

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

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO
COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

JULIANE FUMES BAZZO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP

Setembro - 2009

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

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO
COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

JULIANE FUMES BAZZO

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP

Setembro - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B364u Bazzo, Juliane Fumes, 1976-
Utilização de composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de eucalipto / Juliane Fumes Bazzo. - Botucatu : [s.n.], 2009
xi, 62 f.: il. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Irãe Amaral Guerrini
Co-orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Inclui bibliografia

1. *Eucalyptus grandis*. 2. *Eucalyptus urophylla*. 3. Nutrição Mineral. 4. Viveiros. I. Guerrini, Irãe Amaral. II. Villas Bôas, Roberto Lyra. III. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BÓTUCATU

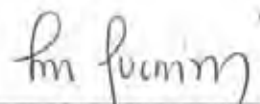
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO
COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO

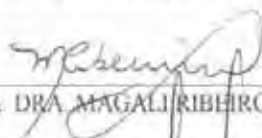
ALUNA: JULIANE FUMES BAZZO

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAÉ AMARAL GERRINI
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. IRAÉ AMARAL GERRINI



PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA



PROF. DR. FERNANDO CARVALHO DE OLIVEIRA

Data da Realização: 25 de setembro 2009.

DEDICO

A DEUS, o Senhor da minha vida, minha razão de ser,
meu refúgio, minha rocha, minha fortaleza.

“Ponho diante Dele a minha inquietação, eu lhe exponho toda a minha
angústia. Na hora em que meu espírito desfalece, vós conheceis o meu
caminho.”

(Salmos 141, 3-4)

“Cabe ao homem formular os seus projetos, mas é de Deus
que vem a direção.”

(Provérbios 16, 1)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, autor da minha vida.

Ao meu esposo Reginaldo Luiz Bazzo, resposta de Deus em minha vida, exemplo de alegria e vontade viver.

À minha filha Beatriz, presente de Deus em minha vida.

Aos meus pais, Alvacir e Israel, pelo amor, dedicação, sacrifícios, pela força nos momentos de provação.

Às minhas irmãs de carne e de oração, Jaqueline e Giovana, pelo apoio e incentivo, pelo ombro amigo nas horas difíceis, e os meus queridos sobrinhos Felipe e Cauê, pela ajuda nas medições das mudas nos finais de semana.

Aos meus tios queridos, Lau e Nóia, pelas oportunidades de estudo que me proporcionaram na esperança de um futuro melhor.

À minha avó Helena, pelas palavras sábias que me acalmam o coração e me fazem refletir sobre os valores reais da vida, meu muito obrigada.

Aos professores Iraê Amaral Guerrini, Roberto Lyra Villas Bôas, Dirceu Maximino Fernandes, Hélio Grassi Filho e Magali Ribeiro da Silva, pela orientação técnica.

À minha irmãzinha Giovana Fumes e ao Prof. Dr. José Eduardo Corrente, do Departamento de Bioestatística do IBB/UNESP-Botucatu, pela ajuda nas análises estatísticas.

À Companhia Saneamento de Jundiaí, através do Engenheiro Fernando Carvalho de Oliveira, pelo fornecimento do composto e financiamento para realização do experimento.

Aos funcionários do viveiro do Departamento de Recursos Naturais – Ciências Florestais, Claudinho, Sr. João e outros que, de alguma forma, contribuíram para a realização do experimento.

A todos os amigos da Secretaria do Meio Ambiente de Botucatu, especialmente ao Secretário de Meio Ambiente Mario Sergio Rodrigues, pelo total apoio.

A todos os amigos que colaboraram na elaboração deste trabalho, como Luiz Vítor Sanches, Cristina Grabher, Igor Nascimento Cristalli, Regina Marques Leite e Thalita Sampaio.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1. Compostagem.....	7
4.2. Substrato.....	8
4.3. Qualidade de mudas.....	11
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5.1. Localização do experimento.....	13
5.2. Espécie utilizada e produção de mudas.....	14
5.3. Caracterização do composto orgânico.....	16
5.4. Tratamentos (substratos)	16
5.4.1. Caracterização física dos substratos.....	18
5.4.2. Caracterização química dos substratos.....	19
5.4.3. Medição da condutividade elétrica.....	19
5.5. Cálculo das lâminas de água e forma de aplicação.....	19
5.6. Adubação das mudas.....	20
5.7. Delineamento experimental.....	21
5.8. Parâmetros avaliados.....	22
5.8.1. Análise quantitativa de crescimento.....	22
5.8.2. Transpiração.....	23
5.8.3. Número de par de folhas e ramos laterais.....	23
5.8.4. Índice de Cor Verde (ICV)	24
5.8.5. Matéria seca da parte aérea e raiz.....	24
5.8.6. Relação entre raiz/parte aérea.....	24
5.8.7. Avaliação da qualidade do torrão.....	24

5.8.8. Análise química da parte aérea e raiz.....	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6.1. Características físicas dos substratos.....	26
6.2. Características químicas dos substratos.....	30
6.3. Análise de crescimento.....	32
6.4. Matéria seca e outros parâmetros avaliados.....	36
6.5. Transpiração.....	41
6.6. Análise química do tecido vegetal.....	44
7. CONCLUSÕES.....	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
9. APÊNDICE.....	57

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Classe de textura de substratos orgânicos.....	11
Tabela 2. Composição do composto orgânico utilizado no experimento.....	17
Tabela 3. Concentração de metais pesados no composto orgânico utilizado no experimento.....	17
Tabela 4. Caracterização dos substratos utilizados no experimento.....	17
Tabela 5. Lâmina de água (mm) aplicada nos diferentes tratamentos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	20
Tabela 6. Soluções nutritivas (mg L ⁻¹) utilizadas na fertirrigação para produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	21
Tabela 7. Granulometria (%) dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	28
Tabela 8. Caracterização física dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	28
Tabela 9. Caracterização química (macronutrientes e relação C/N) dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	31
Tabela 10. Caracterização química (micronutrientes, pH e CE) dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	32
Tabela 11. Valores médios de altura (cm), diâmetro (mm), relação H/D e relação altura da parte aérea/comprimento radicular (p.a./c.r.) em de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> em função da idade.....	34
Tabela 12: Parâmetros avaliados nas mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> com 150 dias de idade.....	40
Tabela 13. Estimativa da perda de água por transpiração nas mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> com 150 dias de idade.....	41
Tabela 14. Dados meteorológicos da semana da medição da transpiração das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	43
Tabela 15. Teores de macro e micronutrientes nas folhas das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , com 90 dias de idade (após adubação).....	47

Tabela 16. Teores de macro e micronutrientes nas folhas das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , com 150 dias de idade.....	47
Tabela 17. Acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , com 150 dias de idade.....	48
Tabela 18. Teores de macro e micronutrientes nas raízes das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , com 150 dias de idade.....	48
Tabela 19. Acúmulo de macro e micronutrientes nas raízes das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , com 150 dias de idade.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Curva de retenção de água dos diferentes tratamentos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	29
Figura 2: Relação sólidos – ar – água dos diferentes tratamentos utilizados na produção de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	29
Figura 3: Crescimento em altura de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> durante o ciclo de produção.....	35
Figura 4: Crescimento em diâmetro de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> durante o ciclo de produção.....	35
Figura 5: Estimativa, através de pesagens, da transpiração de mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ao longo de 8 horas.....	42
Figura 6: Leira com formação do composto de bagaço-de-cana, poda de árvores e lodo de esgoto na Companhia Saneamento de Jundiaí.....	57
Figura 7: Germinação das sementes de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , no viveiro do Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais – FCA/UNESP-Botucatu.....	58
Figura 8: Mudas em desenvolvimento a pleno sol no viveiro.....	58
Figura 9: Mudas embaladas em saquinhos para medição da perda de água por transpiração.....	59
Figura 10: Tratamento 1 aos 150 dias (100% composto : 0% CAC).....	60
Figura 11: Tratamento 2 aos 150 dias (80% composto : 20% CAC).....	60
Figura 12: Tratamento 3 aos 150 dias (60% composto : 40% CAC).....	60
Figura 13: Tratamento 4 aos 150 dias (50% composto : 50% CAC).....	60
Figura 14: Tratamento 5 aos 150 dias (40% composto : 60% CAC).....	61
Figura 15: Tratamento 6 aos 150 dias (20% composto : 80% CAC).....	61
Figura 16: Tratamento 7 aos 150 dias (0% composto : 100% CAC).....	61
Figura 17: Tratamento 8 aos 150 dias (testemunha).....	61
Figura 18: Qualidade dos torrões dos diferentes tratamentos testados com composto e casca de arroz carbonizada.....	62
Figura 19: Nota dada para a qualidade dos torrões das mudas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ..	62

1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes substratos, formados por diferentes proporções de composto de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada, no desenvolvimento de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, em comparação com um substrato padrão utilizado em viveiro, o Mecplant[®]. Foram estabelecidas as seguintes proporções de composto: casca de arroz: 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100. O experimento foi conduzido no viveiro do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Florestais, FCA-UNESP/Botucatu. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 4 repetições, com 24 mudas por repetição, totalizando 768 mudas. As análises para determinação das propriedades físicas foram: macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água e densidade aparente. As avaliações das propriedades químicas dos substratos foram: determinação dos teores totais de macro e micronutrientes do substrato, folhas e raízes; pH, relação C/N e condutividade elétrica. Foram avaliados parâmetros relativos ao crescimento das mudas como: altura da planta (H), diâmetro do colo (D), relação H/D, relação altura da parte aérea/comprimento radicular, transpiração, produção de matéria seca da parte aérea e raiz, relação matéria seca de raiz/matéria seca de parte aérea, germinação, número de par de folhas da haste, número de ramos laterais, número de par de folhas dos ramos laterais, índice de cor verde, área foliar,

qualidade do torrão e análises químicas da parte aérea e raiz. Os resultados mostraram que as mudas desenvolvidas no substrato 100% composto apresentaram um desenvolvimento satisfatório quando comparados com a testemunha, mas o tratamento 100% casca de arroz carbonizada não foi eficiente. A testemunha promoveu maiores valores em altura e diâmetro, massa seca da parte aérea, índice de cor verde, área foliar, ramos laterais e número de par de folhas nos ramos laterais, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A perda de água por transpiração das folhas nos tratamentos com composto não apresentou diferença significativa se comparada à testemunha. Para todos os tratamentos os acúmulos de N, K, Ca, Mg, S e Mn foram maiores na parte aérea, e os acúmulos de P, B, Cu, Fe e Zn foram maiores na raiz. A presença do lodo de esgoto no composto foi considerada como um dos fatores responsáveis pelo aumento do potencial de supressividade de patógenos durante a produção das mudas em viveiro. Conclui-se que o composto de lodo de esgoto pode ser utilizado na produção de mudas, porém, há necessidade de estudos mais profundos que definam para esses substratos o manejo hídrico e a adubação adequada visando a obtenção de mudas de melhor qualidade que atendam às exigências do mercado.

Palavras chave: viveiro; biossólidos; híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophlylla*; crescimento; nutrição mineral.

USE OF ORGANIC COMPOST OF SEWAGE SLUDGE AS SUBSTRATE FOR EUCALYPTUS SEEDLINGS PRODUCTION. Botucatu, 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JULIANE FUMES BAZZO

Advisor: IRAÊ AMARAL GUERRINI

Co-advisor: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

2. SUMMARY

This study aimed to evaluate the effects of different substrates, consisting of different proportions of sewage sludge and carbonized rice, in the seedlings development of *E. grandis* x *E. urophylla*, when compared to a standard substrate Mecplant utilized in nurseries. The following compost: carbonized rice rates were determined: 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, 0:100. The experiment was carried out in the seedling nursery of the Department of Natural Resources – Forest Sciences, FCA-UNESP/Botucatu. The experiment had entirely random design with 8 treatments and 4 replications, 24 seedlings per replication, totalizing 768 seedlings. The following physical properties were analyzed: macro porosity, micro porosity, total porosity, water retention capacity and apparent density. The evaluated chemical properties of the substrates were: determination of total macro and micronutrient content of substrate, leaves and roots; pH, C/N relationship and electrical conductivity. The following parameters related to seedling growth were assessed: plant height (H), stem diameter (D), H/D relation, aerial part height/root length relation, evapotranspiration, aerial part and root dry matter production, root dry matter/aerial part dry matter relation, germination, number of stem leaf pairs, number of lateral stems, number of lateral stem leaf pairs, green color index, leaf area, turf root quality, and root and aerial part chemical analyses. The results showed that the seedlings developed in substrate of 100% rice were not efficient. The control seedlings was statistically different from the other treatments and provided higher values for height and diameter, aerial part dry mass, green color index, leaf area, lateral stems and number of lateral stem leaf pairs. Water loss by leaf

evapotranspiration in the treatments with the compost did not differ significantly from the control. For all treatments, there was a higher accumulation of N, K, Ca, Mg, S and Mn in the aerial part, and higher accumulation of P, B, Cu, Fe and Zn in the root. The presence of sewage sludge in the compost was one of the responsible factors of the increase of pathogen suppressive potential during seedlings production in nursery. It was concluded that sewage sludge can be utilized in seedlings production but it is necessary to do further research in order to determine the water management and appropriate fertilization for these substrates to obtain better quality of seedlings to meet market demands.

Keywords: nursery, biosolids, *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* hybrid, growth, mineral nutrition.

3. INTRODUÇÃO

A disposição dos resíduos sólidos domésticos, industriais e agrícolas tornou-se uma grande preocupação ambiental, pois a quantidade gerada destes resíduos tem crescido exageradamente nas áreas urbanas como consequência do acentuado crescimento demográfico.

O descarte de resíduos em aterro não é viável ambientalmente considerando os impactos gerados sobre o solo, o ar, a água, a fauna e a flora, além da falta de áreas para implantação de aterros, que é um dos desafios para os municípios, pois as restrições legais para a implantação de um aterro são muitas em função dos incômodos gerados às comunidades do entorno e do impacto visual sobre a paisagem.

No Brasil o uso de resíduos orgânicos em reflorestamentos de eucalipto já vem sendo utilizado por empresas do ramo florestal, principalmente com o objetivo de minimizar o manejo intensivo de florestas plantadas, obtendo melhoria na produtividade e na diminuição de uso de fertilizantes.

Resíduos como o lodo de esgoto, galhadas de poda de árvore, dentre outros, geralmente são depositados em aterros sanitários, minimizando a vida útil destas áreas que são prioritárias para a deposição de resíduos domiciliares, que infelizmente ainda são gerados em maior quantidade.

