em diâmetro de colo, e, conseqüentemente, os valores apresentados para a relação H/D em todos os tratamentos, inclusive a testemunha, foram acima da faixa considerada ideal por Carneiro (1995). Segundo esse autor, a relação H/D, parâmetro que exprime qualidade em qualquer fase do período de produção de mudas, deve situar-se entre os limites de 5,4 até 8,1; porém, para todas as relações H/D superiores a 8,1, as médias de melhor qualidade morfológica são as que apresentarem maiores diâmetros,

respeitando-se a faixa recomendada de altura de 20 a 30 cm. Nesse sentido, os melhores tratamentos obtidos neste estudo seriam a testemunha, 50/50 e 40/60.

Segundo Daniel et al. (1997) e Carneiro (1995), o parâmetro diâmetro de colo, em geral, é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, e portanto, é o mais utilizado para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas. Portanto, também neste caso, os tratamentos mais indicados seriam a testemunha, 50/50 e 40/60.

As mudas de eucalipto que se desenvolveram no tratamento 80/20 apresentaram crescimento inferior aos daqueles dos demais tratamentos durante toda a fase de viveiro.

Quadro 13. Parâmetros de crescimento em mudas de eucalipto.

Tratamento	H	D	H	D	H	D	H/D
	-----60 dias-----		-----90 dias-----		-----120 dias-----		
	cm	mm	cm	mm	cm	mm	
<b>80/20<sup>1</sup></b>	4,41 b	0,89	12,21 d	1,36 c	20,76 d	1,94 b	10,74
<b>70/30</b>	5,01 ab	0,93	15,82 c	1,52 bc	26,56 c	2,10 b	12,73
<b>60/40</b>	5,04 ab	0,96	16,09 bc	1,46 bc	25,68 c	2,08 b	12,41
<b>50/50</b>	5,49 a	1,00	19,24 a	1,62 b	31,57 ab	2,28 ab	13,90
<b>40/60</b>	5,91 a	1,06	17,84 abc	1,56 b	27,04 bc	2,23 ab	10,57
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	4,19 b	0,90	18,81 ab	1,85 a	32,68 a	2,57 a	12,81
<b>F</b>	**	ns	**	**	**	**	ns
<b>D.M.S.</b>	0,96	0,18	2,91	0,20	4,70	0,35	3,86
<b>C.V. (%)</b>	8,51	8,34	7,76	5,72	7,63	7,09	14,08

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

#### 6.2.2.2. Peso de matéria seca e outros parâmetros

Com relação à produção de matéria seca (Quadro 14), o tratamento que promoveu maior produção de matéria seca da parte aérea e de raiz foi a testemunha, sendo que os tratamentos 60/40 e 50/50 não diferiram estatisticamente para parte aérea.

A superioridade do tratamento 50/50 em relação ao tratamento 40/60 ocorreu, provavelmente, devido à baixa capacidade de retenção de água deste substrato, proporcionada pela maior quantidade de casca de arroz carbonizada. Esta característica afetou negativamente o desenvolvimento das mudas de eucalipto, as quais apresentavam-se murchas durante os períodos mais quentes do dia.

A relação de matéria seca de raiz/matéria seca de parte aérea em eucalipto mostrou valores abaixo do considerado ideal em todos os tratamentos, incluindo a testemunha, revelando um maior desenvolvimento da parte aérea em relação à raiz em todos os substratos testados. Brissette (1984), Daniel et al. (1997) e Caldeira et al. (2000) defendem que a razão deva ser de 0,5.

A área foliar das mudas de eucalipto do tratamento 40/60 foi afetada pelo “estresse hídrico” sofrido nesse substrato. Conseqüentemente, as mudas do tratamento 40/60 apresentaram menor área foliar em relação à testemunha e, embora não significativamente, ao tratamento 50/50. As folhas deste tratamento apresentavam-se menores e mais estreitas que as folhas do tratamento 50/50 e testemunha, e, em alguns casos, houve morte dos brotos apicais, promovendo brotações laterais (Figuras de 23 e 24). O efeito do estresse hídrico sobre a redução da área foliar e alterações morfológicas de folhas em mudas de eucalipto foi também reportado por Silva (1998).

O teor de clorofila (Quadro 14) nas folhas de eucalipto foi significativamente maior nos tratamentos com biossólidos em relação à testemunha, estando este fato associado com a maior quantidade de N presente nos substratos contendo biossólido. Entretanto, não se observa correlação entre teor de clorofila nas folhas com a quantidade de N na parte aérea da planta (Quadro 16). Visualmente, as plantas dos tratamentos com esse resíduo apresentaram coloração verde intenso nas folhas, enquanto que as mudas da testemunha apresentaram uma coloração mais clara, a cor verde comumente observada em mudas de eucalipto. Este efeito pode ser observado nas Figuras de 13 a 18.

