



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

LEONARDO PERONI

SUBSTRATOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis*

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO – 2012

LEONARDO PERONI

SUBSTRATOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.
Coorientador: Prof.^a Dr^a Elzimar de Oliveira Gonçalves.
Coorientador: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia.

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO – 2012

Dissertação 0047

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P453r Peroni, Leonardo, 1987-
Resíduos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* /
Leonardo Peroni. – 2012.
81 f. : il.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Coorientadores: Elzimar de Oliveira Gonçalves, Giovanni de Oliveira Garcia.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Lodo de esgoto. 2. Nutrição. 3. Química vegetal. 4. Viveiros florestais. 5. *Eucalyptus grandis*. 6. Mudas – Qualidade. I. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler. II. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. III. Garcia, Giovanni de Oliveira. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

RESÍDUOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis*

Leonardo Peroni

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 29 de Fevereiro de 2012.



Prof. Dr. Otacilio José Passos Rangel
IFES – Campus de Alegre
Membro Externo



Prof. Dr. Haroldo Nogueira de Paiva
UFV
Membro Externo



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
CCA/UFES
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela concessão diária de persistência, determinação e auto-controle, dádivas tão necessárias ao longo desses dois anos para a condução e conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Aos meus pais pelos esforços desmedidos em me proporcionar a melhor educação possível, sempre me apoiando e incentivando. À minha mãe Valentina da Penha, pelas palavras doces e sempre confortantes nos momentos mais difíceis. Ao meu pai pelo exemplo de caráter, honestidade e retidão. Aos meus irmãos Bruno e Marquinhos, pela convivência e amizade fraterna.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Vinícius Winckler Caldeira, pela parceria, amizade, paciência e confiança; contribuindo diretamente com o meu crescimento profissional e intelectual. Aos professores Elzimar, Giovanni, Hugo, Juarez, Marina e Maristela pelas contribuições diretas na elaboração da dissertação.

Aos integrantes da banca, professores Haroldo e Otacílio pela disponibilidade e contribuições.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (CAPES) e ao Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), pela concessão de bolsa e aos meus orientadores do REUNI, professores Bea Karla, Renato e Átila.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade.

Ao Laboratório de Pesquisa e Rotina em Solos e Nutrição de Plantas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper; CRDR – Centro Serrano), de Venda Nova do Imigrante-ES, em especial ao André Guarçoni, pela parceria nas análises laboratoriais realizadas.

Ao Alexandro e Luiz do Lafarsol, pela ajuda e parceria na realização das análises químicas. Ao senhor Édson e à Dona Maria, pelo apoio na implantação em condução do experimento na fase de viveiro.

Aos meus queridos amigos Valéria, Badé, Brunela, Rafaella, Ludmila, Elter, Leandro, Marcos, Ragner, André, Diego, Daniel, Douglas, Dani, Natiélia,

Talita, William, Júlio Cesar, Marcilene, Jaqueline, Lucas, Miller, Luana Beltrame Luana Vieira e a todos os que estiveram ao meu lado durante o tempo de graduação e mestrado, pela ajuda na realização deste trabalho e pelos momentos de convivência e amizade.

“Ao final do jogo, o rei e o peão voltam para a mesma caixa.”

Provérbio Italiano

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análise química do lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Foz do Brasil de Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	22
Tabela 2.	Descrição dos tratamentos com o percentual dos materiais utilizado na formulação dos substratos.....	28
Tabela 3.	Caracterização física dos substratos formulados com resíduos renováveis. Densidade aparente (Da), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD).....	29
Tabela 4.	Escala de valores para interpretação de propriedades físicas e químicas de substratos usados para produção de mudas florestais.....	31
Tabela 5.	Teores disponíveis de macronutrientes e características químicas dos substratos formulados com resíduos renováveis.....	34
Tabela 6.	Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação altura/diâmetro (H/D), relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR), relação altura/massa seca da parte aérea e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas com substratos renováveis aos 90 dias após a semeadura.....	40
Tabela 7.	Tabela 7. Teores de nutrientes na parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> produzidas em substratos formulados com resíduos renováveis.....	48
Tabela 8.	Teores foliares considerados adequados para a cultura do eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp.).....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

AFD	Água facilmente disponível
AD	Água disponível
AT	Água tamponante
CAN	Cascade arroz <i>in natura</i>
CE	Condutividade elétrica
CO	Composto orgânico
CTC	Capacidade de troca de cátions potencial (pH a 7,0)
DC	Diâmetro do coleto
Da	Densidade Aparente
EA	Espaço de aeração
FC	Fibra de coco
H	Altura
H+Al	Acidez potencial
H/DC	Relação altura/diâmetro do coleto
H/MSPA	Relação altura/massa seca da parte aérea
IQD	Índice de qualidade de Dickson
M	Saturação por Alumínio
Macro	Macroporosidade
Micro	Microporosidade
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSPA/MSR	Relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular
MSR	Massa seca radicular
MSR/MSPA	Relação massa seca radicular/massa seca da parte aérea
MST	Massa seca total
PCN	Palha de café <i>in natura</i>
PT	Porosidade total
SB	Soma de bases
SC	Substrato comercial
TTSS	Teor total de sais solúveis
V	Saturação por bases

SUMÁRIO

RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO GERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.....	3
2.2. SUBSTRATOS.....	4
2.2.1. Tipos de substratos.....	5
2.2.1.1. Lodo de esgoto.....	5
2.2.1.2. Fibra de coco.....	8
2.2.1.3. Palha de café <i>in natura</i>	9
2.2.1.4. Composto orgânico.....	10
2.2.1.5. Casca de arroz <i>in natura</i>	11
2.3. QUALIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS.....	13
2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS.....	14
2.5. PROPRIEDADES DOS SUBSTRATOS.....	16
2.5.1. Propriedades físicas.....	16
2.5.2. Propriedades químicas.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. LOCALIZAÇÃO.....	21
3.2. AQUISIÇÃO E PREPARO DOS SUBSTRATOS.....	22
3.3. ADUBAÇÃO INICIAL.....	24
3.4. SEMEADURA, RALEIO E CONDUÇÃO DAS MUDAS.....	24
3.5. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS.....	25
3.6. ANÁLISE DOS SUBSTRATOS.....	26
3.6.1. Análise Química.....	26
3.6.2. Análise Física.....	27
3.7. ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO VEGETAL.....	27
3.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SUBSTRATOS.....	28
4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS.....	33
4.3. PARÂMETROS MORFOLÓGICOS.....	38
4.4. TEORES DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DAS MUDAS.....	47
5. CONCLUSÕES.....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

RESUMO

PERONI, Leonardo. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis***. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientadores: Prof.^a Dr^a Elzimar de Oliveira Gonçalves e Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia.

Este estudo teve como objetivo testar a utilização de lodo de esgoto e resíduos orgânicos renováveis na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da UFES, no município de Alegre, em tubetes de 280 cm³ de capacidade, contendo diferentes combinações de substratos. Após 90 dias foram avaliadas as características morfológicas e nutricionais. Os substratos utilizados foram formulados a partir de diferentes combinações de lodo de esgoto com resíduos renováveis de origem vegetal, tais como: fibra de coco, palha de café *in natura*, composto orgânico (esterco bovino + palha de café *in natura*) e casca de arroz *in natura*, nas proporções de 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80 (lodo de esgoto:resíduo vegetal), e uma testemunha, constituída por substrato comercial, totalizando 18 tratamentos, com seis repetições de quatro plantas cada. A análise física de todos os substratos formulados demonstrou que os mesmos apresentaram baixa densidade, com tendência de aumento conforme o aumento das proporções de lodo de esgoto na sua composição. Observou-se nos tratamentos com maiores proporções de lodo de esgoto um aumento da porosidade total. Houve redução da macroporosidade em tratamentos que continham valores acima de 60% de fibra de coco e casca de arroz *in natura* acima de 40% na composição de substratos. A maioria dos tratamentos apresentaram microporosidade adequada, e de forma geral, a microporosidade correspondeu a uma maior proporção da distribuição da porosidade em todos os tratamentos. Os tratamentos compostos por resíduos como a palha de café *in natura* e a casca de arroz *in natura* possibilitaram uma maior drenagem ao substrato, o que proporcionou maior espaço de aeração e menor quantidade de água facilmente disponível. A análise química dos substratos revelou um pH baixo, entre 4,0 e 5,7, para todos os tratamentos e CTC adequada para a maioria deles. A utilização de proporções crescentes de fibra de coco, casca de arroz *in natura* e palha de café *in natura* promoveu acréscimos de K ao substrato e redução nos teores de Ca disponível. A utilização de proporções crescentes de lodo de esgoto promoveu aumento do teor total de sais solúveis do substrato. Os tratamentos que continham composto orgânico em sua composição proporcionaram os melhores desenvolvimentos das características morfológicas das mudas. A maioria dos tratamentos apresentou adequados teores foliares de N, Ca, S, Mn e B, altos teores de P e Cu e baixos teores de K, Mg, Fe e Zn. A combinação de resíduos orgânicos renováveis de origem vegetal e lodo de esgoto proporcionaram diferenças importantes em termos de crescimento das mudas, em relação ao substrato comercial comumente

utilizado, demonstrando a importância de se avaliar o potencial de cada resíduo como componente de substrato antes de empregá-lo comercialmente, visto que alguns materiais podem proporcionar um desenvolvimento de mudas aquém do desejado.