A compostagem é uma das alternativas de reciclagem de resíduos orgânicos. O lodo de esgoto, resíduo gerado pelas estações de tratamento de esgoto, é um problema para as empresas de saneamento, públicas e privadas. O composto produzido pode

ser utilizado como adubo na produção de mudas, tanto de espécies nativas como exóticas, como o eucalipto, e também na recuperação de áreas degradadas. Esta é uma forma de reduzir o uso de fertilizantes químicos e dar um fim mais nobre para os resíduos.

A reciclagem agrícola de lodo de esgoto é muitas vezes apresentada como uma forma sustentável de gestão do resíduo, sendo imprescindível a avaliação criteriosa dos riscos ambientais desta alternativa de disposição.

A reutilização do lodo de esgoto é vantajosa para o meio ambiente trazendo benefícios sócio-econômicos e ambientais. No ambiente ocorre a redução de áreas de aterro e preservação dos recursos naturais, como dos recursos hídricos que são fontes de abastecimento humano e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Economicamente, considera-se a redução de gastos com fertilizantes minerais, utilizando-se um composto orgânico de menor custo. Além de todas as vantagens citadas, o lodo de esgoto tem apresentado a característica de supressividade de patógenos, essencial para a produção de mudas de qualidade.

As desvantagens da utilização do lodo de esgoto, como a presença de metais pesados e patógenos, são fatores que devem ser controlados durante o processo de compostagem e monitorados por análises periódicas para se obter um produto de qualidade sem riscos para o uso, e utilizá-lo de acordo com as normas vigentes. Desta forma, os possíveis impactos podem ser previstos e minimizados.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes proporções de composto de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada, como substrato no desenvolvimento de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, comparando-se com um substrato comercial.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Compostagem

Gomes *et al.* (1996) define composto orgânico como o material resultante da decomposição de restos vegetais ou animais que são misturados para acelerar sua decomposição, utilizando-se de processos químicos ou não. Segundo esse autor, o composto estimula a proliferação de microorganismos úteis, melhora as qualidades físicas do solo, agregando os solos arenosos, aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, contribuindo para redução do alumínio trocável do solo, facilita o arejamento e reduz o efeito da erosão pela chuva, facilita a drenagem, aumentando a capacidade de absorção e fornecendo substâncias que estimulam o crescimento das plantas, atuando no aumento do pH e nos teores de cátions trocáveis. Todas estas alterações dependem da quantidade, qualidade e das características do substrato que o compõem.

O composto é o produto obtido do processo de compostagem, definida como um processo biológico de transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhes deu origem. Como resultado da compostagem são gerados dois importantes componentes: sais minerais, nutrientes para as raízes das plantas, e húmus, como condicionador, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985).

O processo de elevação da temperatura durante a compostagem promove a desinfecção do lodo de esgoto, podendo se obter como produto final um composto

com alto valor comercial. A transformação da matéria orgânica é realizada por microrganismos, sendo que alguns fatores como relação C/N, umidade, temperatura e aeração, os quais interagem entre si e favorecem o desenvolvimento da população microbiana que atua na humificação da matéria orgânica, reduzindo o tempo de compostagem. (KIEHL, 1998).

No Brasil, o uso de resíduos orgânicos em reflorestamentos de eucalipto já vem sendo utilizado por empresas do ramo florestal, principalmente com o objetivo de minimizar o manejo intensivo de florestas plantadas, obtendo melhoria na produtividade e na diminuição do uso de fertilizantes. A não utilização na alimentação humana ou animal possibilita uma maior segurança quanto a eventuais contaminações (POGGIANI *et al.* 2000).

Durante o processo de compostagem há necessidade de se manter a porosidade adequada à passagem livre do ar para oxigenação da leira, pois a umidade fica restringida ao valor máximo, situado em torno de 60%. A compostagem de vegetais secos, como as podas de árvore e bagaço-de-cana, exige índices de umidade maiores para facilitar a biodegradação, onde pode ser aplicado o lodo de esgoto que apresenta umidade em torno de 80%, aumentando assim a degradabilidade dos resíduos (PEREIRA NETO, 1996).

Carrijo *et al.* (2002) constatou que o pó de coco é um material com longa durabilidade e que não reage com os demais nutrientes essenciais para as plantas, sem alteração em suas características físicas, sendo importante sua utilização com outros adubos. Neste trabalho a casca de arroz carbonizada possui características muito semelhantes ao pó de coco e foi misturado a um composto orgânico conferindo melhores características físicas, químicas e biológicas.

4.2. Substrato

O substrato é um meio em que as raízes proliferam para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também as necessárias quantidades de água, de oxigênio e de nutrientes. Todos os elementos essenciais absorvidos são derivados dos componentes minerais e orgânicos do substrato. A matéria orgânica é um dos componentes fundamentais para aumentar a capacidade dos substratos em reter água e nutrientes para as mudas. Para o desenvolvimento vegetal, o substrato deve ter características como: redução na densidade e aumento da porosidade do meio (FONSECA, 2005).

Aguiar *et al.* (1989) apresentaram resultados negativos quanto ao uso do bagaço de cana na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, o qual não proporcionou a agregação do sistema radicular; porém, em combinação com turfa, resultou em um substrato eficiente. A mistura desses resíduos com um condicionador de solo, como o lodo de esgoto que possui umidade em torno de 80%, pode proporcionar maior capacidade de retenção de água e maior densidade para o substrato (PEREIRA NETO, 1996).

Andreoli e Carneiro (2002) avaliaram a produção de compostos a partir da mistura de lodo de esgoto, lodo de fossa séptica e podas verdes em diferentes concentrações e concluíram que o composto produzido é sanitariamente seguro para utilização agrícola, sendo uma alternativa promissora à reciclagem de resíduos urbanos como o lodo de esgoto e material de poda de árvores.

Hartman *et al.* (1997) afirmaram que para se obter uma boa germinação de sementes, o substrato deve ter algumas características como: firmeza, boa decomposição, fácil irrigação, boa capacidade de retenção de água, boa porosidade, sem patógenos, baixa salinidade, fácil esterilização e alta capacidade de troca de cátions.

Moraes Neto *et al.* (2001) estudaram o efeito de diferentes substratos no crescimento de mudas de espécies nativas pioneiras como *Croton urucurana* (sangra-d'água) e *Guazuma ulmifolia* (mutambo), de espécies secundárias como *Peltophorum dubium* (canafístula) e *Lonchocarpus muehlbergianus* (feijão cru) e de espécies clímax como *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo) e *Genipa americana* (jenipapo). Verificaram que os substratos contendo 60 a 80% de húmus de minhoca, ou composto orgânico de gado + 20 a 40% de casca de arroz carbonizada, apresentaram excelentes características físicas, o que resultou na produção de mudas de excelente qualidade, com bom sistema radicular, formando torrões firmes, onde o substrato estava bem aderido às raízes. Também observaram para algumas espécies de rápido crescimento que a ausência de casca de arroz carbonizada misturada ao componente orgânico afetou negativamente o crescimento das mudas, fato atribuído à menor capacidade de drenagem e aeração do substrato.

Trigueiro (2002) testou o uso de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto e concluiu que as relações 50/50 e 40/60 (lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada) proporcionaram desenvolvimento satisfatório, principalmente para as mudas de eucalipto. Para as duas espécies, as dosagens de lodo de

esgoto superior a 70% no substrato foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas. Nesse mesmo trabalho, Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram que a proporção 1:1 apresentou viabilidade econômica.

Padovani (2006) estudou as características físicas e químicas de substratos nas proporções 100/00, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 (composto orgânico de lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada) e seus efeitos na produção de mudas nativas como o ingá, mirindiba-rosa e coração de negro. As proporções 90/10 e 80/20 apresentaram bons resultados quando comparados às testemunhas (Plantmax[®] e esterco bovino). Com relação a caracterização nutricional das mudas de ingá, observou-se que os tratamentos contendo doses de lodo de 70 a 100% apresentaram maior acúmulo de nutrientes nas folhas.

Segundo Sarzi (2006), dentre as características físicas de um substrato, a capacidade de aeração é muito importante porque define a porcentagem de seu volume que permanece com ar, após este ter sido saturado com água e deixado drenar. Segundo esse autor, ela está relacionada com a coluna de água (altura do recipiente ou tensão), pois quanto maior este valor, maior a capacidade de aeração e a quantidade de ar disponível para as raízes.

De acordo com Sarzi (2006) e Corá e Fernandes (2008), a partir da curva de tensão de água pode-se obter os seguintes dados:

- Espaço poroso total: corresponde à umidade volumétrica das amostras quando submetidas a uma tensão de 0 cm;
- Conteúdo de ar: corresponde à porcentagem de ar, em volume, após a drenagem do excesso de água do substrato. Corresponde a diferença entre os pontos de tensão 0 e 10 cm;
- Água facilmente disponível: é a quantidade de água retida entre 10 e 50 cm de tensão;
- Água tamponante (água reserva): é a quantidade de água retida entre 50 e 100 cm de tensão.

Segundo Gonçalves *et al.*(1996), os processos que regulam as trocas gasosas entre a atmosfera e o solo, bem como de transferência de água e nutrientes do solo às raízes, dependem do desenvolvimento da estrutura do solo que é definida pela porosidade e capacidade de drenagem. As mesmas características devem ser observadas em substratos. Quando a quantidade de microporos é muito baixa, a transferência de água e nutrientes para as

raízes fica mais difícil, prejudicando o desenvolvimento radicular das plantas, inibindo a taxa de alongação da raiz principal, aumentando a formação de raízes laterais (secundárias e terciárias) mais finas, tornando o sistema radicular restrito e suscetível ao estresse hídrico.

A Tabela 1 apresenta a classificação da textura e tamanho das partículas, volume de água, drenagem e aeração de substratos orgânicos conforme Martínez (2002).

Tabela 1. Classe de textura de substratos orgânicos.

Textura	Tam.partícula (mm)	Volume de água	Drenagem	Aeração
Muito grossa	>2,0	A.F.D. mpT.	Muito rápida	Muito boa
Grossa	2 – 1	A.D. pT.	Rápida	Boa
Média	1 - 0,25	A.F.D.	Intermediária	Adequada
Fina	0,25 - 0,125	A.D.D.	Lenta	Ruim
Muito Fina	<0,125	A.R.	Muito Lenta	Insuficiente

A.F.D. – Água Facilmente Disponível; mpT– por muito pouco Tempo ; pT – por pouco tempo; A.D.D. – Água Dificilmente Disponível; A.R. – Água de Reserva.

Fonte: Martínez (2002).

4.3. Qualidade de mudas

A demanda de nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte os nutrientes absorvidos em biomassa. Para um mesmo material genético, numa determinada região, há uma relação relativamente estreita entre a taxa de crescimento e acúmulo de nutrientes na biomassa (GONÇALVES *et al.*, 2000). Entretanto, diferenças na eficiência nutricional entre procedências e híbridos de eucalipto têm sido constatadas, podendo representar um fator importante na economia ou no emprego mais racional de fertilizantes (MOLICA, 1992).

Segundo Gomes *et al.* (1996), características como a altura média (entre 15 e 30 cm), diâmetro do colo (2 mm), sistema radicular (desenvolvimento, formação e agregação), rigidez da haste (amadurecimento das plantas), número de pares de folhas (mínimo de três), aspecto nutricional (sintomas de deficiência) e resistência a pragas e doenças (sanidade) são os parâmetros de uma muda de qualidade considerados pelas empresas do ramo florestal.

Del Quiqui *et al.* (2004) verificaram que na primeira fase de desenvolvimento das mudas no viveiro, desde a germinação das sementes até os 30-35 dias, o crescimento é lento porque parte da energia da planta vai para o desenvolvimento foliar e formação de raízes, considerando o nitrogênio e o fósforo como os elementos mais importantes para estas funções. A partir dos 40 dias após a germinação, a demanda por nutrientes é mais intensa, em função do rápido crescimento das mudas.

A presença de raízes finas e novas são indicativos de que em campo a planta terá um bom crescimento radicular, ajudando a planta a adaptar-se ao ambiente (GONÇALVES, *et al.*, 2000).

A má formação do sistema radicular impede a absorção de água e nutrientes em quantidades suficientes para atender às necessidades da planta, resultando em um quadro sintomatológico típico de deficiência hídrica e/ou nutricional, em consequência do desequilíbrio entre raiz e parte aérea. O tipo e o número de estrias de direcionamento nos tubetes, bem como a idade das mudas, afetam a arquitetura do sistema radicular e, conseqüentemente, o sucesso do plantio definitivo no campo (MAFIA *et al.*, 2004).

O sistema radicular bem desenvolvido e agregado, haste rígida, com no mínimo três pares de folhas, ramificações, sem sintomas de deficiência e boa sanidade (GOMES *et al.*, 1996; LOPES, 2004) são fortemente influenciadas pelas técnicas de produção, notadamente pela densidade, podas, espécies de fungos e grau de colonização de micorriza, fertilidade do substrato e volume disponível para cada planta (CARNEIRO, 1995).

Em relação à densidade, por volta do ano 2000, algumas empresas adotaram espaçamentos maiores entre mudas por criarem condições mais propícias ao desenvolvimento (maior área disponível para fotossíntese) e também devido aos aspectos fitossanitários (maiores densidades favorecem a proliferação de doenças fúngicas), motivando que as pesquisas fossem conduzidas considerando essas novas densidades (LOPES, 2004).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização do experimento

Neste trabalho, utilizou-se o composto de lodo de esgoto produzido por uma empresa privada, a Companhia Saneamento de Jundiaí (CSJ). A estação de tratamento foi inaugurada em 1998, mas vem realizando a reciclagem agrícola do seu lodo desde 2001, deixando de acumular o lodo, o qual é compostado com outros resíduos orgânicos: o bagaço de cana e poda de árvores do município de Jundiaí-SP. Deste processo resultou um composto orgânico que foi misturado em diferentes proporções com casca de arroz carbonizada e testado como substrato na produção de mudas do híbrido *E. grandis x E. urophylla*.

A CSJ trata 100% do esgoto coletado do município. O material é produzido pela digestão aeróbia e utiliza como referência para qualidade do lodo os parâmetros determinados segundo Brasil (2006b), o Decreto Federal 4.954 de 2004 que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e a Resolução Conama nº375/2006 que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

O experimento foi instalado no viveiro de produção de mudas do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Florestais, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas FCA / Unesp, no município de Botucatu,

São Paulo. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas “Prof. Dr.^a Leônia Aparecida de Lima”, do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Campus de Botucatu.