Em relação a sobrevivência, assim como para as mudas de pinus, apenas o tratamento 80/20 foi extremamente prejudicial à germinação e desenvolvimento das mudas de eucalipto, devido às características desse tratamento.

Da mesma maneira que nas mudas de pinus, a qualidade do torrão foi afetada pela quantidade de biossólido presente no substrato. A extração do tubete foi altamente prejudicada no tratamento 80/20, devido ao baixo enraizamento observado nesse tratamento. Apesar de não apresentar diferença significativa, a testemunha (Multiplant<sup>®</sup>) apresentou maiores problemas para extração, devido ao melhor enraizamento dessa espécie no substrato comercial, dificultando a liberação da muda. De forma geral, o aumento na dose de biossólido influenciou negativamente na extração do tubete, principalmente em mudas de eucalipto que apresentaram sistema radicular mais delicado.

Os torrões formados para mudas de eucalipto apresentaram firmeza bem inferior à testemunha, sendo os tratamentos 80/20 e 60/40 os piores nesse aspecto. Em geral, o enraizamento do eucalipto nos tratamentos com biossólidos foi inferior ao obtido na testemunha, devido ao baixo desenvolvimento de raízes laterais, não se obtendo uma boa

agregação, como observado também por Aguiar & Monogios (1988) em trabalho com mudas e *E. citrodora* em vermiculita de esterco de curral.

Detalhes das mudas e do torrão são mostrados nas Figuras de 19 a 24. Na Figura 25, pode-se observar um defeito comum apresentado na formação de torrões em mudas de eucalipto do tratamento 80/20.

Quadro 14. Peso de matéria seca, área foliar, teor de clorofila, índice de sobrevivência e qualidade do torção em mudas de eucalipto.

Tratamento	M.S.		Relação raiz/p.a.	Clorofila mg 100cm <sup>-2</sup>	Área foliar		Sobrevivência		Torrão	
	p.a.	raiz			cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	germinação	expedição	extração	firmeza
	g	g			%	%	%	%		
<b>80/20<sup>1</sup></b>	0,86 b	0,20 c	0,23 c	6,29 a	124,78 ab	56,67 b	56,67 b	2,4 b	2,0 b	
<b>70/30</b>	0,93 b	0,25 bc	0,27 bc	6,14 a	120,98 ab	82,50 a	85,33 a	4,3 a	3,4 ab	
<b>60/40</b>	1,00 ab	0,28 bc	0,29 bc	6,13 a	122,36 ab	86,67 a	85,00 a	4,8 a	2,7 b	
<b>50/50</b>	1,10 ab	0,33 b	0,30 bc	6,16 a	135,59 ab	96,67 a	94,17 a	5,0 a	3,3 ab	
<b>40/60</b>	0,94 b	0,33 b	0,35 ab	6,05 a	114,65 b	90,00 a	88,33 a	5,0 a	3,6 ab	
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	1,23 a	0,52 a	0,42 a	4,51 b	149,47 a	96,67 a	97,50 a	4,6 a	4,4 a	
<b>F</b>	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
<b>D.M.S.</b>	11,54	12,03	13,57	5,96	11,78	11,74	12,40	1,33	1,60	
<b>C.V. (%)</b>	0,22	0,09	0,09	0,79	33,86	22,39	23,57	13,63	22,05	

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

### 6.2.2.3. Avaliação do estado nutricional das mudas de eucalipto.

Nos Quadros 15, 16, 17 e 18 são apresentados os efeitos dos substratos sobre a nutrição das mudas de eucalipto. As concentrações de Ca, S, Cu, Fe e Zn na parte aérea e de N, P, Ca, S, Cu, Fe e Zn nas raízes, foram estatisticamente superiores nos tratamentos com bioossólidos, quando comparados à testemunha.

Os maiores teores de P encontrados nos substratos com bioossólido não influenciaram a concentração desse nutriente na parte aérea das mudas destes tratamentos. Entretanto, a concentração de P nas raízes dos tratamentos em questão foi estatisticamente maior do que na testemunha.

A concentração de Mn dos tratamentos com bioossólido, foi superior à testemunha apenas na parte aérea. O teor de B, na parte aérea, não apresentou diferenças significativas entre testemunha e tratamentos com bioossólido, enquanto que na raiz observou-se uma tendência de maior concentração desse nutriente nas mudas dos tratamentos com bioossólidos.