Palavras-chave: Lodo de esgoto, fibra de coco, palha de café, casca de arroz, composto orgânico.

ABSTRACT

PERONI, Leonardo. **Renewable substrates in the production of *Eucalyptus grandis* seedlings**. 2012. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Adviser: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-advisers: Prof^a. Dr. Elzimar de Oliveira Gonçalves and Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia.

This study aimed to test the use of sewage sludge and renewable organic waste in the composition of substrates for the production of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden seedlings. The seedlings were grown in the Forest Nursery of the of Forest and Wood Department of the Agricultural Sciences Center from the Federal University of Espírito Santo, in the municipality of Alegre, in tubes with a capacity of 280 cm³, containing different combinations of substrates. After 90 days, the morphological and nutritional characteristics were evaluated. The used substrates were made from different combinations of sewage sludge with renewable vegetable waste such as coconut fiber, fresh coffee straw, organic compost (manure + fresh coffee straw) and fresh rice husk, in proportions of 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 and 20:80 (sewage sludge : crop residues), and a control, consisting of a commercial substrate, totaling 18 treatments with six replicates of four plants each. Physical analysis of all the formulated substrates demonstrated that they showed low density, with a tendency to increase according to the rise of sewage sludge proportions in their composition. It was observed in the treatments containing higher proportions of sludge an increased porosity. There was a reduction of macroporosity values in treatments containing over 60% of coconut fiber and over 40% of fresh rice husk in the substrates composition. Most treatments showed appropriate microporosity, and in general, the microporosity corresponded to a higher percentage of porosity distribution in all treatments. The treatments composed of waste such as fresh coffee straw and fresh rice husks allowed a greater drain to the substrate, which provided more room for airing and a lower amount of water easily available. Chemical analysis of substrates revealed a low pH, between 4.0 and 5.7, for all treatments and adequate CTC for most of them. The use of increasing proportions of coconut fiber, fresh rice husk and fresh coffee straw promoted additions of K to the substrate and reduction of the Ca available. The use of growing proportions of sewage sludge promoted an increase of the total content of soluble salts of the substrate. The treatments containing organic compound in the composition provided the best developments of the seedlings morphological characteristics. Most treatments had proper foliar levels of N, Ca, S, Mn and B, high levels of P and Cu and low concentrations of K, Mg, Fe and Zn. The combination of renewable vegetable organic waste and sewage sludge provided significant differences in terms of seedling growth, compared to the commercial substrate commonly used, demonstrating the importance of evaluating the potential of each residue as a component of the substrate before employing it commercially, since some materials may provide a less impressive seedling development.

Keywords: Sewage sludge, coconut fiber, coffee straw, rice hulls, organic compost.

1. INTRODUÇÃO

A adoção de padrões técnicos e procedimentos adequados na composição dos substratos poderá melhorar a qualidade das mudas produzidas, independente da finalidade à que sejam destinadas, seja para a composição de povoamentos comerciais, recuperação de áreas degradadas ou outros fins.

Um dos itens que influenciam a qualidade das mudas é o substrato, meio no qual as plantas fixarão suas raízes, devendo ser capaz de reter líquidos e disponibilizar nutrientes às plantas (EMBRAPA, 2006)

Como a diversidade de opções de materiais a serem utilizados é grande, não há um substrato perfeito para todas as condições e espécies. É sempre preferível usar componentes de um substrato em forma de mistura, visto que os mesmos apresentam características desejáveis e indesejáveis à planta, quando usados isoladamente (WENDLING e GATTO, 2002).

Segundo Gonçalves et al. (2000) os substratos adequados para a produção de mudas via sementes e estacas podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80% de um componente orgânico (composto orgânico de esterco bovino, casca de eucalipto, pinus, bagaço de cana, lixo urbano, outros resíduos e húmus de minhoca), com 20 a 30% de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

É cada vez maior a demanda pelos substratos comercialmente conhecidos para a utilização nas mais diversas áreas agrícolas, tais como a fruticultura, horticultura, floricultura e florestal e, os produtos existentes poderão não atender à demanda, sendo necessário à difusão de novas alternativas de produtos para serem utilizados como substratos (KRATZ, 2011).

Há que se considerar ainda a concorrência pelos materiais comumente utilizados na formulação de substratos para outros fins, além da produção de mudas, tais como a utilização da casca de pinus para energia, da palha de café *in natura* como cama de aviários, da casca de arroz na cobertura de canteiros de morangos e horticultura, dentre outros.

Outro fator que deve ser considerado é o fato de alguns materiais estarem concentrados em regiões específicas do país, tornando-se escassos e

caros em regiões mais distantes. Sendo assim, é de extrema necessidade a realização de estudos com a finalidade de inventariar os materiais disponíveis nas diferentes regiões, a fim de identificar matérias-primas regionais e de baixo valor econômico, para que possam ser utilizadas como novas opções para a formulação de substratos na propriedade e possibilitem, conseqüentemente, a redução de custos, o aumento da rentabilidade e a independência do agricultor na produção de mudas (DUARTE, 2002).

Uma grande diversidade de materiais de origem vegetal e animal tem sido utilizada como componentes alternativos para a formulação de substratos, na busca por opções que sejam de fácil aquisição, baixo custo e renováveis. Por esta razão, tem crescido a utilização de diversos resíduos na produção de mudas florestais, dando continuidade a um processo evolutivo que se iniciou com a substituição gradativa da terra de subsolo por materiais orgânicos. De acordo com Neves et al. (2010) esta prática tem conferido um caráter cada vez mais sustentável às atividades de produção de mudas, minimizando o impacto ambiental que seria provocado com a disposição inadequada destes resíduos na natureza.

1.1. OBJETIVO GERAL

Testar a utilização de lodo de esgoto e resíduos orgânicos renováveis na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Determinar as características físicas e químicas dos substratos formulados com diferentes proporções de lodo de esgoto e de resíduos orgânicos renováveis;

b) Avaliar os efeitos dos substratos formulados sobre as características morfológicas das mudas de *Eucalyptus grandis* e;

c) Analisar a influência dos substratos formulados na nutrição de mudas de *Eucalyptus grandis*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN

O gênero *Eucalyptus* possui cerca de 600 espécies adaptadas às mais variadas condições edafo-climáticas, sendo a sua maioria de ocorrência natural na Austrália, com exceção para as espécies *E. urophylla* e *E. deglupta* (MORA; GARCIA, 2000).

A espécie *Eucalyptus grandis* ocorre naturalmente na Austrália, na região compreendida entre as latitudes 32°51' a 17°S, em altitudes de 600 a 1.000 metros, onde predomina o clima subtropical, com índice pluviométrico entre 1.000 e 1.800 mm anuais (BLAKELY, 1965). É conhecido popularmente como eucalipto-rosa, pertence à família Myrtaceae, podendo atingir altura entre 20 e 40 metros, com tronco retilíneo, copa aberta ou alongada, sendo multiplicado basicamente por sementes ou estacas (LORENZI, 2003).

A área plantada com o gênero *Eucalyptus* no Brasil totaliza 4.754.334 ha, estando 55,8% deste total concentrados nos estados da região sudeste do país. Juntos, os estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná detém cerca de 86,1% dos plantios nacionais do gênero. Atualmente verifica-se uma expansão nos plantios de *Eucalyptus* rumo aos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Pará, nas áreas denominadas de “novas fronteiras florestais”, incentivados por empresas produtoras de celulose e painéis de madeira (ABRAF, 2011).

O sucesso da utilização do eucalipto na composição de povoamentos florestais deve-se principalmente às suas características de rápido crescimento, boa adaptabilidade às condições de solo e clima, o que lhes propiciam ciclos de corte relativamente curtos e alta produtividade quando comparado com espécies florestais nativas (BARRETO et al., 2007).

O *Eucalyptus grandis* apresenta qualidades superiores em relação às demais espécies do gênero, como por exemplo, a desrama espontânea, que origina fustes de aspecto colunar e liso. Desta forma, constitui-se na espécie mais plantada no Brasil, sendo ainda amplamente utilizada para clonagem e obtenção de híbridos no país (MORA; GARCIA, 2000).