O clima de Botucatu é classificado como Cwa, segundo a classificação internacional de Koppen (CUNHA *et al.*, 1999), o que significa clima temperado quente, com chuvas no verão e seca no inverno, temperatura média do mês mais frio inferior a 17 °C e do mês mais quente superior a 22 °C, com precipitação pluviométrica média anual de 1533,2 mm.

5.2. Espécie utilizada e produção de mudas

Foram utilizadas sementes peletizadas do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Europhylla*, que apresenta alta produtividade, resistência à ferrugem (*Puccinia psidii* Winter) e tolerância ao déficit hídrico (LEITE, 2008). As sementes foram doadas pelo Instituto de Pesquisas Florestas – IPEF, de Piracicaba-SP, de procedência de Itirapina-SP. O melhoramento genético foi através de Pomar de Sementes por Mudas – PSM (F2), safra de 2005, talhão: 04928, lote: IP0006P11.

As misturas para composição dos tratamentos foram realizadas com a utilização de um becker graduado de 1 litro para medir os volumes dos componentes a serem misturados.

Os substratos foram homogeneizados em betoneira e umedecidos para facilitar o enchimento dos tubetes. O mesmo foi feito para a testemunha (substrato comercial Mecplant[®]).

Foram utilizados tubetes cilindro-cônicos de polipropileno com dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,5 cm de diâmetro de abertura superior, 0,8 cm de diâmetro de abertura inferior, e com volume de 50 cm³. As bandejas utilizadas, também de polipropileno, tem capacidade para 176 tubetes.

Os tubetes foram preenchidos conforme a técnica utilizada pelo viveiro da FCA, onde são organizados em bandejas, preenchidos com o substrato previamente umedecido, compactado para acomodação e, se necessário, preenchido até completar o volume. Antes da semeadura o substrato foi umedecido até sua capacidade de campo.

Foram colocadas 2 sementes em cada recipiente e cobertas com uma fina camada de substrato peneirado. A semeadura foi realizada em 20/08/08 em estufa

climatizada com 80% de umidade mantida por sistema de microaspersão, por um período de 30 dias.

Após 20 dias da semeadura, quando as bandejas apresentaram visualmente mais de 50% de emergência das plântulas, foi realizada uma contagem do índice de germinação das sementes, considerando 176 mudas/tratamento. Durante a germinação observou-se uma diferença no tempo de germinação dentro dos tratamentos. A testemunha, apesar de apresentar as maiores plântulas, apresentava maior desuniformidade. No tratamento 100% composto a germinação foi mais lenta, porém, mais uniforme do que a testemunha, e o tratamento 100% casca de arroz carbonizada apresentou a germinação mais lenta em relação a todos os tratamentos.

O desbaste foi realizado no momento em que as mudas atingiram a altura de 3 cm (20 dias após semeadura), deixando apenas a mais robusta e localizada mais ao centro do tubete.

Com 30 dias, as mudas foram transferidas para casa de sombra com capacidade de 50% de retenção de luz e com irrigação por microaspersão, por um período de 10 dias, preparando as mudas para a fase de rustificação.

Com 40 dias, as mudas foram transferidas para área a pleno sol e foi realizada a separação das mudas nas bandejas conforme o delineamento experimental pré-determinado. Dessa forma, o espaçamento entre mudas foi aumentado visando a produção de mudas mais robustas.

Com 90 dias as mudas estavam muito pequenas e, com a incidência de vento, apresentavam-se tortuosas e com folhas com coloração avermelhada. Em função disso, foram cobertas com sombrite (50% de sombreamento) nas horas mais quentes do dia até adquirirem maior resistência.

Com 150 dias (20/01/09), quando todos os tratamentos tinham alcançado a altura mínima de 25 cm, foram realizadas as análises destrutivas.

5.3. Caracterização do composto orgânico

O lodo de esgoto após o tratamento aeróbio, com 18% de sólidos, foi misturado com resíduos de podas urbanas picados e bagaço de cana provenientes da região de Jundiaí, na proporção de 1:1. A mistura de resíduos foi disposta em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos materiais (Sistema “Windrow”) e pela convecção do ar na massa do composto.

O tempo para preparo do composto (compostagem) foi de aproximadamente 50 dias com uma umidade em torno de 55% e relação C/N menor ou igual a 18. Nos primeiros 25 dias, as pilhas foram revolvidas em dias alternados e, posteriormente, permaneceram empilhadas por no mínimo 30 dias sob temperaturas acima de 55°C.

O revolvimento do composto foi realizado mecanicamente com máquina tipo compostadeira. O composto é destinado, atualmente, para o plantio de cana de açúcar, citros, café, e parte como substrato para mudas. A quantidade produzida é de aproximadamente 100 t mês⁻¹.

A Tabela 2 apresenta os resultados analíticos do composto de lodo de esgoto analisado no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da FCA/UNESP-Botucatu. A Tabela 3 apresenta as análises de metais pesados da amostra coletada em 28/07/2009 e analisadas pelo Centro P&D de Solos e Recursos Ambientais /Qualidade do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas.

5.4 Tratamentos (substratos)

Os tratamentos (Tabela 4) foram constituídos de proporções de composto orgânico (COM) e casca de arroz carbonizada (CAC), adquirida na Fazenda Experimental de São Manuel, da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu-SP, selecionada para compor o substrato devido à sua característica de melhoria na drenagem do composto.

A testemunha (T8) constituiu-se do substrato comercial Mecplant[®], utilizado pelas empresas florestais na produção de mudas de eucalipto.

Tabela 2. Composição do composto orgânico utilizado no experimento.

Parâmetro	Concentração (base seca)
pH	5,04
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	2,66
Matéria orgânica (g Kg ⁻¹)	54,67
Nitrogênio Total (g Kg ⁻¹ de N)	13,4
Ferro (mg Kg ⁻¹ de Fe)	8017
Cálcio (g Kg ⁻¹ de Ca)	1,56
Enxofre (g Kg ⁻¹ de S)	4,46
Fósforo (g Kg ⁻¹ de P)	0,85
Magnésio (g Kg ⁻¹ de Mg)	0,28
Potássio (mg Kg ⁻¹ de K)	1,14
Sódio (mg Kg ⁻¹ de Na)	506
Relação C/N	12

Tabela 3. Concentração de metais pesados no composto orgânico utilizado no experimento.

Parâmetro	Concentração (base seca)
Arsênio (mg Kg ⁻¹ de Ar)	<1,0 ⁽¹⁾
Bário (mg Kg ⁻¹ de Ba)	150
Cádmio (mg Kg ⁻¹ de Cd)	3,2
Chumbo (mg Kg ⁻¹ de Pb)	68,6
Cromo total (mg Kg ⁻¹ de Cr)	138
Mercúrio (mg Kg ⁻¹ de Hg)	<1,0 ⁽¹⁾
Molibdênio (mg Kg ⁻¹ de Mo)	9,0
Níquel (mg Kg ⁻¹ de Ni)	19,1
Selênio (mg Kg ⁻¹ de Se)	<1,0 ⁽¹⁾
Manganês (mg Kg ⁻¹ de Mn)	263
Cobre (mg Kg ⁻¹ de Cu)	12
Zinco (mg Kg ⁻¹ de Zn)	694

⁽¹⁾ Não detectado, concentrações menores do que 1,0 mg kg⁻¹.

Tabela 4. Caracterização dos substratos utilizados no experimento.

Tratamento	Composição (composto : casca de arroz)
1	100:0
2	80:20
3	60:40
4	50:50
5	40:60
6	20:80
7	0:100
8	Testemunha (Mecplant [®])

5.4.1. Caracterização física dos substratos

A caracterização física dos substratos foi realizada no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, pertencente à FCA/UNESP. Foram analisadas 5 repetições/tratamento pelo método de pesagem dos anéis.

Foram determinadas as seguintes características físicas: granulometria, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água, de acordo com Martínez (2002), densidade aparente, relação entre sólido – ar – água e Curva de Retenção de Água, cujas metodologias são descritas pelo MAPA 17/07, 31/08 e 46/06, em Brasil (2006a) e De Boodt e Verdonck (1972).

A Instrução Normativa nº46 do MAPA especifica realizar a curva de retenção de água somente para 10 cm de coluna d'água. Entretanto, segundo Corá e Fernandes (2008), o ideal é realizar medições em 10, 50 e 100 cm, metodologia utilizada neste experimento.

Para determinação dos parâmetros físicos, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Sólidos (\%)} = 100 - A$$

$$\text{Espaço de aeração (\%)} = [(B - G) - (C - G)] / H * 100$$

$$\text{Água disponível (\%)} = [(C - G) - (D - G)] / H * 100$$

$$\text{Água tamponante (\%)} = [(D - G) - (E - G)] / H * 100$$

$$\text{Água remanescente (\%)} = [(E - G) - (F - G)] / H * 100$$

$$\text{Porosidade Total (\%)} = [(B - G) - (F - G)] / H * 100$$

$$\text{Macroporosidade} = \text{Espaço de aeração}$$

$$\text{Microporosidade} = \text{Água disponível} + \text{água tamponante} + \text{água remanescente}$$

Onde:

A= Porosidade Total

B= Peso do substrato saturado

C= Peso do substrato na tensão da coluna de água a 10 cm

D= Peso do substrato na tensão da coluna de água a 50 cm

E= Peso do substrato na tensão da coluna de água a 100 cm

F= Peso do substrato seco

G= Peso do anel

H=Volume do anel (90,478 cm³)

5.4.2. Caracterização química dos substratos

Para avaliação das propriedades químicas dos substratos foram analisadas as seguintes características: teores totais de macro e micronutrientes, pH e relação C/N, segundo metodologia descrita pela Instrução Normativa 46/06 em Brasil (2006a). Foram realizadas 3 repetições/tratamento.

5.4.3. Medição da condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) dos substratos foi analisada no início do experimento, antes da semeadura, e ao término do experimento, quando as partes aérea e radicular foram retiradas para análise química aos 150 dias após a germinação. As amostras foram compostas por 15 repetições/tratamento.

O preparo das amostras de solução e agitação das mesmas seguiu o procedimento proposto pela Instrução Normativa 46/06 em Brasil (2006a), 1:5, agitando as amostras por uma hora e realizando a leitura com auxílio do condutivímetro DIGIMED modelo DM3 após a filtragem.

5.5. Cálculo das lâminas de água e forma de aplicação

No viveiro, foi instalado um pluviômetro na bandeja de muda e com a irrigação manual feita por um regador, obteve-se uma lâmina de água de 1mm/m². Foi calculada a capacidade de campo (água disponível + água tamponante) de cada substrato com base na análise física.

A cada 0,24m² (área da bandeja com 176 tubetes), era necessária uma lâmina de água de 2,38 mm calculada com base na capacidade de campo, no caso do tratamento 1 (exemplo). Para 1 m² (lâmina de 1mm), foi obtida a lâmina de água diária necessária para cada tratamento (Tabela 5).

No mês de outubro, quando as mudas saíram da casa de sombra com cerca de 40 dias e foram cobertas com sombrite, aplicou-se a lâmina de água uma única vez ao dia, às 10:00h. Na segunda semana, percebendo que ao final do dia as mudas atingiam ponto de murchamento, a lâmina foi parcelada em duas vezes, sendo uma às 10:00h e outra às 16:00h. Nos meses de novembro e dezembro, período mais quente, onde ocorre um aumento da transpiração, o parcelamento ainda não era suficiente, pois no horário das 13:00h a testemunha foi o primeiro tratamento a apresentar ponto de murcha. Então, a lâmina foi alterada para três aplicações diárias, às 10:00h, 13:30h e 17:00h, mantendo este procedimento até os 150 dias da produção das mudas.

As lâminas obtidas são apresentadas na Tabela 6 variando de 8 a 12mm. Lopes *et al.* (2005) obteve maior acúmulo de nutrientes no sistema radicular e na parte aérea de *E. grandis*, utilizando lâminas de irrigação diária entre 10 e 14 mm.

Tabela 5. Lâmina de água (mm) aplicada nos diferentes tratamentos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

COM:CAC	Lâmina de água/dia
100:0	10
80:20	11
60:40	12
50:50	11
40:60	11
20:80	10
0:100	8
Mecplant®	8

5.6 Adubação das mudas

A adubação de base foi realizada em todos os tratamentos com aplicação do adubo Osmocote, na formulação 19-6-10. A proporção utilizada foi de 20g/litro de substrato e teve como objetivo suprir a necessidade das plantas no início da produção. O osmocote é um fertilizante de liberação lenta ou controlada de nutrientes (SGARBI *et al.*, 1999), constituindo-se de nitrogênio, fósforo e potássio, e apresenta taxa de liberação de nutrientes de 3 meses.

Com 40 dias, quando as mudas foram transferidas para pleno sol, ainda apresentavam-se muito frágeis e com coloração vermelha, apresentando deficiência

nutricional. Então, foi aplicada a adubação utilizada pelo viveiro, sendo 4 adubações via fertirrigação por 3 dias, composto pelas seguintes concentrações: 0,8 g L⁻¹ K; 0,4 g L⁻¹ N; 0,3g L⁻¹ P e 0,2 g L⁻¹ S, realizada pelo viveiro da FCA/UNESP (Tabela 6).

Com 90 dias as mudas apresentaram deficiência de potássio, cálcio e nitrogênio. Então foi realizada uma única aplicação, que resultou na mudança de coloração das folhas de vermelha para verde no período de quatro dias. A adubação foi composta por: 1,0 g L⁻¹ K; 1,3 g L⁻¹ N; 0,4 g L⁻¹ P; 0,3 g L⁻¹ S e 0,9 g L⁻¹ Ca (HIGASHI *et al.*, 2002).

Com 130 dias foi realizada a adubação de rustificação na testemunha, que foi o único tratamento que apresentou 50% das mudas com altura igual ou superior a 25 cm. Uma semana após essa adubação, os demais tratamentos também apresentaram avermelhamento das folhas simultaneamente, sendo, então, realizada 4 adubações de rustificação em todos os tratamentos, por 3 dias. A adubação de rustificação foi a mesma utilizada pelo viveiro da FCA/UNESP, com aplicação de 4,5 g L⁻¹ K e 1,2 g L⁻¹ N.

A adubação foi realizada na mesma concentração para todos os tratamentos.