As plantas que se desenvolveram em substratos com maior quantidade de Ca, ou seja, na presença de bioossólidos, apresentaram menor concentração de K na parte aérea devido ao efeito antagônico entre esses elementos, conforme também observado para as mudas de pinus. Guerrini et al (2000) obtiveram resultados semelhantes com a aplicação de resíduos de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto, conforme já citado anteriormente. Entretanto, esse efeito antagônico não foi observado nas raízes.

As concentrações de nutrientes na parte aérea das mudas da testemunha foram, em geral, muito semelhantes aos valores obtidos por Locatelli (1984),

Haridasan (1985) e Borges (1986) para P, K, Ca, Mg, S e Fe. Os tratamentos com bio-sólidos apresentaram concentrações de N, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn superiores aos valores encontrados por esses autores. Apenas as concentrações de P e K apresentaram valores semelhantes aos conseguidos pelos mesmos.

Os acúmulos de P, K e Mg na parte aérea, e de K, Mg e Mn nas raízes das mudas dos tratamentos com bio-sólido foram significativamente inferiores aos obtidos na testemunha. O S, Cu e Zn apresentaram tendência de maior acúmulo na parte aérea e nas raízes, nos tratamentos com bio-sólido. O maior acúmulo de P na parte aérea da testemunha acompanhou o maior acúmulo de Mg nesse mesmo tratamento, observando-se, neste caso, o efeito sinérgico entre esses nutrientes, conforme observado por Assis (1995).

Observou-se, para o eucalipto, um melhor desenvolvimento das mudas do tratamento 80/20, considerando os resultados obtidos para o pinus. Obteve-se, neste tratamento, valores de concentração e acúmulo de nutrientes mais próximos aos encontrados nos demais tratamentos.

Da mesma forma que observado para mudas de pinus, não se verificou, durante a fase de viveiro, nenhum sintoma de deficiência ou de toxidez causada, respectivamente, pela falta ou excesso de nutrientes nos substratos testados. Assim como observado por Soares (1999), os teores de Cu na parte aérea das mudas dos tratamentos com bio-sólidos estão próximos da faixa considerada excessiva para o crescimento das espécies, enquanto que para o Zn os valores encontrados foram superiores, de acordo com Kabata-Pendias & Pendias (1985). Esses autores apresentaram, sem considerar a espécie vegetal, uma faixa de concentração fitotóxica de 60-125 mg kg<sup>-1</sup> para Cu e 70-400 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn na superfície do solo, e de 20-100 mg kg<sup>-1</sup> para Cu e 100-400 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn no tecido foliar.

Quadro 15. Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de eucalipto.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g Kg <sup>-1</sup> -----mg Kg <sup>-1</sup> -----										
<b>80/20<sup>1</sup></b>	33 a	2,6 b	15 b	13 ab	2,8 a	2,4 a	34	11 a	81 a	353 a	104 c
<b>70/30</b>	33 a	2,7 ab	18 b	14 a	2,6 a	2,0 ab	28	12 a	78 a	267 b	138 b
<b>60/40</b>	30 ab	2,6 b	18 b	14 a	2,3 bc	1,9 b	33	12 a	79 a	229 bc	150 ab
<b>50/50</b>	31 ab	2,7 ab	18 b	13 ab	2,1 c	2,0 ab	25	13 a	75 ab	271 b	151 ab
<b>40/60</b>	30 ab	2,7 ab	19 b	12 bc	2,0 c	1,9 b	23	12 a	74 ab	286 ab	158 a
<b>Multipiant<sup>®</sup></b>	27 b	2,9 a	24 a	10 c	2,5 ab	1,1 c	27	4 b	49 b	167 c	36 d
<b>F</b>	*	**	**	**	**	**	ns	**	*	**	**
<b>D.M.S.</b>	5,15	0,24	4,01	1,67	0,30	0,41	13,53	4,04	26,79	78,49	19,41
<b>C.V. (%)</b>	7,39	3,90	9,49	5,73	5,57	9,61	21,19	16,54	16,38	13,31	7,02