2.2. SUBSTRATOS

Substrato é o meio em que as raízes se desenvolvem capaz de fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas, bem como quantidades necessárias de água, oxigênio e nutrientes (CARNEIRO, 1995).

De acordo com Ribeiro (1998), o substrato deve possuir equilíbrio entre porção mineral, orgânica, água e ar. Deve, portanto, ser firme, poroso o suficiente para garantir boa aeração e boa drenagem, reter umidade, fornecer nutrientes essenciais e ser livre de sementes de espécies vegetais invasoras, nematóides e patógenos. O substrato deve ainda fornecer a fixação necessária da planta e permanência da qualidade por um longo período de tempo (RÖBER, 2000). De acordo com Gonçalves et al. (2000), um bom substrato deve também, possuir essencialmente boa estrutura e consistência para a sustentação de sementes e estacas durante a germinação e enraizamento; não deve se contrair excessivamente após a secagem; isento de sais em excesso, prontamente disponível em quantidade adequada e custos economicamente viáveis; e deve ser padronizado, com características físicas e químicas pouco variáveis de lote para lote.

Os substratos constituem-se num importante insumo agrícola para o melhoramento da produção de mudas de espécies florestais, pela sua ampla utilização no sistema produtivo de mudas e influência direta no desempenho das plantas em campo (KÄMPF, 2005)

Ao longo do tempo, com o avanço da tecnologia na produção de mudas, a terra de subsolo foi gradativamente sendo substituída por outros materiais, principalmente renováveis, como compostos orgânicos, esterco, húmus, cascas de árvores e grãos (KRATZ, 2011).

Dentre a diversidade de materiais que podem ser utilizados como substratos estão os diferentes tipos de resíduos. A sua utilização para este fim, além de contribuir para a redução dos impactos ambientais que seriam gerados com a sua destinação inadequada, proporciona a redução de custos quando disponíveis na região de produção (BEZERRA et al., 2008).

Grande parte do material que é considerado lixo nas cidades é constituída por resíduos orgânicos. Esses resíduos, quando destinados inadequadamente no ambiente, são responsáveis pela geração de lixiviados e

gases, possuindo assim, caráter altamente poluente. A utilização desses materiais para fins agrícolas e florestais, como por exemplo, a realização de compostagens e utilização como substrato para a produção de mudas, contribui para o desenvolvimento sustentável, reduzindo as pressões sobre recursos naturais e gerando compostos orgânicos capazes de fornecer quantidades significativas de nutrientes necessários ao crescimento vegetal.

Segundo Cunha et al. (2005), resíduos como o bagaço de cana, as tortas, o lixo e o lodo de esgoto, constituem materiais com alto potencial de utilização em viveiros, em razão de sua composição química, propiciando um bom desenvolvimento às plantas. Moraes Neto et al. (2003) complementam que muitos viveiristas têm utilizado substratos constituídos, principalmente, por resíduos orgânicos, como alternativa para diminuir os custos com a adubação mineral.

Dado o exposto, deve-se intensificar a realização de estudos referentes aos substratos, a fim de apresentar novas alternativas para a sua formulação. A utilização de resíduos agroindustriais, florestais e urbanos para a produção de mudas, representa uma alternativa viável, pois grandes volumes destes produtos são gerados, podendo causar problemas ambientais quando não destinados adequadamente (KRATZ, 2011).

Uma grande diversidade de materiais de origem vegetal e animal tem sido utilizada como componentes alternativos para a formulação de substratos, na busca por opções que sejam de fácil aquisição, baixo custo e renováveis. A seguir, são caracterizados alguns deles relacionados com o presente trabalho.

2.2.1. Tipos de substratos

2.2.1.1. Lodo de esgoto

O lodo de esgoto ou biossólido, é o lodo originado das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), após passar por processo de estabilização. Trata-se de um resíduo semi-sólido, de caráter predominantemente orgânico, com teor variável de componentes inorgânicos, obtido do tratamento de águas residuárias (CASSINI et al., 2003).

Além da normatização do uso agrícola desse material pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2006), de acordo com a resolução nº 375/2006, que estabelece critérios e procedimentos para o seu uso agrícola, a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10004 (2004) estabelece uma classificação para resíduos sólidos em duas classes: classe I, considerados perigosos, e classe II, não perigosos, que subdivide-se em A (inertes) e B (não inertes). De acordo com a classificação, os resíduos enquadrados na classe I são materiais oriundos principalmente do setor industrial, que apresentam elevados teores de metais pesados quando comparados com lodos de origem doméstica e características como patogenicidade, reatividade, corrosividade, inflamabilidade e toxicidade, apresentando portanto, fortes restrições quanto ao seu uso agrícola (SILVEIRA et al., 2003). O lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto doméstico enquadra-se na classe II A, ou até mesmo B, o que permite o seu uso agrícola com maior segurança, desde que sejam respeitados os limites de uso e atendidos os critérios técnicos e de segurança à saúde humana e ambiental, estabelecidos para o uso agrícola deste tipo de material (TRANNIN et al., 2008).

Embora seja liberado para a utilização na agricultura, o lodo de esgoto pode conter organismos patogênicos como coliformes e helmintos, atrair vetores e possuir odor desagradável (EPA, 1994). Dessa forma, torna-se necessário, em alguns casos, a realização de um pós-tratamento, ou higienização (CORRÊA et al., 2007). Entre os processos de higienização, estão a calagem e a compostagem. Na calagem, o material sofre aumento do pH e temperatura, promovendo a sua estabilização e desinfecção, reduzindo o odor, aumentando a sua porosidade e lhe fornecendo um efeito residual do cálcio (ANDREOLI et al., 1998).

Já a compostagem constitui-se num tratamento biológico onde, inicialmente microorganismos termófilos fazem com que a temperatura do meio se mantenha no mínimo à 55°C por um período de 3 a 15 dias, o que reduz a quantidade de microorganismos patogênicos. Em seguida, a temperatura decresce gradualmente, igualando-se à do ambiente e iniciando-se um período de maturação ou humificação, que dura cerca de 60 dias, gerando ao seu final,

um produto úmido, escuro, de odor semelhante ao de bolor e de fácil manuseio (FERNANDES et al., 1996)

Dentre as diversas formas de disposição final desse resíduo no ambiente, estão a incineração, disposição nos oceanos, reutilização industrial, aterramento sanitário (SILVA et al., 2000) e a utilização agrícola e florestal (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

O lodo de esgoto é um excelente fornecedor de matéria orgânica, e portanto, capaz de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo (JORGE et al., 1991), rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes encontrados em menores concentrações (SILVA et al., 1998).

Os nutrientes contidos no lodo de esgoto possuem impactos diretos no desenvolvimento e rendimento das plantas, quando aplicado no solo. Provoca alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, e conseqüentemente no funcionamento do agroecossistema, assim como estimula a atividade microbiana no solo devido o aumento de carbono e nutrientes disponíveis, ou inibir, devido à presença de metais pesados e outros poluentes (no caso de materiais provenientes de fontes potencialmente poluentes) (PÈREZ, 2008).

O uso do lodo de esgoto como componente de substratos representa uma alternativa viável para a sua disposição final, refletindo em economia de fertilizantes e benefícios ambientais (TRIGUEIRO, 2002).

Maia (1999), relata em experimento utilizando solo, lodo de esgoto e casca de pinus como substrato, comprovou que a presença de solo no substrato é dispensável, e o lodo de esgoto, por sua vez, não deve ser usado puro, apesar da sua relativa fertilidade, devido provavelmente a sua baixa porosidade. Em função disso, as misturas desses componentes com casca de pinus melhoram a porosidade e a aeração do substrato.

Trabalhando com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada e lodo de esgoto em mudas de *Pinus caribea* e *Eucalyptus grandis*, Trigueiro (2002) obteve crescimento satisfatório nos tratamentos com 50 e 40% de lodo de esgoto, onde os parâmetros morfológicos como altura, diâmetro do coleto e massa seca da parte aérea foram estatisticamente semelhantes ao substrato comercial a base de casca de pinus e que, doses maiores que 70% de lodo de esgoto foram prejudiciais ao crescimento de ambas as espécies.

Apesar de apresentar boa fertilidade, o lodo de esgoto não apresenta boas características físicas, devendo portanto, ser utilizado na forma de mistura com outros componentes a fim de dar equilíbrio entre o fornecimento de nutrientes e condições físicas, como aeração e retenção de água (MASS, 2010). De acordo com Guerrini e Trigueiro (2004) os teores mais adequados de lodo de esgoto para a produção de mudas de espécies florestais estão entre 30 e 60 %.