Tabela 6. Soluções nutritivas (mg L⁻¹) utilizadas na fertirrigação para produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Nutrientes	40 dias	90 dias	130 dias
N	435	1287	1200
P	324	420	--
K	810	1080	4500
S	192	288	--
Ca	--	900	--

5.7. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com oito tratamentos e 4 repetições, com 24 mudas por repetição, totalizando 768 mudas. A altura foi mensurada em cinco épocas e o diâmetro em quatro épocas. Estes delineamentos foram ajustados pela PROC MIXED do programa SAS for Windows, versão 9.1.3, a qual considera uma correlação entre as épocas utilizando uma matriz de correlação não estruturada. Para este caso, a estimativa dos parâmetros da parte fixa do modelo foi feita através das equações de estimativas generalizadas (GEE). Para comparações múltiplas das alturas e

diâmetros foram feitos testes através da opção DIFF da PROC MIXED ajustados para Tukey, adotando um nível de significância de 5% de probabilidade ou p-valor correspondente. Para descrições dos dados ao longo do tempo referentes à altura e ao diâmetro, foram feitas análises de perfil.

Para dados referentes à análise física, química, relação H/D, relação altura da parte aérea/comprimento radicular, índice de cor verde, condutividade elétrica, área foliar, massa seca da parte aérea e radicular, número de ramos laterais, número de par de folhas nos ramos principais e laterais, foram feitos testes de normalidade e, posteriormente, Análises de Variância (ANOVA) pela PROC GLM do programa SAS for Windows, versão 9.1.3. Para comparações múltiplas entre os tratamentos, os testes foram feitos pela opção PDIFF ADJUST ajustados para Tukey, adotando um nível de significância de 5% de probabilidade ou p-valor correspondente.

5.8. Parâmetros avaliados

Quando as mudas atingiram uma altura entre 25 e 30 cm, 150 dias após a semeadura, foram realizadas as coletas do material vegetal para análises quantitativas de crescimento das mudas: matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz, relação parte aérea/raiz, índice de cor verde, área foliar, número de par de folhas, número de ramos laterais, número de par de folhas dos ramos, diâmetro, altura, relação H/D, a relação altura da parte aérea (cm)/comprimento radicular (considerado o comprimento do tubete=12,5cm), análise química do tecido vegetal, caracterização dos torrões e a condutividade elétrica dos substratos.

5.8.1. Análise quantitativa de crescimento

A altura das mudas foi medida quinzenalmente (90, 105, 120, 135 e 150 dias) considerando-se a distância entre o colo e o ápice das plantas, com auxílio de régua graduada. O diâmetro do colo foi medido na altura da abertura do tubete, utilizando-se paquímetro digital STARRET^R quinzenalmente (105, 120, 135 e 150 dias). Foi calculada a relação H/D (relação altura/diâmetro) e o equilíbrio da planta que é a relação altura da parte aérea (cm)/comprimento radicular (considerado o comprimento do tubete=12,5cm).

5.8.2. Transpiração

A transpiração foi medida pelo método de pesagens. Aleatoriamente foram selecionadas 4 mudas de cada repetição, obtendo-se um total de 16 amostras por tratamento e um total de 128 mudas. Na ausência de sol, as mudas foram saturadas em água e, após 15 minutos de repouso para perda do excesso de água, os tubetes foram acondicionados em sacos plásticos e fechados na altura do colo da muda com elástico, impedindo a perda de água pelo substrato.

No dia seguinte, às 8:00h, iniciou-se a leitura da pesagem das mudas a cada 2 horas, obtendo-se 5 medições até às 17:00h, para acompanhamento da perda de água por transpiração pelo período de 8 horas.

Ao final do dia foram coletadas todas as folhas das 128 mudas e, com o material ainda fresco, foi mensurada a área foliar com uso do aparelho Área Meter Li-Cor, modelo LI-3100.

Foram coletadas todas as folhas das 128 mudas e, com o material ainda fresco, foi medida a área foliar com uso do aparelho Area Meter Li-Cor, modelo LI-3100.

No Departamento de Recursos Naturais – Ciências Ambientais da FCA/UNESP-Botucatu, foram medidos os dados meteorológicos do dia da medição da transpiração.

A transpiração foi obtida considerando a perda de água em microgramas pela área foliar da muda em m^2 por segundo.

5.8.3. Número de par de folhas e ramos laterais

O número de par de folhas foi determinado na haste principal, através de simples contagem, desconsiderando as folhas em senescência e posteriormente, foram contados o número de ramos laterais e o número de par de folhas presentes nos ramos. A contagem foi realizada aos 150 dias. Foram amostradas 24 mudas/repetição, totalizando 96 mudas/tratamento

5.8.4. Índice de Cor Verde (ICV)

Quando as mudas completaram 150 dias foi realizada a medição do Índice de Cor Verde (ICV), utilizando-se o equipamento clorofilômetro modelo SPAD-502 da empresa Minolta Co. A leitura foi realizada no par de folhas situado na região mediana de cada muda, sendo uma leitura por muda, obtendo-se o total de 24 leituras por repetição e um total de 96 medições por tratamento. Utilizando-se os valores médios obtidos das repetições, foi realizada a correlação do índice de clorofila com o teor de N foliar obtido pela análise foliar.

5.8.5. Matéria seca da parte aérea e raiz

As folhas, caules e raízes foram coletados, separados, identificados, lavados e colocados para secar em estufa com circulação forçada a uma temperatura de 60°C, até a obtenção do peso constante. A amostragem foi realizada aos 150 dias. Foram amostradas 15 mudas/repetição, totalizando uma amostra de 60 mudas/tratamento.

5.8.6. Relação entre raiz/parte aérea

A relação entre raiz e a parte aérea das mudas foi determinada pelo quociente entre os valores obtidos de matéria seca das raízes e da parte aérea.

5.8.7. Avaliação da qualidade do torrão

Foram atribuídas notas de 1 a 3 para a qualidade dos torrões, classificadas em: ruim (nota 1), bom (nota 2) e ótimo (nota 3). A classificação foi dada em função da resistência do torrão. O segundo parâmetro foi a característica relacionada à qualidade do enraizamento da muda no substrato, quando as mudas apresentavam raízes com coloração branca e pêlos absorventes. Foram avaliadas 15 repetições (mudas) /tratamento aos 150 dias.

5.8.8. Análise química da parte aérea e raiz

Quando as mudas tinham 90 dias no viveiro, foi realizada uma análise foliar para diagnóstico da concentração de macro e micronutrientes porque visualmente apresentavam avermelhamento das folhas. Foram amostradas 24 mudas/repetição, totalizando

96 mudas/tratamento. Ao final do experimento, com 150 dias, foi realizada outra análise química das folhas para avaliação final do efeito dos substratos testados na nutrição mineral das mudas.

Para ambas as medições, foi coletado o par de folhas situado na região mediana das mudas, as quais foram identificadas, lavadas e posteriormente acondicionadas em estufa a 65°C para secagem até a obtenção do peso constante. Foram moídas em moinho tipo Willey e encaminhadas para análise química no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da FCA/UNESP-Botucatu. As análises foram realizadas segundo metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Características físicas dos substratos

Os tratamentos com composto e casca de arroz carbonizada apresentaram a maior concentração de partículas na malha da peneira de 0,5mm (Tabela 7). A textura destas partículas pertence à classe média, com água facilmente disponível, com drenagem intermediária e aeração adequada (MARTÍNEZ, 2002). A testemunha Mecplant[®], diferente dos demais tratamentos, apresentou 31% das partículas na malha da peneira de 2mm, a qual é classificada de textura grossa e com água dificilmente disponível.

A concentração de partículas entre 0,25 e 0,125mm, classificadas como textura fina, com água dificilmente disponível para a planta e drenagem lenta, foi maior nos tratamentos com porcentagem elevada de composto, mas proporcionou a formação de mudas com qualidade.

Os tratamentos com maiores teores de casca de arroz carbonizada proporcionaram um aumento na drenagem e aeração, como recomendado por Pereira Neto (1996). O coeficiente de variação na malha da peneira n^o2 foi alto em função da variabilidade da média da testemunha em relação aos demais tratamentos.

Com base na análise de capacidade de retenção de água (Tabela 8 e Figura 1), pôde-se caracterizar a relação entre Sólidos-Ar-Água nas diversas misturas (Figura 2). Nota-se que o material apresenta um volume de partículas sólidas variável entre 13,1 e 28,2% e uma porosidade alta variando entre 71 e 86,9% (Espaço de Aeração + Água Disponível + Água Tamponante + Água remanescente), sendo que o espaço de aeração variou entre 15,4 a 42,2%, pouco acima dos 30% considerados como limite máximo para substratos por Kämpf e Firmino (2000).

O tratamento com 100% casca de arroz carbonizada apresentou o menor valor de capacidade de retenção de água, alta porosidade, implicando na necessidade de uma maior frequência de irrigação. Pelas suas características de granulometria (partículas maiores, leves e inertes à hidratação), nota-se um acréscimo na macroporosidade dos substratos à medida que se aumentou a concentração deste componente.

Os tratamentos 100:0 e 80:20 apresentaram maior porcentagem de água remanescente e maior capacidade de retenção de água (Tabela 8 e Figura 2). Segundo Malvestiti (2004), um substrato deve ter um balanço entre a capacidade de aeração e a capacidade de retenção de água proporcionando adequada quantidade de oxigênio para as raízes, sem causar dessecação, sendo que o excesso de água pode ser favorável ao desenvolvimento de *Phytophthora* e *Fusarium*, bem como prejudicar o crescimento radicular.

Com o aumento da porcentagem de composto houve um aumento da densidade (Tabela 8), bem como da quantidade de água remanescente (Figura 2), devido à acomodação do material dentro do tubete, como observado também por Guerrini e Trigueiro (2004). Segundo Trigueiro (2002) a densidade da partícula pode não estar representada no valor real obtido na análise pelo fato das partículas se agregarem, sendo que as mais finas ocupam espaços vazios de partículas maiores, levando a conclusões equivocadas.

Gonçalves e Poggiani (1996) indicam valores adequados para porosidade total entre 75 e 85%. Os tratamentos com 80 a 40% de composto atenderam aos limites, com exceção do tratamento 100% casca de arroz carbonizada que apresentou valor superior ao máximo permitido, e ao 100% composto que apresentou valor inferior ao mínimo. Os mesmos autores sugerem que a macroporosidade esteja entre 35 e 45%. Neste trabalho, apenas os tratamentos 20:80 e 0:100 atenderam aos limites, sendo que os demais apresentaram abaixo do limite mínimo, pois apresentaram valores elevados de microporosidade, excedendo

o limite máximo sugerido (45 e 55%). Conseqüentemente, a capacidade máxima de retenção de água prevista entre 20 e 30 ml/50 cm³ foi maior nos tratamentos com maior percentagem de microporos, enquadrando-se os tratamentos com 100% e 50 a 20% de composto, bem como a testemunha.

Tabela 7. Granulometria (%) dos substratos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Tratamentos COM:CAC	Malha da peneira (mm)						
	4	2	1	0,5	0,25	0,125	<0,125
100:0	0,64 ab	2,80 b	22,73 a	28,79 d	26,63 a	10,94 a	6,50 ab
80:20	0,49 ab	3,15 b	18,81 a	29,03 d	26,52 a	12,57 a	8,54 a
60:40	0,10 b	2,73 b	17,30 a	31,69cd	26,96 a	11,72 a	8,75 a
50:50	0,19 b	3,00 b	16,47 a	33,48cd	27,13 a	11,66 a	7,38 a
40:60	0,33 b	2,28 bc	14,85 a	37,58 c	27,57 a	10,96 a	5,79 ab
20:80	0,56 ab	1,27 d	13,51 a	44,28 b	28,55 a	7,58 ab	3,32 bc
0:100	0,64 ab	1,48 cd	21,25 a	55,77 a	17,19 b	2,24 c	0,65 c
Mecplant®	1,83 a	31,09 a	25,96 a	15,67 e	13,32 b	4,57 bc	6,56 ab
C.V. (%)	56,10	72,20	15,83	19,85	13,74	27,27	34,20

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (COM) = composto e (CAC)=casca de arroz carbonizada.

Tabela 8. Caracterização física dos substratos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Tratamentos COM:CAC	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade total	Cap.retenção de água	Densidade Aparente
	(%)	(%)	(%)	ml 50cm ⁻³	g cm ⁻³
100:0	15,43 e	56,40 cd	71,83 e	28,20 cd	0,60 a
80:20	20,27 de	65,99 a	86,26 ab	32,99 a	0,50 b
60:40	17,56 de	62,39 ab	79,95 abcd	31,19 ab	0,50 b
50:50	23,35 cd	59,96 bc	83,32 abc	29,98 bc	0,48 b
40:60	22,70 cd	54,87 cd	77,57 cde	27,43 cd	0,40 c
20:80	35,41 ab	51,53 de	86,94 a	25,77 de	0,38 c
0:100	42,21 a	37,63 f	79,84 bcde	18,82 f	0,20 d
Mecplant®	28,31 bc	48,40 e	76,71 cde	24,20 e	0,40 c
C.V. (%)	20,00	16,13	6,69	16,13	26,63

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (COM) = composto e (CAC)=casca de arroz carbonizada.

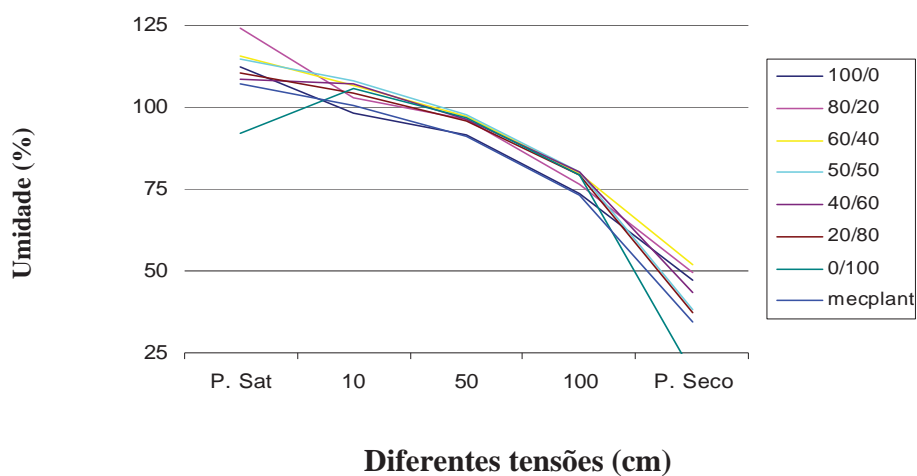
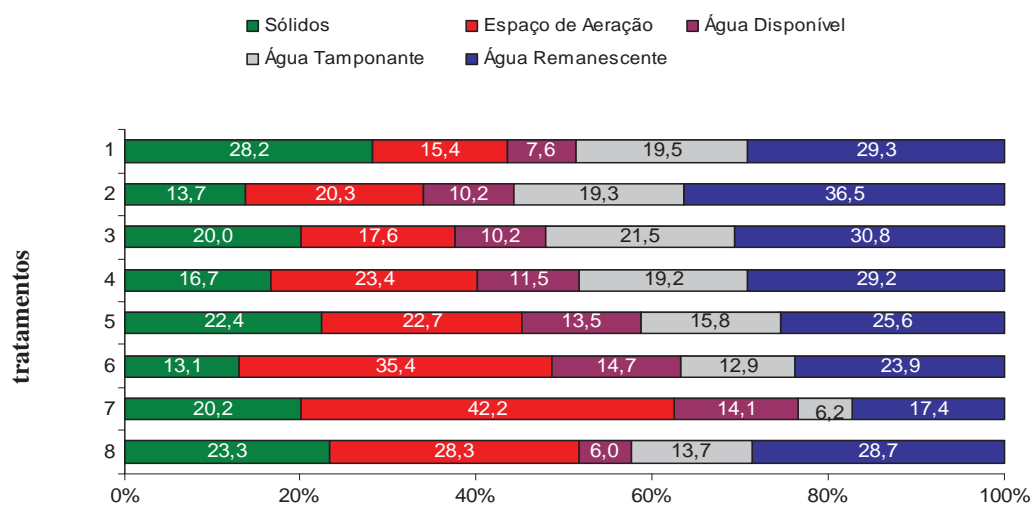


Figura 1: Curva de retenção de água dos diferentes tratamentos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.