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

Quadro 16. Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de eucalipto.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg planta <sup>-1</sup> -----										
<b>80/20<sup>1</sup></b>	29	2,2 b	13 b	11 ab	2,4 b	2,1 ab	0,030	0,010 ab	0,07	0,30	0,09 bc
<b>70/30</b>	30	2,6 b	17 b	13 ab	2,4 b	1,9 ab	0,025	0,010 ab	0,07	0,25	0,13 ab
<b>60/40</b>	30	2,6 b	18 b	15 a	2,3 b	1,9 ab	0,033	0,013 a	0,08	0,23	0,15 a
<b>50/50</b>	34	2,9 ab	20 b	14 ab	2,4 b	2,2 a	0,030	0,015 a	0,08	0,30	0,16 a
<b>40/60</b>	28	2,6 b	17 b	11 b	1,9 b	1,8 ab	0,020	0,010 ab	0,07	0,27	0,15 a
<b>Multiplant<sup>®</sup></b>	34	3,5 a	31 a	13 ab	3,1 a	1,4 b	0,033	0,003 b	0,06	0,21	0,05 c
<b>F</b>	ns	**	**	*	**	*	*	**	ns	ns	**
<b>D.M.S.</b>	8,50	0,77	8,40	3,36	0,60	0,70	0,01	0,01	0,034	0,13	0,05
<b>C.V. (%)</b>	12,21	12,48	19,34	11,50	11,09	16,57	21,21	37,27	20,95	22,04	17,03

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

Quadro 17. Concentração de macro e micronutrientes na raiz de mudas de eucalipto.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g Kg <sup>-1</sup> -----mg Kg <sup>-1</sup> -----										
<b>80/20<sup>1</sup></b>	25 a	3,4 a	17	13 ab	3,8 a	3,9 a	45 a	54 a	3920 a	94 ab	890 a
<b>70/30</b>	22 ab	3,6 a	18	14 a	3,1 ab	2,9 b	40 ab	57 a	4045 a	74 b	1160 a
<b>60/40</b>	21 ab	3,2 a	16	13 a	2,8 b	2,7 bc	45 a	51 a	3710 a	74 b	1010 a
<b>50/50</b>	23 a	3,8 a	17	13 ab	2,5 bc	2,6 bc	43 ab	62 a	4105 a	91 ab	1265 a
<b>40/60</b>	18 bc	3,6 a	16	10 bc	2,0 c	2,3 c	43 ab	57 a	4315 a	92 ab	1080 a
<b>Multipiant<sup>®</sup></b>	16 c	2,6 b	17	8 c	3,3 ab	1,1 d	29 b	15 b	1230 b	124 a	182 b
<b>F</b>	**	**	ns	**	**	**	*	**	**	*	**
<b>D.M.S.</b>	4,56	0,61	5,43	2,75	0,81	0,55	14,21	19,11	2433,6	42,917	442,53
<b>C.V. (%)</b>	9,61	8,06	14,33	10,28	12,27	9,40	15,47	17,16	30,47	20,84	21,14

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biosólido/Casca de arroz carbonizada;

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)



### 6.2.3. Economia de fertilizantes

Comparando-se as quantidades de adubo utilizadas nos tratamentos com bio sólidos e com Multiplant<sup>®</sup> para a produção das mudas, obteve-se uma economia de fertilizantes da ordem de 64% para o eucalipto e de 12,5% para o pinus quando as mudas foram produzidas com bio sólidos (Quadro 19). Sugere-se maiores estudos sobre a disponibilização dos nutrientes contidos no bio sólido, de forma a se atender as reais necessidades das plantas durante sua fase de viveiro, para que, assim, possam ser estabelecidos índices ainda maiores de economia de fertilizantes. Este, talvez, seja o maior atrativo ao usar bio sólido como componente em substratos para produção de mudas, sem considerar o benefício ambiental.

Quadro 19. Cálculo da economia de adubos por parcela de 30 plantas.

	Pinus		Eucalipto	
	Multiplant <sup>®</sup>	BIO/CAC <sup>1</sup>	Multiplant <sup>®</sup>	BIO/CAC
<b>Número de adubações</b>	40	35	25	9
<b>Volume por adubação (l/parcela)</b>	1	1	1	1
<b>Fertilizante por adubação NA<sup>1</sup> + NK<sup>2</sup> (g/l)</b>	4	4	4	4
<b>Total gasto de NA + NK (g)</b>	160	140	100	36
<b>Quantidade (%)</b>	100	87,5	100	36,0
<b>Economia (%)</b>	-	12,5	-	64,0

<sup>1</sup>BIO/CAC – substratos à base de bio sólido e casca de arroz carbonizada

<sup>2</sup>NA – nitrato de amônio;

<sup>3</sup>NK – nitrato de potássio.