2.2.1.2. Fibra de coco

A fibra de coco é um material leve, de estrutura granular e homogênea, intercalada de fibrilas de altíssima porosidade total e elevada capacidade de aeração, originado do desfibramento industrial da casca do coco (NOGUEIRA et al., 2000). Segundo Kämpf (2000), trata-se de uma alternativa para a produção de substratos, sendo de fácil obtenção e baixo custo, por ser um resíduo da exploração comercial da água de coco, existente em abundância.

A fibra de coco apresenta uma boa capacidade de retenção de água, alta estabilidade física, decomposição lenta e alta molhabilidade, o que traz vantagens para o produtor no manejo da irrigação (WENDLING e GATTO, 2002). O material apresenta, além das características citadas, propriedades estimulantes ao enraizamento e é biodegradável, constituindo-se num meio de cultivo 100% natural e recomendado para a germinação de sementes, propagação de plantas em viveiros e no cultivo de flores e hortaliças (NUNES, 2000; ROSA et al., 2001).

Nogueira et al. (2000) ressaltam que a fibra de coco não sofre o processo de degradação acelerado causado pela intensa aplicação de água e fertilizantes, sendo dessa forma, indicado para culturas de ciclo longo como ornamentais, e para o cultivo de hortícolas sem substrato.

De acordo com Almeida (2005), a fibra de coco apresenta tendência de fixar cálcio e magnésio e liberar potássio no meio, apresentando salinidade média e pH entre 6,3 e 6,5, fatores aos quais o produtor deve atentar para traçar o programa nutricional da cultura.

2.2.1.3. Palha de café *in natura*

A casca ou palha de café é composta pelo epicarpo (ou casca), mesocarpo (ou polpa), endocarpo (ou pergaminho) e película prateada, e provém da limpeza do grão de café (MATIELO, 1991).

Após a colheita e separação das impurezas, o café pode ser processado por via úmida ou seca. No Brasil, o processo mais empregado é o via seca, no qual os grãos são secos em terreiros ou pré-secadores e secadores mecânicos sem tratamento prévio, sendo então beneficiado e obtido a casca de café (SILVA e BERBERT, 1999).

Durante o beneficiamento, a relação entre a obtenção do grão beneficiado e a casca de café é de 1:1, originando assim, grande quantidade de casca de café (BADOCHA et al., 2003). Segundo Vegro e Carvalho (1994), as principais formas de utilização da casca de café são como combustível, carvão ou adubo orgânico.

As características da casca de café são as seguintes: N - 1,78 dag kg⁻¹, P₂O₅ - 0,14 dag kg⁻¹, K₂O - 3,75 dag kg⁻¹, Ca - 0,41 dag kg⁻¹, Mg - 0,13 dag kg⁻¹, S - 0,15 dag kg⁻¹, B - 34 mg kg⁻¹, Cu - 18 mg kg⁻¹, Fe - 150 mg kg⁻¹, Mn - 29 mg kg⁻¹, Mo - 0,07 mg kg⁻¹, Zn - 70 mg kg⁻¹ e MS - 90%.

Trata-se, portanto, de um bom fornecedor de matéria orgânica, K e N, além de proporcionar diversos benefícios para o solo e plantas quando utilizado como cobertura morta, tais como: fornecimento de nutrientes para as plantas por meio do processo de mineralização; melhoria da capacidade de retenção de umidade pelo solo; melhoria do sistema radicular; menor amplitude térmica nas camadas superficiais do solo; melhoria do arejamento do solo; controle da erosão e redução do crescimento de espécies invasoras, tendo como consequência um incremento na produtividade da cultura e gerando maiores lucros ao produtor rural (BADOCHA et al., 2003).

A palha de café tem sido utilizada, ainda que de forma incipiente, para a realização de trabalhos envolvendo a produção de mudas, constituindo substratos, na forma *in natura*, compostada ou misturada à outros materiais. Rondon Neto e Ramos (2010) testaram a casca de café decomposta, dentre outros resíduos orgânicos, na produção de mudas de espécies florestais em tubetes, embora esse material não tenha feito parte dos substratos eleitos

como mais satisfatório ao desenvolvimento das mudas no estudo em questão. Martins Filho et al. (2007) concluíram que os substratos com palha de café mostraram-se inadequados para a formação de mudas de palmeiras (*Bactris gasipaes* H.B.K. e *Archantophoenix alexandrae* Wendl e Drud.). Em experimento com mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), a utilização de substrato composto por substrato comercial, casca de café, pó de serra, areia e solo na proporção de 1:1:1:1:2 (v/v) e de fertilizante de liberação controlada (osmocote) até a dose de 4 kg m⁻³ demonstrou ser uma boa alternativa de acordo com Mendonça et al. (2006).

2.2.1.4. Composto orgânico

Composto orgânico é o produto biologicamente estável e pouco agressivo aos organismos do solo e plantas, húmico e rico em nutrientes como S, Zn, Mn e Cu, que podem ser liberados para as plantas ao longo do tempo, reduzindo ou até mesmo substituindo a fertilização mineral. Origina-se do processo de transformação de matéria orgânica facilmente degradável, denominado compostagem, que permite a reciclagem do material putrescível de origem vegetal e animal, como por exemplo, restos de comida, folhas, fezes de animais (SILVA et al., 2002).

Segundo Costa et al. (2005b), a compostagem acelera a decomposição do material orgânico por meio do desenvolvimento microbiano, sendo influenciada basicamente por fatores como temperatura, aeração, umidade, relação C/N e nutrientes. A decomposição do material pode ser ativada por meio da utilização de inoculo, entretanto, para que o processo tenha viabilidade econômica é importante que sejam utilizados resíduos ricos em microorganismo, como esterco, e que estejam disponíveis nas proximidades do local de geração do resíduo que pretende-se reciclar.

Os principais objetivos da compostagem são melhorar as propriedades do solo, principalmente nos aspectos de fertilidade, estrutura, poder tampão, aumento da CTC, retenção de água e redução da temperatura (EMBRAPA, 2006).

Dentre os elementos necessários à decomposição do composto, o carbono e nitrogênio são os mais importantes, sendo o carbono mais requerido

pelos microorganismos, à uma razão ideal de 30/1 (carbono/nitrogênio). Leguminosas apresentam uma relação de 20/1 a 30/1 em média, palhas e cereais de 50/1 a 200/1 e madeiras de 500/1 a 1000/1 (SOUZA; REZENDE, 2006).

O composto orgânico é uma boa alternativa para ser usada na substituição e ou em misturas para produção de mudas (PONTES, 1996). De acordo com Embrapa (2006), podem ser utilizados na compostagem diversos tipos de materiais, como resíduos vegetais (palhas, cascas, restos de podas e aparas, etc.) e resíduos de origem animal (restos de abatedouro, escamas de peixe, fezes, etc.). Quase todo material de origem vegetal e animal pode ser utilizado na produção de compostos, com exceção de subprodutos como madeira tratada com pesticidas ou verniz, papel e esterco de animais alimentados em pastagens que receberam herbicidas.

2.2.1.5. Casca de arroz *in natura*

A casca de arroz é um resíduo agroindustrial, subproduto do beneficiamento do arroz, cereal de extrema relevância no Brasil. De acordo com levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), é prevista uma produção entre 11,97 e 12,52 milhões de toneladas de arroz para a safra brasileira 2011/12 (RAMOS, 2011), sendo que desse total, 22% correspondem à casca.

Esse material é composto de 20% de matéria inorgânica e 80% de matéria orgânica. A fração orgânica é composta por 50% de celulose, 26% lignina e 4% de outros componentes como óleos e proteínas. A alta concentração de celulose e lignina limita o processo de decomposição da casca de arroz e reduz a biodisponibilidade dos outros compostos da casca. Sua decomposição só é possível em meio aeróbico na presença de certos fungos específicos. A parte inorgânica é constituída de 96% e 6% de sílica e de óxidos de potássio, de magnésio, sódio e cálcio, além de traços de elementos como ferro, manganês e alumínio, respectivamente (PIRES et al., 2006; HOUSTON, 1972).

A casca de arroz é caracterizada por sua alta dureza, fibrosidade, natureza abrasiva e resistência à degradação, constituindo portanto, um

subproduto agrícola de baixo valor nutritivo, sem utilidade como adubo orgânico e como complemento alimentar para animais. Atualmente, o maior uso da casca de arroz é como fonte energética em olarias, fornos pra secagem de grãos, produção de blocos e painéis na construção civil por meio de suas cinzas, nas vidrarias, como refratários, etc (DELLA et al., 2001).