Porcentagem (%)

Figura 2: Relação sólidos – ar – água dos diferentes tratamentos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

6.2. Características químicas dos substratos

As diferentes porcentagens de composto e casca de arroz carbonizada refletiram significativamente na composição química dos substratos (Tabelas 9 e 10). À medida que a porcentagem de composto aumentou, os teores de nutrientes como N, P, Ca, Mg, S, Na, Zn, Cu e Fe também foram maiores. O tratamento 100% casca de arroz carbonizada apresentou baixos teores de nutrientes, com exceção do K. O substrato comercial Mecplant[®] também apresentou baixos teores de nutrientes, característica comum nos substratos comerciais (TRIGUEIRO, 2002).

A relação C/N (i) e (f) foram altas para o tratamento com 100% casca de arroz carbonizada devido à elevada concentração de carbono na composição deste material e baixa concentração de nitrogênio como mostram as análises, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A relação C/N (f) apresentou teores entre 20 e 31:1 para os tratamentos com composto. Considerando os valores ideais de 8 a 12:1 propostos por Gonçalves e Poggiani (1996), apenas o tratamento 100% composto atendeu na medição inicial ao previsto pelos autores.

A condutividade elétrica aumentou à medida que se aumentou a porcentagem de composto no substrato, o que é justificado pela presença da carga de sais no lodo de esgoto. Um dos fatores que contribuíram para maiores quantidades de sais nesse tratamento é a alta retenção de água que este material apresenta, mostrando inclusive menor drenagem quando em período inicial de produção quando apresentou líquens e musgos sobre os tubetes (tratamento 80:20). Com o aumento da porcentagem de casca de arroz carbonizada, observou-se uma diminuição na concentração de sais, devido à característica deste material de reter pouca água, mostrando alta lixiviação.

Para substratos, condutividades entre 1,0 a 2,0 dS m⁻¹ são normais de acordo com Kämpf e Firmino (2000). Portanto, a CE (i) apresentou dados normais e a CE (f) medida aos 150 dias apresentou todos os valores abaixo do limite, indicando a perda de sais durante a produção das mudas, provavelmente por lixiviação, considerando o período de chuva (outubro a janeiro) e a irrigação.

Nos substratos testados não houve diferença significativa de pH entre os tratamentos com composto e casca de arroz carbonizada, estando situados entre uma faixa de 5,4 a 5,9. O tratamento 100% casca de arroz carbonizada apresentou 7,8 e a testemunha um

valor de 4,33. Malvestiti (2000) indica para substratos à base de orgânicos uma faixa compreendida entre 5,2 e 6,3, sugerindo aos viveiristas um monitoramento contínuo para os valores de pH e da condutividade elétrica, a qual pode apresentar teores de salinidade elevada com o excesso de adubação, prejudicando o desenvolvimento inicial das mudas.

Segundo Kämpf e Firmino (2000), enquanto nos solos minerais a faixa de pH está entre 6 e 7, em substratos orgânicos encontra-se em média em entre 5 e 6, abaixo do solo mineral. Diante dos valores indicados como limites, os substratos com mistura de composto e casca de arroz carbonizada atenderam aos limites, com exceção da casca de arroz carbonizada que excedeu a faixa do valor máximo.

No manejo das características químicas de substratos, os principais atributos monitorados são o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a salinidade. A faixa de pH considerada ideal para os cultivos varia de acordo com o substrato, ambiente e cultura; por outro lado, a condutividade elétrica (CE) indica a concentração de sais ionizados na solução e auxilia na estimativa da salinidade do substrato. Quando existem elementos com potencial para alteração da CE, como o sódio, é importante que se determine a concentração do elemento (MARTÍNEZ e SILVA FILHO, 2004). Estes autores enfatizam que os íons responsáveis pela elevação da CE podem ou não ser nutrientes de plantas.

Tabela 9. Caracterização química (macronutrientes e relação C/N) dos substratos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Tratamentos COM:CAC	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	Ca	Mg	S	C/N (i)	C/N (f)
	----- porcentagem -----								
100:0	1,34 a	0,85 a	0,14 d	54,67 b	1,56 a	0,28 a	4,46 a	12/1 d	22/1 c
80:20	1,21 ab	0,76 ab	0,17 d	46,67 b	1,19 ab	0,27 a	0,81 b	19/1 bc	22/1 c
60:40	1,19 ab	0,70 abc	0,19 d	44,67 b	1,16 abc	0,26 ab	0,75 b	19/1 bc	20/1 c
50:50	1,15 b	0,65 bc	0,25 c	50,33 b	0,78 bcd	0,21 ab	0,66 b	17/1 c	24/1 bc
40:60	1,07 bc	0,63 bc	0,26 c	46,00 b	0,68 cd	0,20 ab	0,47 bc	15/1 c	24/1bc
20:80	0,93 c	0,52 cd	0,37 b	53,00 b	0,52 d	0,15 bc	0,42 bc	13/1 d	31/1 b
0:100	0,63 d	0,38 d	0,56 a	54,67 b	0,00 e	0,07 c	0,04 c	30/1 a	48/1 a
Mecplant [®]	1,51 a	0,24 e	0,16 d	68,00 a	0,30 e	0,39 a	0,14 c	25/1 a	25/1 bc
C.V. (%)	21,22	24,83	50,60	11,83	60,36	37,80	132,41	24,45	34,76

C/N (i) = Relação C/N inicial

C/N (f) = Relação C/N final

COM:CAC = Relação Composto:casca de arroz carbonizada

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

Tabela 10. Caracterização química (micronutrientes, pH e CE) dos substratos utilizados na produção de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Tratamentos COM:CAC	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	pH Ca Cl ₂	CE (i) Ext.1:5	CE (f) Ext.1:5
	-----mg Kg ⁻¹ -----						--mS cm ⁻¹ --	
100:0	506 a	694 a	91 a	263 bc	8017 a	5,04 c	2,66 a	0,14 a
80:20	426 b	513 b	73 b	255 c	6367 ab	5,07 c	2,56 ab	0,13 ab
60:40	420 b	426 bc	66 bc	243 c	5717 abc	5,20 c	2,01 bc	0,12 abc
50:50	353 c	324 cd	55 cd	261 bc	4267 bcd	5,29 bc	1,89 cd	0,11 abc
40:60	340 c	310 d	48 d	272 bc	3783 cd	5,13 c	1,36 de	0,11 abc
20:80	300 c	238 d	43 d	319 ab	26167 de	5,91 b	0,92 ef	0,09 bcd
0:100	160 d	31 e	8 e	387 a	734 e	7,80 a	0,12 g	0,07 d
Mecplant [®]	440 b	66 e	8 e	162 d	5700 abc	4,33 d	0,46 fg	0,095 cd
C.V. (%)	29,81	55,95	46,19	17,98	53,83	18,39	61,42	22,26

CE (i) = condutividade elétrica inicial

CE (f) = condutividade elétrica final

COM:CAC = Relação Composto:casca de arroz carbonizada

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

6.3. Análise de crescimento

Aos 90 dias após a semeadura os tratamentos apresentaram diferenças significativas nas medições de altura ao longo do tempo, inclusive a testemunha, que apresentou um crescimento superior às mudas dos demais tratamentos, diferindo estatisticamente (Tabela 11 e Figura 3).

Os tratamentos 100:0, 60:40, 50:50 e 20:80 não apresentaram diferenças significativas entre si. O tratamento 100% casca de arroz carbonizada não diferiu estatisticamente do tratamento 80:20, apresentando uma tendência de crescimento menor.

Gonçalves e Poggiani (1996) testaram mais de 50 substratos nas suas formas simples e em misturas e constataram que o melhor crescimento das mudas ocorreu nos substratos com maiores teores de composto orgânico. Neste estudo, a testemunha formada pelo substrato comercial Mecplant[®] apresentou maior crescimento em altura e diâmetro do que os tratamentos com composto e casca de arroz carbonizada (Tabela 11 e Figuras 3 e 4).

A análise química mostra que os teores de matéria orgânica na testemunha foram maiores e estão relacionados ao incremento em altura e diâmetro, conforme verificado por Faustino (2005), o qual estudou diferentes substratos compostos por lodo de esgoto, pó de coco e solo.

Aos 105 dias, os resultados encontrados nas medições de diâmetro não foram diferentes do parâmetro altura. Todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo e a testemunha apresentou diferença significativa quando comparada aos tratamentos de composto e casca de arroz carbonizada, apresentando a maior média de diâmetro e altura.

O tratamento 20:80 apresentou menor valor absoluto em altura quando comparado à testemunha e em todas as épocas, porém, não diferiu estatisticamente dos tratamentos 100:0, 60:40 e 50:50, consideradas dentro dos limites propostos por Gomes *et al.* (1996), entre 15 e 30 cm, e diâmetro do colo de 2 mm, que foi superior em todos os tratamentos aos 150 dias. Se considerada a produção de 120 dias, as mudas também atenderam aos limites propostos e poderiam ser plantadas neste período.

Os tratamentos apresentaram a relação H/D dentro do limite proposto por Carneiro (1995), que considera a faixa ideal entre os limites 5,4 até 8,1, sendo que o tratamento 80:20 apresentou valor referente ao limite mínimo proposto. Segundo o autor, este parâmetro reflete a qualidade da muda em qualquer fase do período de medição.

A testemunha diferiu estatisticamente dos demais tratamentos apresentando maior valor entre a relação da altura da parte aérea/comprimento radicular. O tratamento 100% composto, 60:40 e 20:80 apresentaram valores absolutos próximos à testemunha, sendo considerados adequados (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios de altura (cm), diâmetro (mm), relação H/D e relação altura da parte aérea/comprimento radicular (p.a./c.r.) em mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, em função da idade.

Tratamentos COM:CAC	90 dias		105 dias		120 dias		135 dias		150 dias		
	H	D	H	D	H	D	H	D	H/D	p.a./c.r.	
100:0	7,50 bcd	10,68 bc	1,62 bc	17,09 bcd	2,50 bcd	19,95 bc	2,87 bc	26,44 bc	3,40 b	6,74 abc	2,12 bc
80:20	6,17 d	8,55 d	1,51 bc	12,63 e	2,34 d	14,85 e	2,63 cd	20,25 de	3,14 cd	5,36 c	1,62 d
60:40	7,55 bc	11,36 bc	1,62 b	17,64 bc	2,61 bc	20,40 bc	3,00 b	26,43 bc	3,44 b	6,93 ab	2,12 bc
50:50	7,51 bc	10,61 bc	1,33 c	16,33 cd	2,57 bc	18,59 cd	2,76 bcd	23,95 cd	3,34 bc	6,35 abc	1,92 bcd
40:60	6,89 cd	9,06 cd	1,64 b	12,93 e	2,36 d	14,94 e	2,78 bcd	19,75 e	3,08 d	5,65 bc	1,58 d
20:80	8,39 b	11,84 b	1,69 b	18,71 b	2,70 b	21,61 b	2,92 b	27,34 b	3,31 bc	7,25 a	2,19 b
0:100	6,10 d	9,32 cd	1,58 bc	14,60 de	2,40 cd	17,07 de	2,60 d	21,60 de	3,03 d	6,42 abc	1,73 cd
Mecplant®	11,00 a	15,14 a	2,05 a	22,77 a	3,01 a	25,98 a	3,28 a	32,28 a	3,74 a	7,60 a	2,59 a
C.V. (%)	21,08	20,27	11,53	20,55	9,50	20,11	9,28	17,85	8,10	13,96	17,80

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.
(COM) = composto e (CAC)=casca de arroz carbonizada.

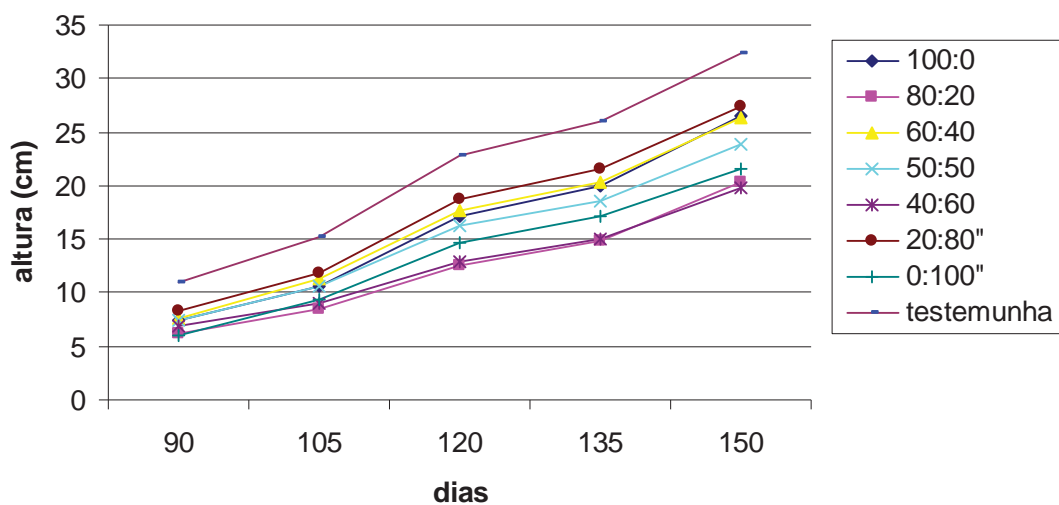


Figura 3: Crescimento em altura de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* durante o ciclo de produção.