## 7. CONCLUSÕES

- De acordo com características apresentadas, foram considerados mais adequados para o desenvolvimento de mudas de espécies florestais, os substratos, cujas doses de bio sólido variaram de 30 a 60%. Nenhum substrato testado, inclusive a testemunha, apresentou valores ideais em todos os parâmetros estudados.

- Doses iguais ou superiores a 70% de bio sólidos na composição do substrato foram prejudiciais ao desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribea* var. *hondurensis*, recomendando-se uma proporção de 40 a 50% desse material em mistura com casca de arroz carbonizada.

- O tratamento com bio sólido 50/50, seguido pelo tratamento 40/60, promoveu desenvolvimento satisfatório principalmente para mudas de eucalipto, onde os parâmetros altura de planta, diâmetro de colo e peso de matéria seca de parte aérea, foram estatisticamente semelhantes à testemunha.

- De uma forma geral, os resultados obtidos para pinus e eucalipto foram semelhantes.

- O uso de biossólido, como componente de substratos, é uma alternativa viável para a disposição final deste resíduo, tendo em vista a economia de fertilizantes que esse material pode proporcionar, além do benefício ambiental.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I.B., MONOGIOS, G.M. Efeito de substratos à base de vermiculita na produção de mudas de *Eucalyptus citrodora* HOOK em bandejas de isopor. *Científica*, v.16, n.1, p.133-140, 1988.
- AGUIAR, I.B., VALERI, S.V., BANZATO, D.A., CORRADINI, L., ALVARENGA, S.F. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. *IPEF*, n.41/42, p.37-42, 1989.
- ALVES, W.L., PASSONI, A.A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* (Benth)) para arborização. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.10, p.1053-58, 1997.
- ANDRÉ, E.M. Metais pesados em solo adubado com lodo de esgoto. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1996, Águas de Lindóia. *Anais...Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1996.(cd-rom).

- ASSIS, R.P. *Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva*. Lavras, 1995. 41p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras.
- BERTON, R.S., CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.13, p.187-92, 1989.
- BETTIOL, W., AUER, C.G., KRUNER, T.L., PREZOTTO, M.E.M., Influência de lodo de esgoto e de acículas de pinus na formação da ectomicorrizas em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pelos fungos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*. *IPEF*, n.34, p.41-6, 1986.
- BORGES, E.N. *Resposta da soja e do eucalipto a camadas compactadas de solo*. Viçosa, 1986. 74p. Dissertação (Mestrado) Universidade federal de Viçosa.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Análise de corretivos, fertilizantes e inoculante., Métodos oficiais*. 1988. 110 p.
- BRISSETTE, J.C. Summary of discussions about seedlins. In: ALEXANDRIA, L.A SOUTHERN NURSERY CONFERENCE, 1984. Proceedings... New Orleans: USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 1984. p127-128.
- CALDEIRA, M.V.W., SCHUMACHER, M.V., BARICHELLO, L.R., VOGET, H.L.M., OLIVEIRA, L.da S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. *Floresta*, v.28, n. 1/2, p.19-30, 2000.
- CAMPINHOS Jr, E., IKEMORI, Y.K., MARTINS, F.C.G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus* spp. (estaca e semente)

- e *Pinus* spp. (sementes) em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1, 1984, Curitiba. *Resumos...*Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984, p.350-63.
- CAPRIONE, A.L., VIEIRA, J.D., DAVIDE, A.C. Efeitos da salinidade e substratos na emergência de plântulas e produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus citriodora*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. *Anais...*São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura., 1993. p.281-83.
- CARNEIRO, J.G. de A. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1995. 451p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Manual Técnico P. 4.230 –jan/99. Aplicação de biossólido de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas- Critérios para projeto e operação*, CETESB. São Paulo, 1999. 33p.
- CORDELL, C.E., FILER JR, T.H. Integrated nursery pest management. In: *Southern pine handbook*. (S.I.): USDA. Forest Service, Southern Region, 1984, p.1-17.
- DANIEL, O., VITORINO, A.C.T., ALOVISI, A.A., MAZZOCHIN, L., TOKURA, A.M., PINHEIRO, E.R., SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* WILLD. *Revista Árvore*, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- FIEST, L.C., ANDREOLI, C.V., MACHADO, M.A. de MELLO. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo. *Sanare.*, v.9, n.9, p.48-57, 1998.
- GOMES, J.M., COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. *Informe Agropecuário*, v.12, n.141, p.8-12, 1986.