Como destino primário, a ser considerado, está a compostagem da casca de arroz, reduzindo sua carga orgânica. Este método é empregado, de forma indireta, pela maioria dos produtores de arroz, já que boa parte da casca gerada é depositada no solo como única forma de disposição deste resíduo. Um problema deste tratamento é o tempo que a casca de arroz leva para se decompor, aproximadamente 5 anos, além do grande volume de metano (CH₄) emanado. A casca apresenta também baixa densidade, em torno de 130 kg/m³, resultando num grande volume necessário para a sua disposição (MAYER et al., 2006).

Na produção de mudas, a casca de arroz tem sido muito utilizada na forma carbonizada, ou seja, após passar por combustão incompleta sob alta temperatura e condições de baixo oxigênio. A carbonização da casca de arroz *in natura* é utilizada como método para contornar o problema de excesso de lignina e celulose, acelerando a sua decomposição e liberando resíduos de carbono, sílica e outros minerais (VILLELA, 2009).

Em estudo testando diferentes combinações de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada, Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram que os substratos contendo 40 a 70% de casca de arroz carbonizada foram considerados os mais adequados para o crescimento de mudas de espécies florestais, apresentando características de equilíbrio entre densidade, porosidade e capacidade de retenção de água. Lang e Botrel (2008) verificaram que a adição de 50% de casca de arroz carbonizada no substrato comercial à base de casca de pinus decomposta proporcionou maior produtividade em mudas de *Eucalyptus grandis*, reduzindo assim os custos da produção da muda.

Na literatura podem ser encontrados diversos trabalhos utilizando a casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas florestais, ornamentais e hortícolas. Entretanto, esse resíduo tem sido muito pouco utilizado na forma *in natura* como substrato para a produção de mudas. Apresenta baixa capacidade de retenção de água, drenagem rápida e eficiente,

proporcionando boa oxigenação para as raízes, elevado espaço de aeração ao substrato, resistência à decomposição, relativa estabilidade de estrutura, baixa densidade e pH próximo à neutralidade (MELLO, 2006). Assim, torna-se necessária a realização de testes com esse material na forma *in natura*, tornando a sua utilização mais prática ao dispensar a fase de carbonização, reduzindo custos e contribuindo com a redução dos problemas da sua destinação no ambiente.

2.3. QUALIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

A formação de plantas de qualidade resulta de diversas características morfológicas e fisiológicas que controlam o seu desenvolvimento e crescimento. O manejo em viveiro e as influências genéticas podem afetar significativamente a qualidade (RUBIRA e BUENO, 1996).

A qualidade das mudas influencia na porcentagem de sobrevivência, no crescimento e conseqüentemente, no sucesso do plantio; pois mudas de melhor qualidade apresentam maior potencial de crescimento e exercem melhor competição com a vegetação invasora, reduzindo assim, os custos com tratamentos culturais (MORGADO et al., 2000).

A sobrevivência, o estabelecimento, a necessidade dos tratamentos culturais e o crescimento inicial das florestas são avaliações que indicam o sucesso do empreendimento florestal, e que estão diretamente relacionadas com a qualidade das mudas por ocasião do plantio (FONSECA, 2005).

Os substratos afetam diretamente a qualidade de uma muda, pois influenciam na germinação das sementes, iniciação e formação do sistema radicular, enraizamento de estacas e formação da parte aérea, por meio de suas características de aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade de nutrientes, juntamente com o manejo e condução em viveiro (CALDEIRA et al., 2000a; GONÇALVES et al., 2000).

Segundo Carneiro (1995), os critérios para a classificação da qualidade das mudas baseiam-se fundamentalmente em aumentar o percentual de sobrevivência no campo e diminuir a frequência dos tratamentos culturais após o plantio. O autor ressalta ainda que, o padrão de qualidade das mudas pode variar entre espécies, dentro de uma mesma espécie e entre sítios e que, ainda

que apesar de existir esforços para normatizar e difundir padrões de qualidade para mudas, estes ainda baseiam-se na altura da parte aérea e diâmetro do coleto (CARNEIRO, 1995).

Empresas florestais fundamentam-se em características morfológicas para a classificação da qualidade de mudas de eucalipto que baseiam-se na avaliação das plantas por meio de unidades amostrais, nas quais são consideradas: altura média (entre 15 e 30 cm), diâmetro do coleto (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) (GOMES et al., 1996). Nesse sentido, tem crescido a realização de estudos com o intuito de utilizar os parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas (FONSECA, 2000).

2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS

A qualidade das mudas aptas para o plantio pode ser determinada utilizando-se características que baseiam-se nos aspectos internos das plantas, denominados de fisiológicas, ou nos fenotípicos, denominados de morfológicas. As características morfológicas embora sejam mais utilizados, carecem de uma definição mais acertada para responder às exigências das mudas quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas condições adversas encontradas após o plantio no campo (GOMES et al., 2002).

As características morfológicas são atributos determinados de forma física ou visual, e a realização de pesquisas tem demonstrado a importância dos critérios que adotam essas características para o sucesso do desempenho das mudas em campo (FONSECA, 2000).

Dentre as características morfológicas mais utilizadas na determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies arbóreas, destacam-se a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, a massa seca da parte aérea, a massa seca das raízes e a massa seca total (SABONARO, 2006). Chaves e Paiva (2004) ressaltam que algumas relações têm sido utilizadas para a avaliação da qualidade das mudas, tais como: relação da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto (H/D), a relação da altura da parte aérea com a massa seca

da parte aérea (H/MSPA), a relação da massa seca da parte aérea com a massa seca radicular (MSPA/MSR) e o Índice de Qualidade de Dickson que considera a massa seca da parte aérea, radicular e total, e a altura e o diâmetro do coleto das mudas.

Segundo Knapik et al. (2005), a altura da parte aérea é um parâmetro de fácil determinação para qualquer espécie e tipo de viveiro, além de não acarretar a destruição das mudas para a sua medição, constituindo-se num excelente parâmetro para a avaliação do padrão de qualidade das mudas de espécies florestais.

O diâmetro do coleto relaciona-se diretamente com o índice de sobrevivência e crescimento inicial das plantas no campo e reflete o equilíbrio do crescimento com a parte aérea, principalmente quando se exige rustificação das mudas (GOMES; PAIVA, 2006, KRATZ, 2011).

A massa seca da parte aérea relaciona-se diretamente com a qualidade e quantidade das folhas, sendo uma característica de grande importância pelo fato das folhas constituírem-se numa das principais fontes de fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios, etc.) e nutrientes necessários para o suprimento das necessidades da planta no primeiro mês de plantio (BELLOTE; SILVA, 2000)

Devido a função de absorção de água e nutrientes que as raízes apresentam, a massa seca radicular tem sido considerada um importante característica pra a avaliação da sobrevivência e crescimento inicial das mudas em campo (GOMES; PAIVA, 2006). Os autores afirmam ainda que, a sobrevivência será tanto maior quanto mais abundante for o sistema radicular, havendo uma correlação entre a massa seca das raízes e a altura da parte aérea.

Também denominado quociente de robustez, a relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto caracteriza o equilíbrio de desenvolvimento das mudas no viveiro, e deve ser levada em consideração para a classificação da qualidade das mudas, devido à sua facilidade operacional e precisão (CARNEIRO, 1995). Segundo o autor, este índice revela o equilíbrio no desenvolvimento, devendo situar-se entre os limites de 5,4 a 8,1, onde quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo.

A relação entre altura da parte aérea e massa seca da parte aérea é comumente utilizada para a avaliação do padrão de qualidade das mudas e predição do seu potencial de sobrevivência no campo e, quanto menor for o seu valor, mais lignificada a muda será e maior a sua capacidade de sobrevivência no campo (ALMEIDA, 2005).

A relação entre massa seca da parte aérea e massa seca radicular embora seja considerada um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas, poderá não ter significado para o crescimento no campo (GOMES; PAIVA, 2006).

Obtido através de uma fórmula que considera características morfológicas como a massa seca total, massa seca da parte aérea e radicular, e altura da parte aérea e diâmetro do coleto, o índice de qualidade de Dickson é considerado um bom indicador da qualidade das mudas, por se tratar de uma medida morfológica ponderada que considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda (FONSECA, 2000).

No entanto, as características morfológicas não devem ser utilizadas isoladamente para avaliação e classificação do padrão de qualidade das mudas, a fim de que não ocorra equívocos no momento da seleção das mesmas (FONSECA et al., 2002, CALDEIRA et al., 2005; 2007).

2.5. PROPRIEDADES DOS SUBSTRATOS

2.5.1. Propriedades físicas

De acordo com Milner (2001), as propriedades físicas de um substrato podem ser consideradas mais importantes que as químicas, já que a sua composição não pode ser facilmente modificada pelo viveirista.