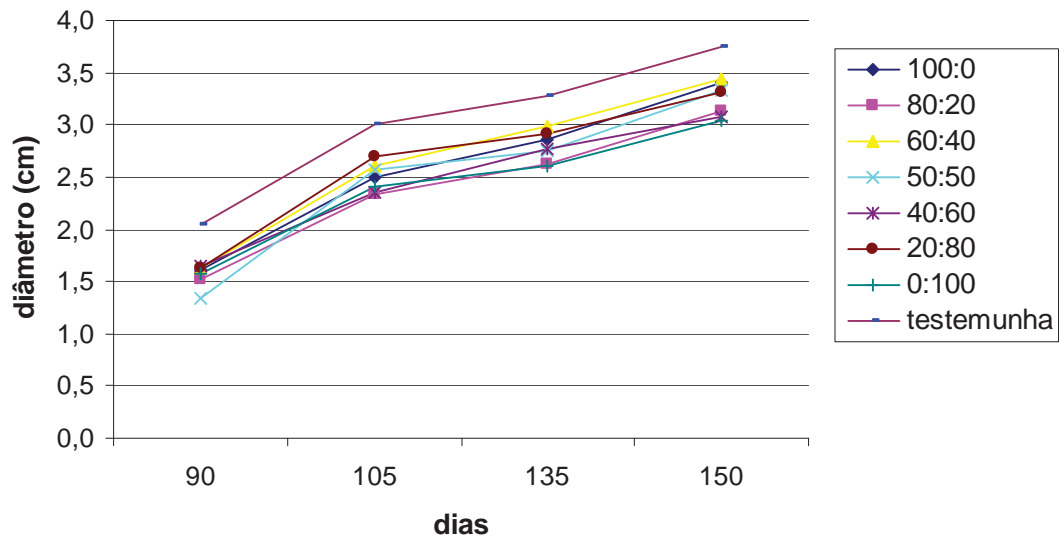


Figura 4: Crescimento em diâmetro de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* durante o ciclo de produção.

6.4. Matéria seca e outros parâmetros avaliados

O tratamento que promoveu maior produção de matéria seca da parte aérea foi a testemunha, mas não diferiu estatisticamente dos tratamentos 100:0 e 60:40 que são tratamentos com altas quantidades de composto de lodo de esgoto (Tabela 12). Ambos apresentaram um valor alto para área foliar, a qual está relacionada aos valores de crescimento em altura e diâmetro que foram os mais representativos comparados aos demais tratamentos.

Sarzi (2006) utilizou fibra de coco na produção de mudas de ipê amarelo e percebeu que o acúmulo de sais (aumento da condutividade elétrica) também pode prejudicar o número de folhas e até a queda das mesmas. Os tratamentos com maior concentração de composto, de modo geral, apresentaram maior quantidade de sais, o que pode ter proporcionado menor crescimento das folhas, mas que não afetou o crescimento das mudas em altura, diâmetro e produção de massa seca da parte radicular, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A boa produção de massa radicular resultou na formação de um torrão de qualidade para a produção de mudas (Tabela 12).

O tratamento 100% casca de arroz carbonizada apresentou a menor média de massa seca da parte aérea e radicular, diferindo estatisticamente dos substratos misturados com composto. A elevada porcentagem de aeração nesse resíduo, 75 a 85 % de seu volume em poros, acima do valor proposto por Gonçalves & Poggiani (1996), e a baixa capacidade de retenção de água proporcionaram maior lixiviação dos nutrientes, o que pode ter afetado o crescimento da parte aérea e radicular. Os resultados contradizem o experimento realizado por Vallone *et al.* (2004), que testando a utilização de polímero hidrorretentor em diferentes substratos contendo casca de arroz carbonizada, observaram um aumento na matéria seca da parte aérea e da raiz com o aumento das concentrações de casca de arroz carbonizada e diminuição do polímero. Neste experimento, o tratamento 100% composto apresentou maior produção de massa seca radicular, o que mostra que o composto de lodo de esgoto não causou danos às raízes.

A relação Massa Seca da Raiz/Massa Seca de Parte Aérea foi bem representada pelos tratamentos 80:20 e 40:60 que não diferiram estatisticamente. Os tratamentos 100% composto e 50:50 apresentaram valores expressivos (Tabela 12).

A testemunha diferiu de todos os tratamentos apresentando maior valor absoluto de área foliar. Os tratamentos 100:0, 60:40 e 20:80 não apresentaram diferença estatística entre si. O tratamento 100% casca de arroz carbonizada teve a área foliar afetada pelo “estresse hídrico”, apresentando menor valor.

O Índice de Cor Verde (Tabela 12) das folhas da testemunha foram significativamente maiores em relação aos tratamentos testados. Visualmente a testemunha apresentou coloração verde mais intenso, enquanto que as mudas dos demais tratamentos apresentaram coloração verde claro. Este comportamento pode ser justificado pelo fato do nitrogênio estar disponível no Mecplant, enquanto que o nitrogênio presente no lodo de esgoto não estava disponível para a planta. Os resultados confrontam com Trigueiro (2002), que apresentou maior índice de cor verde nos tratamentos com lodo de esgoto do que na testemunha; porém, deve-se fazer a ressalva de que o lodo foi utilizado puro, sem ser compostado com outros resíduos.

O tratamento 20:80 apresentou maior valor absoluto do número de par de folhas na haste principal, e menor número de ramos laterais em valor absoluto, apesar dos resultados estatísticos não apresentarem diferenças significativas entre os tratamentos para os dois parâmetros avaliados. O tratamento 100% composto apresentou o menor número de folhas na haste principal e maior número de ramos laterais. Porém, ressalta-se que a qualidade da muda está relacionada à resistência da parte radicular, oferecendo ótima estabilidade no campo. Com relação a esse parâmetro, este tratamento foi o melhor, apesar do baixo desenvolvimento foliar.

A ação de besouros no viveiro ocasionou quebra dos brotos apicais promovendo brotações laterais, surgindo folhas menores e mais estreitas, como na testemunha, que apresentou alto valor de área foliar e grande número de ramos laterais.

Os tratamentos 80:20, 60:40, 20:80 e 0:100 apresentaram uma taxa média de 92% de germinação, sendo o tratamento 100% casca de arroz carbonizada o que apresentou germinação mais demorada. Os tratamentos 100:0, 50:50 e 40:60 apresentaram uma taxa média de 90% de germinação, destacando-se o tratamento 40:60. A testemunha obteve uma taxa de 88%. As porcentagens médias de germinação variaram entre 88 a 92% indicando que as condições de realização do experimento foram adequadas.

Com relação à análise dos torrões, o tratamento 80:20 apresentou raízes muito finas, escuras e mal formadas, quebradiças e de difícil retirada do tubete, refletindo também no baixo desenvolvimento da planta em relação aos outros parâmetros avaliados como altura e diâmetro, que pode ser justificado pela elevada capacidade de água não disponível para a planta que esse tratamento apresentou.

O tratamento 100% casca de arroz carbonizada foi o pior, apresentando torrões pouco firmes, de difícil manuseio pela baixa adesão do substrato ao tubete. Na irrigação, a perda de substrato era evidente pela baixa sustentação do torrão. O tratamento com 100% composto não teve diferença significativa em relação à testemunha, formando torrões firmes e com raízes vistosas de coloração branca, com pêlos visíveis, ou seja, apresentaram um torrão desejável para a produção de mudas de eucalipto.

Aos 150 dias, no mês de janeiro, foi realizada uma avaliação do aparecimento de fungos na superfície do tubete e no orifício inferior do tubete. Constatou-se que a testemunha Mecplant[®] foi a única em que se observou a ocorrência de fungos. Um levantamento realizado mostrou que, em média, 34% dos tubetes da testemunha apresentaram fungos.

Uma hipótese para esse fato é de que o substrato Mecplant[®] em seu preparo comercial, manuseio e transporte tenha adquirido maior número de esporos de fungos, que com as condições de umidade do período proporcionou o desenvolvimento dos fungos. Outra hipótese é de que a presença do lodo de esgoto no composto tenha suprimido os patógenos como já relatado por Tsutiya (2001). A supressão pode ocorrer pelo aumento da atividade microbiana e da própria microbiota do material, liberação de compostos que induzem resistência na planta ou são tóxicos aos fitopatógenos, e pela mudança de pH e condutividade elétrica (ARAÚJO e BETTIOL, 2009).

Segundo Visconti (2008), na supressividade existem interações entre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, portanto, quando se altera uma propriedade visando à indução de supressividade, ocorrerem alterações nas demais, o que dificulta estabelecer qual a propriedade responsável pela supressividade. Segundo este mesmo autor, o uso de matéria orgânica no controle de patógenos está baseada no conceito de equilíbrio biológico, onde se cria um ambiente inóspito ao patógeno com o objetivo de reduzir

o potencial de inóculo a ponto de não causar dano. A adição de matéria orgânica com o objetivo de balancear a microbiota antagonista residente no solo é viável, de baixo custo e ambientalmente adequado.

Tabela 12: Parâmetros avaliados nas mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* com 150 dias de idade.

Tratamentos COM:CAC	M.S. p.a. (g)	M.S. Raiz (g)	Relação MSR /MSA	Índice de Cor Verde	Área Foliar (cm ²)	Nº par de folhas haste principal	Nº de ramos laterais	Nº par de folhas ramos laterais	Torrão
100:0	2,00 ab	1,50 a	0,77 ab	38,22 b	141,36 ab	5,13 a	4,20 ab	8,02 a	2,37 a
80:20	1,44 cd	1,25 abc	0,87 a	36,95 b	96,07 cd	5,26 a	2,32 bc	5,07 ab	1,84 bc
60:40	2,08 ab	1,41 ab	0,68 abc	37,63 b	132,45 abc	5,85 a	3,44 ab	5,34 ab	2,25 ab
50:50	1,76 bc	1,32 ab	0,75 ab	36,40 b	114,33 bcd	5,48 a	2,97 abc	5,85 ab	2,27 ab
40:60	1,46 cd	1,23 abc	0,84 a	36,23 b	85,34 d	5,92 a	2,62 abc	5,71 ab	1,69 c
20:80	1,80 bc	1,08 bc	0,60 bc	38,63 b	113,05 bcd	6,23 a	1,67 c	2,92 b	2,18 ab
0:100	1,31 d	0,96 c	0,74 abc	39,00 b	94,74 cd	5,93 a	2,68 abc	3,49 b	2,04 abc
Mecplant®	2,36 a	1,24 abc	0,53 c	47,13 a	161,78 a	5,26 a	4,78 a	8,72 a	2,37 a
C.V.(%)	21,36	16,52	19,25	9,67	25,20	11,37	40,56	44,32	14,01

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.
(COM)=composto e (CAC)=casca de arroz carbonizada.

6.5. Transpiração

Conforme a Figura 5, os diferentes tratamentos com composto e casca de arroz carbonizada apresentaram um comportamento muito semelhante entre si, embora os tratamentos 40:60 e 60:40 se sobressaem. Esses tratamentos nas duas primeiras medições (9 às 11h e das 11 às 13h) apresentaram valores muito próximos de transpiração, como mostra o gráfico, porém, a partir das 13 horas o tratamento 60:40 teve uma transpiração menor do que o tratamento 40:60.

Os valores de perda de água por transpiração foram elevados para todos os tratamentos, sendo semelhantes estatisticamente. As variações bruscas nos valores de perda de água, de acordo com Silva (2003), demonstram o comportamento de mudas que não são adaptadas ao estresse hídrico porque perdem muita água por transpiração devido a um atraso nas reações contra desidratação, que seria o rápido fechamento dos estômatos.

As mudas foram submetidas a manejo hídrico diferenciado, calculado com base na capacidade de campo de cada substrato; porém, pôde-se constatar que o tratamento 100% casca de arroz carbonizada perdia água muito rapidamente pelas suas características físicas, sofrendo estresse hídrico, mas isso não influenciou na transpiração.

Com base nos dados meteorológicos contidos na Tabela 14, no dia 08 de fevereiro de 2009, quando foi realizada a medição da transpiração das mudas nos diferentes substratos, a temperatura máxima do dia foi de 29,2°C.

Tabela 13. Estimativa da perda de água por transpiração nas mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* com 150 dias de idade.

Tratamentos	Perda de água $\text{mg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Período das 9 às 17 h)
100:0	25,28 a
80:20	27,87 a
60:40	30,94 a
50:50	27,81 a
40:60	31,93 a
20:80	25,46 a
0:100	26,05 a
Mecplant [®]	24,18 a
C.V. (%)	18,73

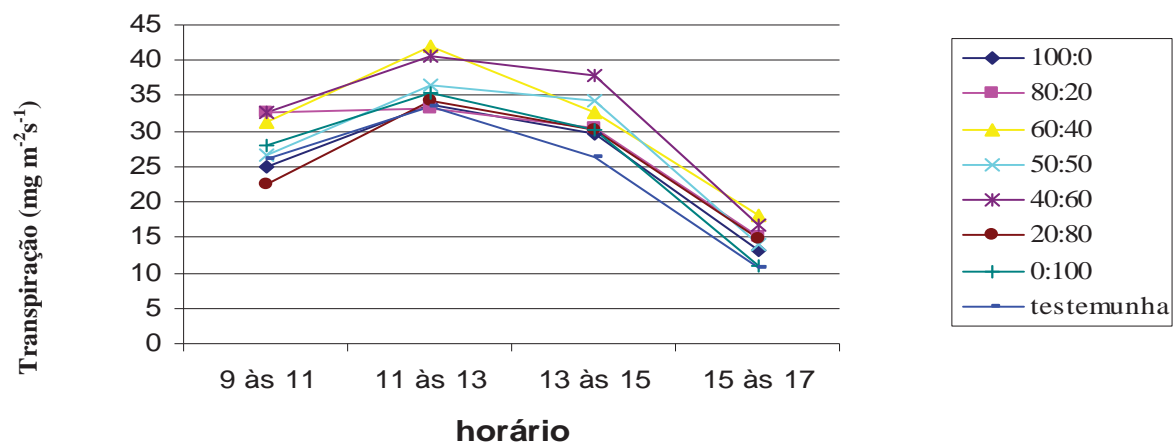


Figura 5: Estimativa, através de pesagens, da transpiração de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* ao longo de 8 horas.