- GOMES, J.M. *Viveiros florestais: Curso de atualização geral para técnicos agrícolas e florestais*. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Investigações Florestais, 1992. p.7-72.
- GONÇALVES, J.L.M., POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. *Resumos...* Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciências do Solo, 1996. (cd-rom).
- GONÇALVES, J.L.M., SANTARELLI, E.G., MORAES NETO, S.P., MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. *Nutrição e Fertilização Florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-50.
- GUERRINI, I.A., VILLAS BÔAS, R.L., BENEDETTI, V., COMÉRIO, J., MORO, L. Application of wood ash and pulp and paper sludge to *Eucalyptus grandis* in three Brazilian soils. In: *Principles and practice of residuals use*. Seattle: College of Forest Resources, University of Washington, 2000. p.127-131.
- HARIDASAN, M. Accumulation of nutrients by eucalyptus seedlings from acidic and calcareous soils of the cerrado region of Central Brazil. *Plant Soil*, v.86, p.35-45, 1985.
- HATTARI, F.H., BROADVENT, F.E., Influence of trace metals on some soil nitrogen transformations. *Journal of Environmental Quality*, v.11, p.1-4, 1991.
- HENRY, C.L., COLE, D.W., HARRISON, R.B. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forest: The pack forest sludge research program. *Forest Ecology and Management*, v.66, p.137-49, 1994.

- JORGE, J.A, CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo vermelho - escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciências do Solo.*, v.15, p.237-40, 1991.
- KABATA-PENDIAS, A. PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton: CRC Press, 1985. 315p.
- KÄMPF, A.N., FERMINO, M.H. *Substratos para plantas. A base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Genesis . 2000. 312p.
- LOCATELLI, M.. *Efeito de formas , fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill (ex Maiden)*. Viçosa, 1984. 64p. Dissertação (Mestrado) Universidade federal de Viçosa.
- LUDUVICE, M. Gestão de biossólidos e o Mercosul. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1, 1998. *Anais...* Curitiba, ABES, 1998. p.9-10.
- MAIA, C.M.B.F., Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n.39, p.81-92, 1999.
- MALAVOLTA, E, VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. de, *Avaliação do estado nutricional das plantas* 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. 319p.
- MELO, W.J., MARQUES, M.O., SANTIAGO, G., CHELI, R.A., LEITE, S.A.S., Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.449-55, 1994.

- MEXAL, J., DOUGHERTY, P.M. Growth of loblolly pine seedlings IV. Performance in a simulate drought environment. *Weyerhaeuser Tech. Report.*: 050-1422/6. 26p. 1981.
- MORAES NETO, S.P.de, GONÇALVES, J.L. de M., TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. *Revista Árvore*, v.25, n.3, p.277-287, 2001.
- MORAIS, S.M.de J., ATAIDE, P.R.V. de, GARCIA, D.C., KURTZ, F.C., OLIVEIRA, O. dos S., WAZLAWICK, L.F., Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. *Sanare*, v.6, n.6, p.44-9, 1997.
- 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 cloëziana* F.Muell. *Revista Árvore*, v.4, n.1, p.14-23, 1980.
- NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., NEVES, J.C., COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. *Revista Árvore*, v.6, n.1, p.29-37, 1982.
- ROE, N.E., STOFFELLA, P.J., GRAETZ, D. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. I. Emergence and seedling growth. *Journal of American Society for Horticultural Science*, v.122, n.3, p.427-32, 1997.
- ROSA JÚNIOR, E.J., DANIEL, O., VITORINO, A.C.T., SANTOS FILHO, V.C. dos. 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.
- SARZI, I., ABREU, M.F. de, VILLAS BOAS, R.L. *Uso de soluções aquosas na determinação da condutividade elétrica e do potencial hidrogeniônico em substratos e*

*componentes*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP. 2000. 18p.  
(Relatório de Estágio).

SILVA, F.C. da, BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEXE, C.A.,  
MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto.  
*Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

SILVA, M.R. da. *Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de  
Eucalyptos grandis Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico*.  
Curitiba, 1998. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura)  
Universidade Federal do Paraná.

SOARES, C.R.F.S. *Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para eucalipto em solução  
nutritiva*. Lavras, 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)  
Universidade Federal de Lavras.

STRINGHETA, A.C.O., RODRIGUES, L.A., FONTTES, L.E.F., COSTA, C.A.  
Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz  
carbonizada como condicionadores. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, n.1,  
p.155-159, 1997.