As propriedades físicas mais importantes para determinação do manejo dos substratos são a granulometria, densidade, porosidade e capacidade de retenção de água. Segundo Gonçalves e Poggiani (1996), as características que definem o nível de eficiência dos substratos como a aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade de nutrientes estão diretamente relacionadas com a formação de mudas de qualidade, pois influenciam os

processos de germinação de sementes, iniciação radicular e formação do sistema radicular e parte aérea.

O conhecimento da granulometria do substrato e da proporção entre macro e microporosidade, bem como, as conseqüentes relações entre água e ar permitem o uso mais eficiente em diferentes condições (FERMINO, 2002). Tavares Junior (2004) ressalta que, embora esta característica influencie na aeração das raízes e tenha importância fundamental para a manutenção da integridade do conjunto muda-substrato e preservação da sua estabilidade e manuseio após a retirada do tubete, ela não tem sido muito avaliada em trabalhos.

A densidade aparente é definida pela massa do substrato por unidade de volume ocupado por ele (CARNEIRO, 1995). Segundo Fermino (2003), o valor da densidade é importante para a interpretação de outras características, como porosidade, espaço de aeração, disponibilidade de água, além da salinidade e teor de nutrientes.

De acordo com Martinez (2002), a densidade aparente indica o peso do substrato, e dessa forma, apresenta influência sobre o transporte, manipulação em viveiro e estabilidade das plantas. Substratos muito densos oferecem maiores limitações ao crescimento das plantas, devido à menor porosidade total, arrançamento das partículas sólidas e compactação (KAMPF, 2000).

A densidade do substrato dentro do recipiente dependerá da pressão aplicada sobre o substrato durante o preenchimento, do peso e umidade das partículas e do efeito da irrigação (FERMINO, 2003). A água da chuva, a compactação por máquinas e equipamentos (no caso de viveiros de raiz nua) e os níveis de matéria orgânica também influenciam a densidade do substrato (CARNEIRO, 1995).

Kampf e Fermino (2000) recomenda a utilização de substratos com densidade de 100 a 300 kg m⁻³ para a produção de mudas em bandejas. Mas, de acordo com Fermino (2003) quanto menor o tamanho do recipiente menor deve ser a densidade do substrato nele utilizado.

A porosidade de um substrato é composta pelos espaços aéreos ocupados por água, ar e raízes, sendo sua quantidade determinada pelo arranjo das partículas sólidas (CARNEIRO, 1995). De acordo com Gonçalves (2002), o grau de desenvolvimento estrutural do meio relaciona-se

estritamente com a sua porosidade e conseqüentemente, com sua capacidade de drenagem, aeração e capilaridade, propriedades que regulam os processos de trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, e também processos de transferência de água e nutrientes às raízes. Fermino (2003) complementa que, a forma e o tamanho dos poros são ainda mais importantes que o espaço poroso, pois determinam a relação entre o volume de água e ar presentes no substrato.

Os poros podem ser classificados em macro e microporos. Quando o substrato encontra-se saturado hidricamente, os macroporos são preenchidos por água e o seu volume é definido como espaço de aeração, ao passo que os microporos estão preenchidos por água e este volume representa a capacidade de retenção hídrica de um substrato (KAMPF, 2005)

Em geral, os substratos apresentam maior porosidade do que o solo, pois a maioria dos materiais utilizados tem poros externos, além dos internos formados entre as partículas. Em materiais orgânicos, os poros internos formam uma rede de canais com o meio externo. Entretanto, a combinação de partículas de diferentes tamanhos pode levar à redução da porosidade em comparação com os valores apresentados pelo conjunto de partículas de mesmo tamanho, o que pode ser explicado pelo efeito cimentante ocasionado pelo alojamento das partículas menores entre os espaços livres formados pelo arranjo das partículas maiores (FERMINO, 2002).

Conceitua-se como capacidade de retenção de água a máxima quantidade de água que um substrato consegue reter após drenagem sem restrição. O seu conhecimento permite um manejo racional das plantas em função da água disponível (SUGUINO, 2006). Segundo o autor, substratos com baixa capacidade de retenção de água poderão provocar estresse hídrico na planta, interrompendo o fluxo de nutrientes e possibilitando o aumento da concentração de sais no substrato, que culminarão em efeito tóxico e retirada de água da muda. Em substratos com retenção excessiva de água, poderá ocorrer um acúmulo de CO₂ e redução da aeração das raízes.

A capacidade de retenção de água divide-se entre água facilmente disponível (volume de água liberado entre 10 hPa e 50 hPa de tensão), água tamponante (volume de água liberado entre 50 hPa e 100 hPa de tensão) e água remanescente (volume de água que permanece no substrato após

aplicação de 100 hPa de tensão) (DE BOOT; VERDONCK, 1972). De acordo com esses autores, a porosidade total (PT) do substrato é definida como o volume de água retido no substrato na tensão de 0 hPa (totalmente saturado) enquanto que o volume de ar presente no substrato após cessar a drenagem sem restrição é determinado pela tensão de 10 hPa. O espaço de aeração (EA) do substrato corresponde à diferença entre a PT do substrato e o volume de água retido a 10 hPa.

O volume de água retido no substrato entre as tensões de 10 e 100 hPa representa a água disponível (AD) às plantas. A água facilmente disponível (AFD) é representada pelo volume de água retido entre as tensões de 10 e 50 hPa, e água tamponante (AT), entre as tensões de 50 e 100 hPa (DE BOOT; VERDONCK, 1972). Os autores explicam que a água tamponante consiste no volume de água retido no substrato que é utilizado em eventuais situações de estresse hídrico onde a tensão matricial do substrato atinge valores maiores que 50 hPa, e que o volume de água retido no substrato após a aplicação da tensão de 100 hPa corresponde à água remanescente (AR) do substrato, que não é disponível para a planta.

De maneira geral, substratos com menor capacidade de retenção de água exigem maior freqüência de irrigação ou um maior volume de água aplicada na mesma (WENDLING et al., 2007). Já substratos que possuem maior capacidade de retenção de água (maior microporosidade) requerem maior rigorosidade no controle da irrigação, a fim de que se evite o encharcamento (GONÇALVES et al., 2000).

2.5.2. Propriedades químicas

Ao contrário das propriedades físicas, as propriedades químicas dos substratos são relativamente fáceis de serem corrigidas por meio da realização de fertilizações de base e cobertura (GONÇALVES et al., 2000).

As propriedades químicas dos substratos referem-se principalmente ao valor de pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade e o teor de matéria orgânica (KÄMPF e FERMINO, 2000). São características importantes especialmente em relação à disponibilidade de nutrientes para as plantas, e devem estar relacionadas com a fertirrigação aplicada (LUDWIG, 2010).

Os substratos podem ser quimicamente ativos ou inativos. Os quimicamente ativos são aqueles que permitem as trocas de nutrientes entre o substrato e a solução. Os substratos inativos são aqueles que, do ponto de vista de sua atividade química, apresentam trocas nulas ou muito reduzidas entre a fase sólida e líquida (MARTINEZ, 2002).

O pH está relacionado sobretudo com a disponibilidade de nutrientes às plantas, bem como com as propriedades fisiológicas das plantas. Valores inadequados de pH podem afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente sob acidez excessiva. Plantas cultivadas em ambientes ácidos têm concentrações menores de nutrientes à sua disposição, além de ficarem sujeitas a uma maior absorção de elementos tóxicos como alumínio e manganês. No entanto, as espécies apresentam diferenças genéticas que lhes conferem graus de sensibilidade diferentes para o mesmo valor de pH (FERMINO, 1996).

Um pH baixo (abaixo de 5) reduz sensivelmente a atividade microbiana e, conseqüentemente, a formação de nitratos e sulfatos, diminuindo a disponibilidade de nitrogênio, cálcio, magnésio e potássio, insolubiliza o fósforo, boro, cobre e zinco, e provocando o aparecimento de concentrações tóxicas de alumínio, ferro e manganês. Um pH muito elevado ou elevada alcalinidade (acima de 6,5), diminui demasiadamente a disponibilidade de fósforo e micronutrientes (cobre, zinco, ferro e manganês) às plantas (KAMPF e FERMINO, 2000). Os autores ressaltam ainda que os valores de pH variam muito entre os diversos componentes de substratos, desde extremamente baixos, como turfas e xaxim, até os extremamente altos, como a vermiculita, casca de arroz e casca de acácia. Para substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendada é de 5 a 5,8 e quando for à base de solo mineral, entre 6 e 6,5.

A CTC de um solo ou substrato é a propriedade que suas partículas sólidas tem de adsorver e trocar cátions. O tamanho das partículas do substrato é um fator que afeta a CTC, pois quanto menor a partícula, maior será a superfície específica com pontos de troca. A matéria orgânica humificada apresenta alta CTC, contribuindo significativamente para a melhoria dessa propriedade no solo (KAMPF e FERMINO, 2000).