Tabela 14. Dados meteorológicos da semana da medição da transpiração das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Média (°C)	Precipitação Pluvial (mm)	Umidade Relativa (%)	Radiação Global (MJ/m ²)	Insolação (horas)	Evaporação Tanque Classe A (mm)	Vento altura 2m (km/dia)	Vento altura 2m (m/s)
4/2/09	19,2	26,6	22,9	3,3	88,1	12,4	1,5	2	70,9	0,82
5/2/09	18,2	30,2	24,2	0	74,7	24,5	9	7,6	65,7	0,76
6/2/09	18,8	31,6	25,2	0	70,4	29,0	11,6	7,4	49,4	0,57
7/2/09	21,8	30,2	26	4,8	74,2	25,2	9,4	7,7	80,7	0,93
8/2/09	19,6	29,2	24,4	0	78,9	21,6	5,4	2,6	54,3	0,63
9/2/09	20,2	28,4	24,3	0	84,3	13,1	1,8	5,4	36,2	0,42
10/2/09	20,2	29,8	25	0	82,3	15,3	3,2	1,8	39,4	0,46
11/2/09	20,5	28,6	24,55	13,5	84,9	17,4	5,7	5,1	83,2	0,96
12/2/09	20,8	24,4	22,6	3,1	88	10,9	1,1	4,9	106,1	1,23

6.6. Análise química do tecido vegetal

Comparando as concentrações de macro e micronutrientes apresentadas nas folhas aos 90 dias (Tabela 15) com as concentrações aos 150 dias (Tabela 16), verificou-se uma diminuição dos nutrientes, com exceção do Mg.

Os valores de referência dos teores de macro e micronutrientes nas folhas e raízes são baseados em Silveira *et al.* (2001), adequados para a espécie *E. grandis* em viveiro com idade de 80 a 100 dias.

Aos 90 dias foi constatada visualmente a deficiência de nutrientes nas folhas e foi realizada a aplicação de adubo a base de N, K, P e S. Após quatro dias da adubação, foi feita a análise química. As concentrações de N, P, K, Ca e S atenderam aos valores propostos pelo autor. Todos os tratamentos apresentaram baixa concentração de Mg. As concentrações de K, Ca, S, B, Cu, e Zn nas folhas dos tratamentos a base de composto foram estatisticamente maiores que na testemunha, indicando o potencial de nutrientes existente no lodo de esgoto.

Aos 150 dias as concentrações de N, P, K, Ca e Mg foram baixas, diferindo estatisticamente da testemunha. Segundo Silveira *et al.* (2001), a concentração de nutrientes na folha diminui com a idade da muda, por isso a baixa concentração de nutrientes na fase de rustificação.

As concentrações de K foram baixas porque este nutriente é altamente solúvel em água, e durante o processo de tratamento de esgoto fica contido no efluente líquido, sendo que a quantidade presente no substrato, durante o período de chuva e irrigação, pode ser lixiviado facilmente. O lodo de esgoto possui baixa concentração de K, recomendando-se uma adubação complementar com este nutriente para suprir as necessidades da muda.

As concentrações de Ca e Mg não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos com composto e casca de arroz e a testemunha. Silva *et al.* (2000) constataram que o fato do Ca ser transportado pelo fluxo de massa, os recipientes foram suficientes para que as espécies de eucalipto os absorvessem e os alocassem, principalmente com maiores teores nas folhas, a partir de 20% de água no solo. Nos resultados obtidos neste trabalho, as concentrações obtidas estão dentro dos limites previstos, sugerindo que a irrigação foi o suficiente para a absorção de Ca para as plantas. Os mesmos autores verificaram que a

maior alocação de Mg para as folhas ocorreu devido à sua participação na molécula de clorofila.

As concentrações de B presentes nos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas quando comparados à testemunha. Os tratamentos com maiores concentrações de composto de lodo de esgoto atenderam aos limites propostos por Silva *et al.* (2000). Em relação ao Cu, o tratamento com 100% composto diferiu dos demais tratamentos apresentando maior valor absoluto deste micronutriente.

Os acúmulos de N, K, Mg e Fe na parte aérea (Tabela 17) foram significativamente inferiores aos apresentados na testemunha. Malavolta *et al.* (1997) perceberam que o efeito positivo do P na absorção do Mg pode estar relacionado com o efeito sinérgico entre P e Mg, como pode ser observado os valores absolutos destes nutrientes para o tratamento 100% composto e para a testemunha Mecplant[®]. O P, Ca, S, Cu e Zn apresentaram maior acúmulo na parte aérea nos tratamentos com maior concentração de composto.

As concentrações de N, P e S na raiz (Tabela 18) foram maiores nos tratamentos com maior concentração de composto, sendo que as de K, Ca, Mg e B não diferiram estatisticamente entre si. O Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram maiores concentrações nos tratamentos com 50 a 100% de composto, estando os tratamentos com maior porcentagem de casca de arroz carbonizada com menores teores destes micronutrientes, com exceção do Mn que apresentou maior valor em relação aos demais tratamentos. Nóbrega (2007) utilizou diferentes concentrações de lodo de esgoto e dois tipos de solo como substrato para a produção de mudas de aroeira e constatou que o lodo de esgoto melhorou a fertilidade dos substratos, aumentando os teores de P, K, Ca, Mg, soma de bases, CTC, matéria orgânica e teores de micronutrientes, fato que proporcionou aumento no diâmetro, altura, massa seca da parte aérea e radicular.

O acúmulo dos nutrientes P, B, Cu, Fe, Zn (Tabela 19) foram maiores na raiz do que na parte aérea, a qual apresentou maior acúmulo de N, K, Ca, Mg, S e Mn.

Importante ressaltar que nos meses de dezembro e janeiro as chuvas foram fortes e, provavelmente, influenciaram muito na lixiviação de nutrientes como o potássio, que é móvel na planta e fundamental na atividade de abertura e fechamento dos estômatos para a transpiração.

A relação adequada entre os nutrientes nitrogênio e potássio na fase de terminal de formação de mudas (conhecida como rustificação) é na faixa de 0,6 até 1,0, conforme recomendam Silveira *et al.* (2001). De acordo com a análise foliar realizada, a relação N/K aos 150 dias atendeu aos limites preconizados na área foliar.

De acordo com as análises apresentadas pôde-se concluir que o composto de lodo de esgoto foi fundamental para o aumento de nutrientes nos diferentes substratos testados, com possibilidade de ser utilizado na produção de mudas florestais.

Tabela 15. Teores de macro e micronutrientes nas folhas das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 90 dias de idade (após adubação).

Tratamentos COM:CAC	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g Kg ⁻¹						mg Kg ⁻¹				
100:0	28 a	2,8 bc	19 a	10 a	0,7 d	5,8 a	47 a	18 a	75 ab	665 bc	488 a
80:20	24 ab	2,4 bc	17 ab	8 ab	0,7 d	4,1 bcd	42 ab	11 cd	65 ab	592 c	346 b
60:40	27 ab	2,8 bc	18 a	10 a	0,8	5,1 ab	35 bc	15 ab	79 a	623 c	385 b
50:50	25 ab	2,6 bc	17 abc	10 a	0,8 d	4,5 bc	38 bc	14 bc	68 ab	647 bc	367 b
40:60	24 ab	2,3 c	14 abc	9 ab	0,9 d	3,6 cde	32 cd	9 d	65 ab	779 ab	377 b
20:80	23 b	3,0 b	13 bc	9 ab	1,3 c	3,1 def	26 de	11 cd	71 ab	842 a	308 b
0:100	26 ab	3,7 a	17 ab	6 bc	2,1 b	2,4 f	22 e	5 e	62 b	636 bc	57 c
Mecplant®	26 ab	3,6 a	12 c	4 c	3,8 a	2,5 ef	26 de	4 e	68 ab	663 bc	25 c
C.V.(%)	10,25	17,79	17,44	24,77	72,30	31,82	25,82	42,88	10,89	14,38	54,13

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

COM : CAC = Relação composto:casca de arroz carbonizada.

Tabela 16. Teores de macro e micronutrientes nas folhas das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 150 dias de idade.

Tratamentos COM:CAC	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g Kg ⁻¹						mg Kg ⁻¹				
100:0	11 b	1,5 a	11 abc	8 a	0,9 bc	2,9 a	12 a	11 a	51 b	171 b	86 a
80:20	9 b	1,1 b	10 bc	7 ab	0,7 c	1,9 b	14 a	7 b	48 b	227 b	80 ab
60:40	9 b	1,2 ab	9 c	7 ab	0,7 c	1,9 b	9 a	8 b	46 b	164 b	69 ab
50:50	9 b	1,2 ab	10 bc	8 a	0,8 bc	2,1 b	10 a	7 b	46 b	182 b	68 ab
40:60	9 b	1,2 ab	11 abc	6 ab	0,7 c	1,7 b	10 a	8 b	44 b	211 b	58 b
20:80	9 b	1,2 ab	11 abc	6 ab	0,9 bc	1,7 b	9 a	7 b	42 b	261 ab	55 b
0:100	10 b	1,0 b	13 ab	6 ab	1,3 b	1,7 b	9 a	4 c	51 b	360 a	17 c
Mecplant®	14 a	1,2 b	13 a	5 b	2,8 a	2,1 b	11 a	4 c	68 a	209 b	13 c
C.V. (%)	17,73	14,26	13,94	19,86	63,17	22,64	22,27	35,15	19,18	32,14	50,57

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

COM : CAC = Relação composto:casca de arroz carbonizada.

Tabela 17. Acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 150 dias de idade.

Tratamentos COM:CAC	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g Kg ⁻¹						mg Kg ⁻¹				
100:0	22 b	2,9 a	22 ab	16 a	1,8 b	5,8 a	0,025 ab	0,023 a	0,10 b	0,34 a	0,17 a
80:20	13 c	1,6 bc	14 b	9 bc	1,0 b	2,8 cd	0,020 ab	0,011 bc	0,07 bc	0,33 a	0,12 abc
60:40	19 bc	2,5 ab	19 b	14 ab	1,5 b	4,1 bc	0,021 ab	0,017 ab	0,10 b	0,35 a	0,14 ab
50:50	17 bc	2,2 abc	18 b	14 abc	1,5 b	3,7 bcd	0,019 ab	0,013 bc	0,08 bc	0,32 a	0,12 abc
40:60	13 c	1,8 abc	16 b	9 bc	1,1 b	2,5 cd	0,016 ab	0,012 bc	0,06 bc	0,31 a	0,08 bcd
20:80	13 c	1,6 bc	14 b	8 bc	1,3 b	2,4 d	0,013 b	0,010 bc	0,06 c	0,36 a	0,07 cd
0:100	13 c	1,3 c	16 b	7 c	1,7 b	2,2 d	0,013 b	0,005 c	0,06 bc	0,47 a	0,02 d
Mecplant®	33 a	2,8 a	31 a	12,25abc	6,6 a	4,8 ab	0,028 a	0,010 bc	0,16 a	0,48 a	0,03 d
C.V.(%)	40,43	33,62	34,25	32,57	86,32	39,05	36,92	47,22	40,36	30,69	59,41

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

COM : CAC = Relação composto:casca de arroz carbonizada.

Tabela 18. Teores de macro e micronutrientes nas raízes das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 150 dias de idade.

Tratamentos COM:CAC	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g Kg ⁻¹						mg Kg ⁻¹				
100:0	11 ab	2,3 ab	5 b	5 a	0,5 b	2,5 ab	26,25 a	67 ab	3965 a	45 bc	631 a
80:20	13 a	3,0 a	4 b	3 a	0,5 b	2,8 a	27,25 a	86 a	4515 a	60 ab	507 ab
60:40	11 ab	2,6 a	4 b	4 a	0,5 b	2,5 ab	22,50 a	68 ab	4132 a	55 ab	526 ab
50:50	11 ab	2,5 a	5 b	4 a	0,5 b	2,4 ab	21,25 a	63 ab	3966 a	60 ab	548 ab
40:60	11 ab	2,3 ab	4 b	4 a	0,5 b	1,9 bc	18,50 a	49 bc	3294 ab	64 ab	509 ab
20:80	9 bc	1,5 bc	5 b	5 a	0,5 b	1,4 cd	21,50 a	21 cd	1784 bc	51 bc	457 b
0:100	7 c	0,9 c	5 b	4 a	0,7 b	1,1 d	22,00 a	4 d	608 c	83 a	107 c
Mecplant®	9 bc	1,1 c	7 a	4 a	1,4 a	1,3 cd	27,00 a	3 d	1220 c	25 c	43 c
C.V. (%)	18,05	38,83	21,98	18,13	55,37	34,61	19,19	73,32	53,13	34,46	51,63

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

COM : CAC = Relação composto:casca de arroz carbonizada.

Tabela 19. Acúmulo de macro e micronutrientes nas raízes das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 150 dias de idade.

Tratamentos COM:CAC	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g Kg ⁻¹						mg Kg ⁻¹				
100:0	16 a	3,5 ab	7 ab	7 a	0,7 b	3,8 a	0,395 a	0,101 a	5,91 a	0,07 ab	0,95 a
80:20	16 a	3,7 a	5 bc	4 b	0,6 b	3,5 a	0,336 ab	0,088 a	5,60 a	0,07 ab	0,64 b
60:40	15 ab	3,7 a	6 bc	6 ab	0,6 b	3,6 a	0,322 ab	0,094 a	5,89 a	0,08 ab	0,74 ab
50:50	15 ab	3,4 ab	6 abc	6 ab	0,6 b	3,2 a	0,279 ab	0,107 a	5,23 a	0,08 ab	0,72 ab
40:60	14 ab	2,9 abc	4 c	6 ab	0,6 b	2,5 ab	0,220 b	0,107 ab	4,24 ab	0,08 a	0,63 b
20:80	10 bc	1,7 bcd	5 bc	5 ab	0,5 b	1,5 bc	0,230 b	0,121 bc	1,92 bc	0,06 ab	0,49 b
0:100	7 c	0,9 d	5 bc	4 b	0,7 b	1,0 c	0,213 b	0,123 c	0,59 c	0,08 a	0,11 c
Mecplant®	11 abc	1,4 cd	8 a	5 ab	1,7 a	1,6 bc	0,333 ab	0,101 c	1,52 bc	0,03 b	0,06 c
C.V.(%)	29,25	48,08	27,11	27,14	59,89	44,85	27,74	78,38	60,70	35,77	57,97

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

COM : CAC = Relação composto:casca de arroz carbonizada.

7. CONCLUSÕES

- Em relação às características físicas dos substratos, com o aumento da porcentagem de composto houve um aumento da densidade, da quantidade de água remanescente, do tamanho de partículas consideradas de textura média a fina, com melhoria na drenagem e aeração.