STRINGHETA, A.C.O., MARTINEZ, H.P., CARDOSO, A.A., FONTTES, L.E.F. Teor de  
macronutrientes em folhas de crisântemo, cultivado em substratos contendo composto de  
lixo urbano e casca de arroz carbonizada. In CONGRESSO BRASILEIRO DE  
FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 12, 1999, Jaboticabal.  
*Resumos...*Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1999.  
p.71.

- TEDESCO, M.J., MORAES, S.P., CAMARGO, F.A. de O., SELBACH, P.A., GIANELLO, C..  
Absorção de metais pesados pela cultura do milho em solos submetidos a diferentes doses de composto de lixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade de Brasileira de Ciências do Solo, 1997. (cd-rom).
- TEDESCO, N., CALDEIRA, M.V.W., SCHUMACHER, M.V. Influência do vermicomposto na produção de mudas de Caroba (*J. micrantha* Chamisso). *Revisa Árvore*, v.23, n.1, p.1-8, 1999.
- ÜNVER, I. Buffering capacities of some mineral organic substrates. *Acta Horticulturae*, n.238, p.83-97, 1989.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *A guide to the biosolids risk assessments for the EPA Part 503 Rule*. EPA/832-B-93-005. Office of wastewater management. Washington D.C. 1993. 144p.
- VALERI, S.V., CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. *Nutrição e Fertilização Florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-90.
- VANZO, J.E., MACEDO, L.S., TSUTIYA, M.T. Registros da produção de biossólidos. O caso da ETE de Franca. In: TSUTIYA, M.T, COMPARINI, J.B, ALEM SOBRINHO, P., HESPANHOL, I., CARVALHO, P. de C.T. de, MELFI, A.J., MELO., W.J. de, MARQUES, M.O. *Biossólidos na agricultura*. São Paulo: SABESP, 2001. p.227-42.

## **9. APÊNDICE**



Figura 1. Visão da parcela de pinus, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC).



Figura 2. Visão da parcela de pinus, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).



Figura 3. Visão da parcela de pinus, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).



Figura 4. Visão da parcela de pinus, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).



Figura 5. Visão da parcela de pinus, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC).



Figura 6. Visão da parcela de pinus, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant<sup>®</sup>).



Figura 7. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC).



Figura 8. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).



Figura 9. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).



Figura 10. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).



Figura 11. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC).



Figura 12. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de pinus, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant<sup>®</sup>).



Figura 13. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC).



Figura 14. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).



Figura 15. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).



Figura 16. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).

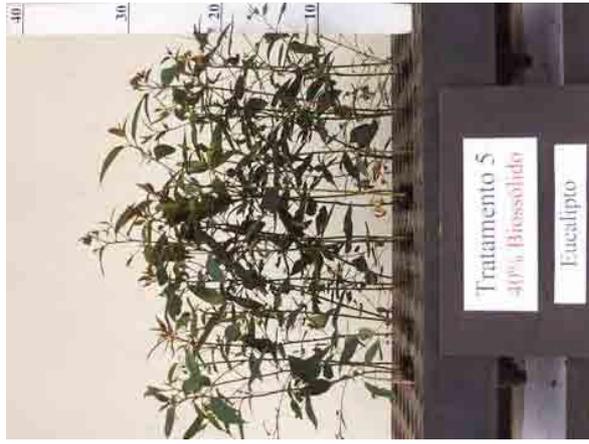


Figura 17. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 5 (60% BIO/40% CAC).



Figura 18. Visão da parcela de eucalipto, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant<sup>®</sup>).

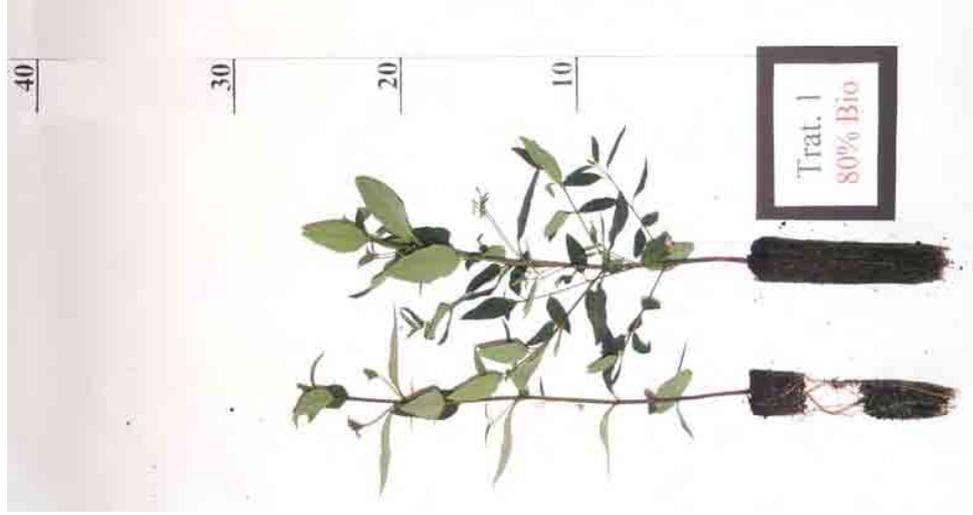


Figura 19. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC).