Considerando-se que muitos cátions presentes no substrato são nutrientes, a capacidade de troca de cátions (CTC) é um indicativo da capacidade de manutenção destes nutrientes e também uma informação valiosa do potencial de fertilidade do substrato. O aumento da CTC está relacionado principalmente ao aumento do teor de matéria orgânica e/ou à correção do pH do substrato (CARNEIRO, 1995).

A salinidade, medida pela condutividade elétrica, expressa a quantidade de sais contida na solução do substrato, e baseia-se na premissa de que os íons dissolvidos na água conduzem corrente elétrica na proporção direta de sua concentração. Quando este valor for muito elevado, podem ser verificados alguns efeitos negativos, como o aumento da pressão osmótica e conseqüente diminuição da absorção dos nutrientes (FERMINO, 1996).

A salinidade de um substrato pode afetar negativamente o cultivo, sendo que a condutividade elétrica acima de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ é considerada excessiva para a maior parte das plantas (MARTINEZ, 2002). Assim, o conhecimento da salinidade faz-se necessário, pois ela está relacionada com a capacidade de troca catiônica (CTC) dos substratos e o seu excesso pode causar perdas na produção. Segundo Kämpf e Fermino (2000), trata-se de um dos itens a ser levado em consideração na escolha do material, onde se busca obter materiais com salinidade abaixo de $1,0 \text{ g L}^{-1}$.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no município de Alegre no sul do Estado do Espírito Santo, localizado na latitude $20^{\circ}45' \text{ S}$ e longitude $41^{\circ}31' \text{ W}$, com altitude média de 120 m. O clima enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, sendo a temperatura média anual de $24,1^{\circ}\text{C}$, com máximas diárias de 31°C e mínimas de $20,2^{\circ}\text{C}$ e precipitação anual média de 1104 mm (MAIA et al., 2007).

3.2. AQUISIÇÃO E PREPARO DOS SUBSTRATOS

O lodo de esgoto (LE) foi doado pela empresa Foz do Brasil S.A., sendo proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da empresa localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, região sul do Estado do Espírito Santo. As quantidades de metais pesados presentes neste material foram determinadas por meio de análise química fornecida pela própria empresa que doou o material, realizada para verificar se o mesmo encontra-se dentro dos limites estipulados pela Resolução Nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2006). Os resultados da análise química podem ser conferidos na tabela 1.

Tabela 1. Análise química do lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Foz do Brasil de Cachoeiro de Itapemirim-ES

Parâmetros	Resultados Analíticos	CONAMA 375/2006
Arsênio	< 0,5 mg dm ⁻³	41 mg dm ⁻³
Bário	156 mg dm ⁻³	1300 mg dm ⁻³
Cádmio	< 0,053 mg dm ⁻³	39 mg dm ⁻³
Chumbo	29 mg dm ⁻³	300 mg dm ⁻³
Cobre	98 mg dm ⁻³	1500 mg dm ⁻³
Cromo	26 mg dm ⁻³	1000 mg dm ⁻³
Molibdênio	3,5 mg dm ⁻³	50 mg dm ⁻³
Níquel	11 mg dm ⁻³	420 mg dm ⁻³
Selênio	< 0,5 mg dm ⁻³	100 mg dm ⁻³
Zinco	409 mg dm ⁻³	2800 mg dm ⁻³
Fósforo Total	4128 mg dm ⁻³	-
pH (Suspensão a 5%)	5,2 mg dm ⁻³	-
Enxofre	1,3 %	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	5646 mg dm ⁻³	-
Nitrogênio Amoniacal	60 mg dm ⁻³	-
Carbono Orgânico Total	16 %	-
Potássio	1623 mg dm ⁻³	-
Sódio	399 mg dm ⁻³	-

O material ficou exposto à pleno sol em ambiente aberto por 30 dias, e foi posteriormente passado por uma peneira de aço com malha de 2 mm para homogeneização das partículas.

A fibra de coco (FC) triturada e o substrato comercial foram doados pela empresa Fibria Celulose S.A., Unidade Aracruz-ES. O composto orgânico foi formulado utilizando iguais proporções (1:1) de esterco bovino e palha de

café *in natura*. O esterco bovino utilizado foi proveniente das atividades pecuárias da Área Experimental I/CCA-UFES. Antes da preparação do composto, os resíduos passaram por um processo de cura no próprio viveiro, por meio do qual os microorganismos presentes no próprio material promoveram a sua decomposição até que este se tornasse estável e utilizável para a preparação do composto orgânico, o que levou um período em torno de 60 dias. A palha de café *in natura*, assim como a casca de arroz *in natura* foram adquiridas de doações de produtores agrícolas do município de Muniz Freire - ES.

Seguindo às proporções citadas na Tabela 2, os tratamentos foram obtidos misturando-se o lodo de esgoto com diferentes componentes (fibra de coco, palha de café *in natura*, composto orgânico e casca de arroz *in natura*). Para medir os volumes necessários dos componentes a serem misturados, foi utilizada uma proveta graduada com capacidade para 1000 mL e, após a homogeneização dos mesmos, foram separadas amostras de cada tratamento para a posterior realização das análises químicas e físicas.

Para a produção das mudas foram utilizados tubetes cilindro-cônicos com capacidade volumétrica de 280 cm³ e com dimensões de 19 cm de comprimento, 5,2 cm de diâmetro de abertura superior e 1,3 cm de diâmetro de abertura inferior, com oito estrias internas salientes. Tendo em vista a granulometria grosseira da maioria dos substratos testados, o uso de tubetes destas dimensões objetivou oferecer maior espaço disponível para o desenvolvimento radicular das mudas. Os tubetes foram dispostos em bandejas de polipropileno, com dimensões de 60 cm x 40 cm e capacidade para 54 unidades.

Para o preenchimento individual dos tubetes utilizou-se uma mesa de apoio com encaixe para as bandejas, e a operação foi dividida em três etapas, em que, em cada etapa, preencheu-se cerca de 1/3 da capacidade do tubete com o substrato, seguido de compressão manual. Com o auxílio de uma régua de madeira, retirou-se o excesso de substrato, procedendo-se em seguida, irrigação para a uniformização e assentamento do substrato no interior dos tubetes.

3.3. ADUBAÇÃO INICIAL

No momento da mistura dos materiais, foram adicionadas as quantidades de fertilizantes conforme recomendação proposta por Gonçalves et al. (2000), para o *Eucalyptus*. Para a produção de mudas em tubetes de polipropileno, utilizou-se 750g de sulfato de amônio (20% N); 1667g de superfosfato simples (18% P₂O₅) e 100g de cloreto de potássio (60% K₂O) por m³ de substrato. Optou-se por utilizar fertilizantes em pó, pela facilidade de homogeneização no substrato. A calagem, adubação com micronutrientes e adubação de cobertura não foram realizadas.

3.4. SEMEADURA, RALEIO E CONDUÇÃO DAS MUDAS

As sementes de *Eucalyptus grandis* foram adquiridas junto à empresa especializada em comercialização de sementes florestais, que apresentou registro de certificação de produção com origem das sementes. Realizou-se a semeadura direta nos tubetes, de forma manual, em que cada tubete recebeu uma quantidade de sementes tomada com as pontas dos dedos contendo aproximadamente 0,0139 gramas ou 33 sementes, as quais foram cobertas por uma fina camada de substrato comercial para todos os tratamentos.

Após a semeadura, quando as plântulas apresentaram dois ou três pares de folhas, realizou-se um raleio por meio de corte das mudas excedentes com tesoura. Deixou-se como remanescente a planta mais centralizada no tubete e com melhor crescimento da parte aérea.

Os tubetes foram acondicionados em bandejas, com capacidade de 54 células, em bancadas suspensas a 80 centímetros de altura do solo, na casa de sombra, coberta com tela que permite a passagem de 50 % da luminosidade. Os tratamentos foram distribuídos de forma casualizada nas bandejas, sendo 24 plantas úteis por bandeja (6 repetições de 4 plantas), totalizando 18 bandejas e 432 plantas.

A irrigação foi realizada com micro-aspersores quatro vezes ao dia, por sistema de irrigação automático, sendo realizadas duas irrigações na parte da manhã e duas na parte da tarde.

Após 60 dias da sementeira, as mudas seguiram para a área de rustificação, onde ficaram expostas a pleno sol por 30 dias, sob sistema de irrigação automático, duas irrigações no período da manhã e duas à tarde. No momento em que foram transferidas para a área de rustificação, realizou-se o espaçamento das mudas, sendo dispostas de forma alternada e passando a ocupar 50 % da área útil da bandeja, visando o aumento do espaço entre as mudas, redução da competição por luz, aumento da circulação de ar e melhoria da eficiência de irrigação.