- Os tratamentos com 100 a 20% de composto de lodo de esgoto proporcionaram um bom crescimento em altura e diâmetro das plantas, quando comparados com a testemunha Mecplant[®].

- O tratamento com 100% casca de arroz carbonizada não é recomendado na produção de mudas, pois não apresentou firmeza na formação do torrão, causou estresse hídrico nas mudas, inviabilizando a irrigação no viveiro pelo custo, além de não fornecer os nutrientes necessários para as plantas.

- As concentrações de nutrientes na parte aérea das plantas, como N, P, Ca, Mg, S, Na, Zn, Cu e Fe, aumentaram com o aumento da proporção de composto no substrato. Os acúmulos de nutrientes foram maiores na parte aérea do que nas raízes das mudas, e apresentaram a seguinte ordem: N > K > Ca > P > S > Mg e Fe > Zn > B > Cu > Mn.

- A testemunha promoveu maior desenvolvimento em altura, diâmetro, massa seca da parte aérea, Índice de Cor Verde, área foliar, ramos laterais e número de par de folhas nos ramos laterais, em relação aos demais tratamentos.

- Os tratamentos com utilização de composto de lodo de esgoto não foram tão eficientes quanto a testemunha, mas apresentou-se uma boa alternativa para a

produção de mudas de eucalipto pelas características de resistência do torrão, altura, diâmetro e teores de nutrientes desejáveis para o plantio no campo.

- A perda de água por transpiração foi semelhante para todos os tratamentos.

- O desenvolvimento das mudas não foi influenciado pelas lâminas de água aplicadas.

- A presença do lodo de esgoto no composto foi considerada como um dos fatores responsáveis pelo aumento do potencial de supressividade de patógenos durante a produção das mudas em viveiro.

- De forma geral, os tratamentos com composto e casca de arroz carbonizada podem ser recomendados para a produção de mudas de eucalipto, mas necessitam de maiores estudos em relação ao manejo da adubação e irrigação.

8. REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. B. et al. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubete. **IPEF**, Piracicaba, v. 41-42, p. 36-43, jan./dez., 1989.

ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. Avaliação do comportamento vertical de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal e pH em leiras de lodo de esgoto caledo. **SANEPAR**, Curitiba, v. 18, n. 18, p. 63-70, 2002.

ARAÚJO, F. F.; BETTIOL, W. Efeito de lodo de esgoto sobre patógenos habitantes do solo e severidade de oídio da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 35, n. 3, p. 184-190, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.46, de 12 de setembro de 2006. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 177, 14 set. 2006a. Seção 1, p. 9.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.27, de 05 de junho de 2006. Aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 110, 09 jun. 2006b. Seção 1, p. 15.

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

CARRIJO, O. A.; LIZ, R.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 4, p. 533-535, dez., 2002.

CORÁ, J. E. ; FERNANDES, C. Curva característica de retenção de água para substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS 4., 2008, Fortaleza. **Anais...** Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_21.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2009.

CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 1999. p. 487-91.

DE BOODT, M.; VERDONCK O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DEL QUIQUI, E.M. et al. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 293-294, 2004.

FAUSTINO, R. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna sianmea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acácia mangium* Wild e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas.** 2005. 61 f. Disponível em: <<http://www.ipecf.br/servicos/teses/arquivos/fonseca.fa.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2009.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 15-22, 1996.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Campinas: SBCS, 1996. p.133-180.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Reflexo do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.), **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.1, p. 01-58.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 770 p.

HIGASHI, N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONCALVES, A. N. **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 23. (Circular Técnica, n. 194).

KÄMPF, A. N.; FIRMINO, M. H. **Substrato para plantas**: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 139-145.

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

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem, maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Ed. do Autor, 1998. 171 p.

LEITE, R. M. **Uso de escória de siderurgia em eucalipto e avaliação de extratores para silício**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, J. L. W. et al. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 97-106, 2005.

MAFIA, R. G. et al. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005.

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

MALVESTITI, A. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., Viçosa, 2004. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 226-235.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. **Documentos do Instituto Agrônômico**, Campinas, n. 70, p. 53-76, 2002.

MARTÍNEZ, H. E.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 111 p.

MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 84 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L.; 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**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 277-287, 2001.
- NOBREGA, R. S. A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n. 2, p. 239-246, 2007.
- PADOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. 2006. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.
- POGGIANI, F.; GUEDES, M. C. BENEDETTI, V. Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: reflexo no ciclo dos nutrientes In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Campinas: EMBRAPA, 2000. p. 163-178.
- SARZI, I. **Produção de mudas de ipê amarelo (*Tabebuia chysotricha* Standl.) em função de substratos e de soluções de fertirrigação**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- SGARBI, F. et al. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEFESALQ, 1999. p. 120-125.
- SILVA, M. R. da. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W.** (Hill ex. Maiden). 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- SILVA, W. da.; SILVA, A. A. da.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, R. S. de. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 147-159, jan/mar 2000.
- SILVEIRA, R. L. V. A. et al. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 93, p. 32, 2001.
- TRIGUEIRO, R. M. **Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. 2002. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de bio sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 150-162, 2003.

TSUTIYA, M. T. Características de bio sólidos. In: **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. cap. 4. p. 89-131

VALLONE, H. S. et al. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de polímero hidrorretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 593-599, 2004.

VISCONTI, A. **Fontes de matéria orgânica para inibição de fitopatógenos do solo**. 2008. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

9. APÊNDICE



Figura 6: Leira com formação do composto de bagaço-de-cana, poda de árvores e lodo de esgoto na Companhia Saneamento de Jundiaí.



Figura 7: Germinação das sementes de *E. grandis* x *E. urophylla* em tubetes no viveiro do Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais – FCA/UNESP-Botucatu.

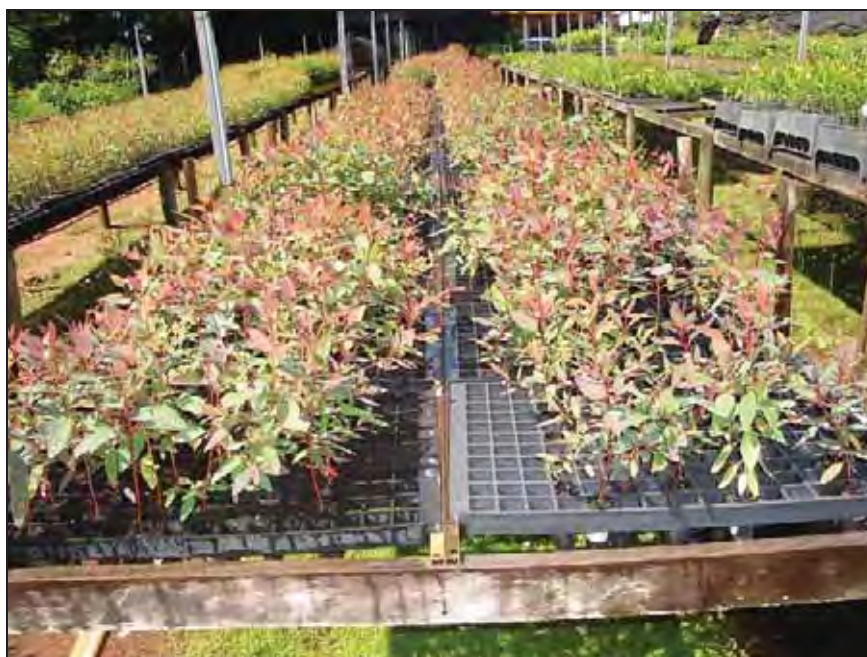


Figura 8: Mudas em desenvolvimento a pleno sol no viveiro.



Figura 9: Mudas embaladas em saquinhos para medição da perda de água por transpiração.



Figura 10: Tratamento 1 aos 150 dias
(100% composto : 0% CAC)



Figura 11: Tratamento 2 aos 150 dias
(80% composto : 20% CAC)

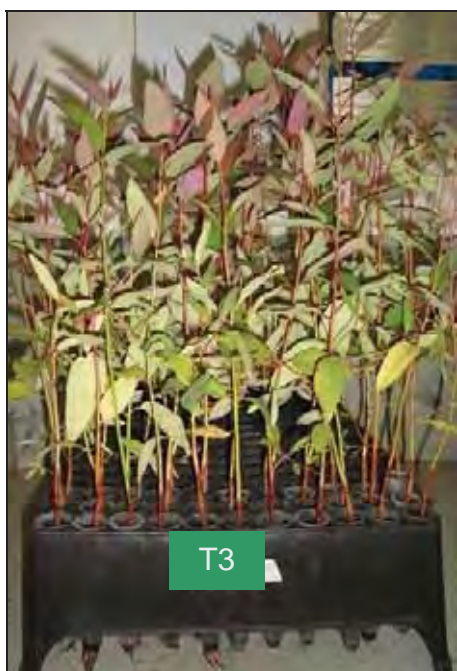


Figura 12: Tratamento 3 aos 150 dias
(60% composto : 40% CAC)



Figura 13: Tratamento 4 aos 150 dias
(50% composto : 50% CAC)

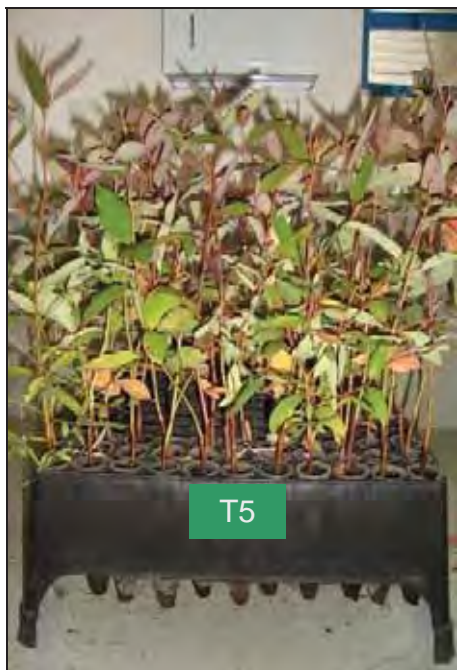


Figura 14: Tratamento 5 aos 150 dias
(40% composto : 60% CAC)

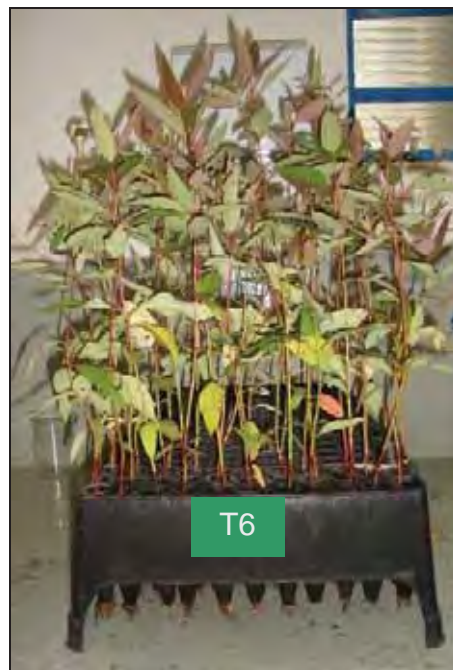


Figura 15: Tratamento 6 aos 150 dias
(20% composto : 80% CAC)

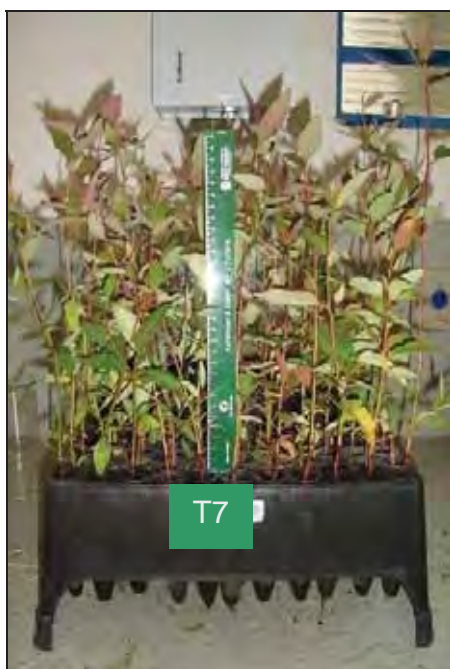


Figura 16: Tratamento 7 aos 150 dias
(0% composto : 100% CAC)



Figura 17: Tratamento 8 aos 150 dias
(Testemunha)

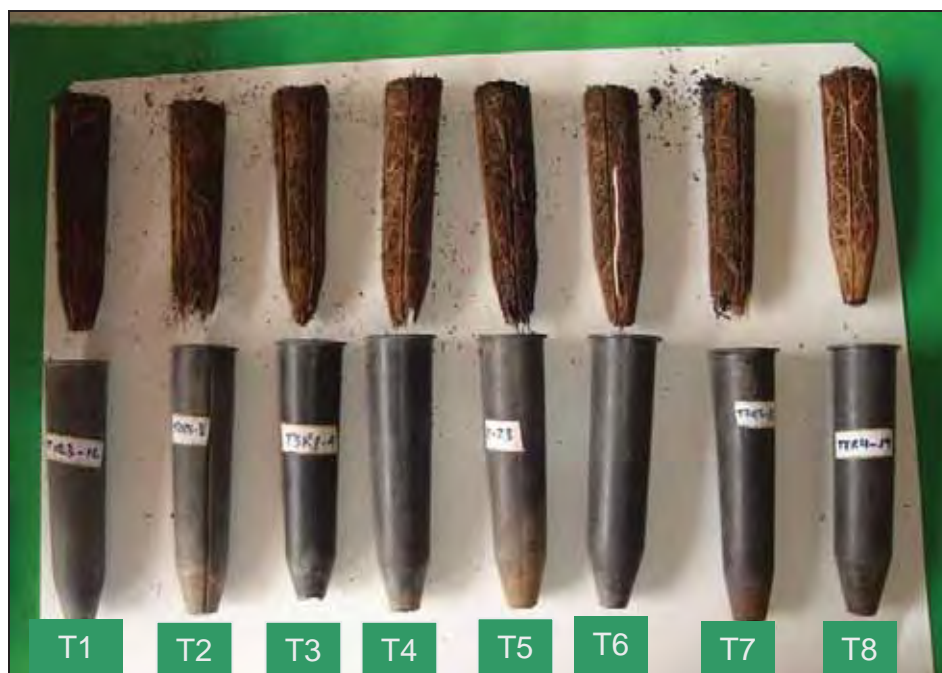


Figura 18: Qualidade dos torrões dos diferentes tratamentos testados com composto e casca de arroz carbonizada.



Figura 19: Nota dada para a qualidade dos torrões das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.