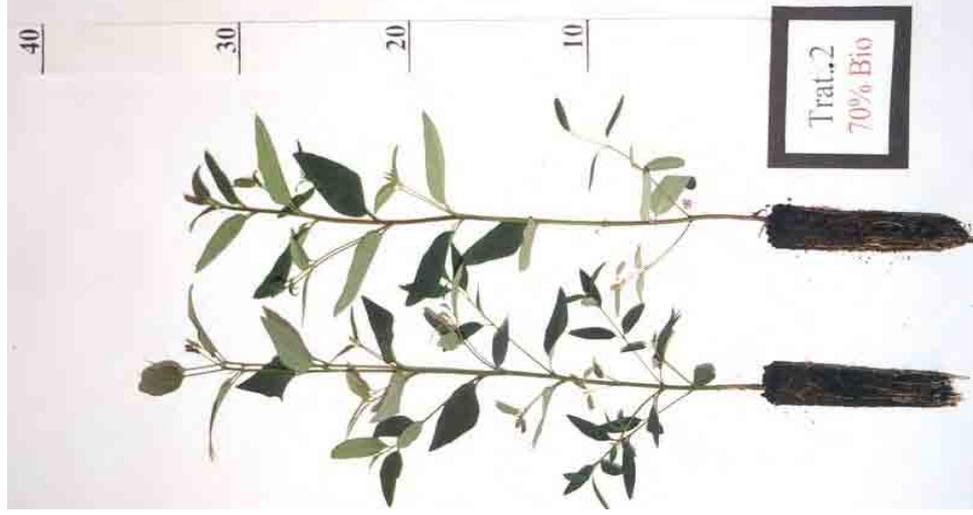


Figura 20. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 2 (70% BIO/30% CAC).



Figura 21. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 3 (60% BIO/40% CAC).



Figura 22. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 4 (50% BIO/50% CAC).

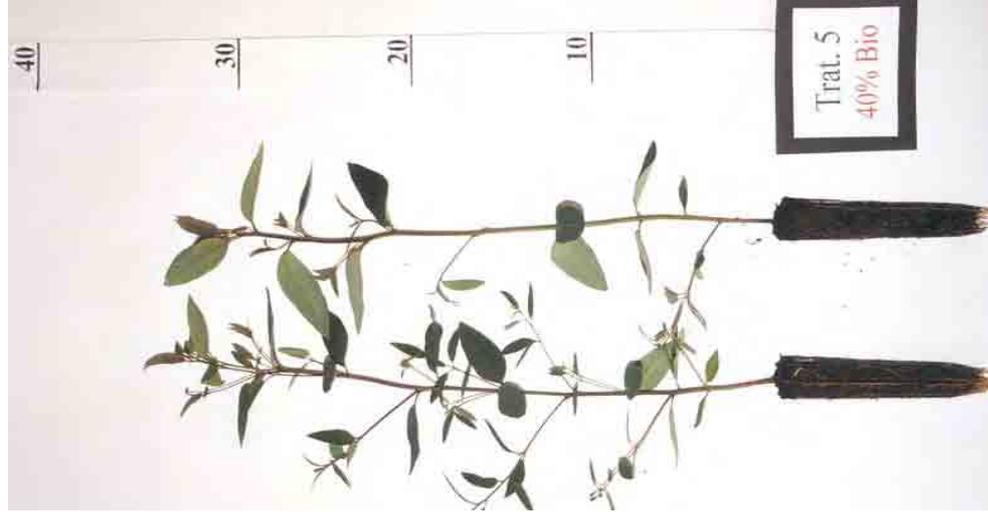


Figura 23. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 5 (40% BIO/60% CAC).



Figura 24. Aspecto da parte aérea e torrão de mudas de eucalipto, Tratamento 6 (Testemunha-Multiplant<sup>®</sup>).



Figura 25. Aspecto de defeito no torrão comumente observado no Tratamento 1 (80% BIO/20% CAC), em eucalipto.