3.4. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS

Aos 90 dias após a sementeira, foram determinadas as características morfológicas de todas as plantas, sendo analisadas as seguintes variáveis:

a) altura da parte aérea e diâmetro do coleto: para a característica altura da parte aérea considerou-se o comprimento entre o coleto e a extremidade da folha mais jovem, medido com régua graduada em milímetros. O diâmetro do coleto foi medido com paquímetro digital com precisão de 0,01 milímetros;

b) massa seca da parte aérea e da raiz: a parte aérea (folhas e caule) e radicular foram separadas por meio de corte em nível do substrato, seguindo-se a lavagem das partes em água corrente, separação e disposição em sacos de papel, posteriormente postos para secar em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura entre 60 e 70°C até o alcance de umidade e massa constantes;

c) relação altura/diâmetro do coleto: determinada pela divisão dos valores médios obtidos da altura e do diâmetro do coleto;

d) relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular: determinada pela divisão dos valores médios obtidos da massa seca da parte aérea e da massa seca da parte radicular das mudas;

e) Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960; citado por FONSECA et al., 2002): obtido ao considerar os valores de massa seca da parte aérea, das raízes e de massa seca total, altura e diâmetro do coleto das mudas. Os valores deste índice serão obtidos por meio da Equação (1).

$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{\frac{H_{(cm)}}{DC_{(mm)}} + \frac{MSPA_{(g)}}{MSR_{(g)}}} \quad (1)$$

em que:

MST = massa seca total

H = altura da parte aérea

DC = diâmetro de coleta

MSPA = massa seca da parte aérea

MSR = massa seca radicular

3.6. ANÁLISE DOS SUBSTRATOS

3.6.1. Análise Química

Utilizou-se o método da EMBRAPA (2009) para a determinação dos teores disponíveis de macronutrientes, pH, alumínio trocável (Al), acidez trocável (H+Al), capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) nos substratos renováveis utilizados.

Para a extração do P disponível utilizou-se solução de ácido clorídrico e ácido sulfúrico e a determinação dos teores feita por colorimetria. Para Ca e Mg, os teores foram determinados por espectroscopia de absorção atômica após extração com cloreto de potássio. O K e o Na foram extraídos com solução de ácido clorídrico e ácido sulfúrico e seus teores determinados por fotometria de chama. A acidez trocável foi determinada em extrato de acetato de cálcio e titulada com hidróxido de sódio. O Al foi extraído com solução de cloreto de potássio e titulado com hidróxido de sódio. O pH em água foi determinado utilizando a relação substrato-solução de 1:2,5. Foram calculadas a CTC a pH 7,0, soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

A condutividade elétrica e o teor total de sais solúveis foram determinados no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e

Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), seguindo-se a metodologia proposta na Instrução Normativa SDA N° 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007).

3.6.2. Análise Física

Da mesma forma como foram realizadas as determinações da condutividade elétrica e teor total de sais solúveis, a caracterização física dos substratos também foi realizada no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), conforme metodologia constante na Instrução Normativa SDA N° 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007).

Para a realização das análises encaminhou-se uma amostra de 1,5 L de substrato, sem adubação de base, retirada de todos os tratamentos utilizados para a produção das mudas.

Foram determinados a densidade aparente, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e disponibilidade de água (água facilmente disponível, água tamponante e água disponível).

3.7. ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO VEGETAL

Ao final do período de produção das mudas, 90 dias após a semeadura, realizou-se a análise química da parte aérea das mudas para a determinação dos teores dos nutrientes. A parte aérea das mudas de cada tratamento foi triturada, separada e identificada.

A determinação dos teores totais de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn, B) foi realizada no Laboratório de Pesquisa e Rotina em Solos e Nutrição de Plantas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper; CRDR – Centro Serrano), localizado em Venda Nova do Imigrante-ES, segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

3.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

A unidade experimental foi representada por quatro plantas dispostas, individualmente, em tubetes. Os tratamentos consistiram de 18 combinações de substratos (Tabela 2), dispostos num DIC com 6 repetições.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos com o percentual dos materiais utilizado na formulação dos substratos

		Tratamentos																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
LE	100	80	60	40	20	80	60	40	20	80	60	40	20	80	60	40	20	
FC		20	40	60	80													
PC						20	40	60	80									
CO										20	40	60	80					
CA														20	40	60	80	
SC																		100

LE- Lodo de Esgoto; FC- Fibra de Coco; PC- Palha de Café *in natura*; CO- Composto Orgânico à base de palha de café *in natura* e esterco bovino; CA- Casca de Arroz *in natura*; SC- Substrato Comercial à base de casca de pinus e vermiculita.

Os dados referentes às características morfológicas foram submetidos à análise estatística e para comparação de médias de tratamentos utilizou-se o teste Scott-Knott, a nível de 5% de significância, por meio da utilização do programa computacional SAEG[®].

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SUBSTRATOS

Os resultados da análise física das diferentes combinações de substratos utilizados estão representados na tabela 3.

Os dados obtidos no presente trabalho foram comparados com a classificação proposta por Gonçalves e Poggiani (1996), que estabelece uma escala de valores para a interpretação das características físicas dos substratos (Tabela 4).

Tabela 3. Caracterização física dos substratos formulados com resíduos renováveis. Densidade aparente (Da), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD)

Tratamentos(%)	Da g cm ⁻³	PT	EA	Macro	Micro (%)	AFD	AT	AD
T1 (100 LE)	0,211	75	17	23	52	25	5	30
T2 (80 LE + 20 FC)	0,226	76	17	22	54	26	6	31
T3 (60 LE + 40 FC)	0,170	72	12	20	52	28	6	34
T4 (40 LE + 60 FC)	0,107	65	9	19	46	25	6	31
T5 (20 LE + 80 FC)	0,072	47	9	17	30	15	3	18
T6 (80 LE + 20 PCN)	0,183	75	24	28	47	18	2	21
T7 (60 LE + 40 PCN)	0,167	73	31	26	47	11	2	14
T8 (40 LE + 60 PCN)	0,103	73	35	29	44	7	1	8
T9 (20 LE + 80 PCN)	0,049	72	38	31	41	2	0	2
T10 (80 LE + 20 CO)	0,183	75	14	26	49	27	4	31
T11 (60 LE + 40 CO)	0,147	76	18	26	50	25	4	29
T12 (40 LE + 60 CO)	0,117	73	16	25	48	25	4	29
T13 (20 LE + 80 CO)	0,101	75	20	25	50	24	3	27
T14 (80 LE + 20 CAN)	0,178	73	25	20	53	20	4	24
T15 (60 LE + 40 CAN)	0,127	65	28	17	48	14	3	17
T16 (40 LE + 60 CAN)	0,112	69	41	16	53	9	1	10
T17 (20 LE + 80 CAN)	0,048	63	43	15	48	5	0	5
T18 (100 SC)	0,320	85	26	33	52	19	3	23

LE- LÉssólido; FC- Fibra de Coco; PCN- Palha de Café *in natura*; CO- Composto Orgânico à base de palha de café *in natura* e esterco bovino; CAN- Casca de Arroz *in natura*; SC- Substrato Comercial à base de casca de pinus e vermiculita.

De acordo com a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996), a densidade aparente de todos os substratos propostos é considerada baixa, pois apresentaram valores aquém do limite mínimo ($< 0,25 \text{ g cm}^{-3}$) por eles estabelecido, com exceção para o tratamento T18 (100% SC), cuja densidade é considerada média. Este resultado pode ser explicado pela utilização de resíduos de caráter essencialmente orgânico e vegetal na composição dos substratos e que, individualmente, apresentam densidade baixa, como por exemplo, a palha de café *in natura*, a fibra de coco triturada e a casca de arroz *in natura*.

Observa-se na Tabela 3, que o aumento da densidade dos substratos ocorreu à medida que foram adicionadas maiores proporções de lodo de esgoto aos componentes fibra de coco, palha de café *in natura*, composto orgânico e casca de arroz *in natura*. Substratos muito densos apresentam menor espaço entre as partículas, o que dificulta as trocas gasosas e a circulação de água, oferecendo maior resistência ao crescimento radicular. Por outro lado, menores valores de densidade se refletem em substratos leves e com menor capacidade de suporte para as plantas. Entretanto, no presente trabalho, este não constituiu um fator limitante, visto que os substratos com densidade considerada baixa proporcionaram um bom crescimento às mudas (Tabela 6).

Para a porosidade total, de acordo com a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), são observados valores adequados para os tratamentos, T1 (100 LE), T2 (80 LE + 20 FC), T6 (80 LE + 20 PCN), T10 (80 LE + 20 CO), T11 (60 LE + 40 CO), T13 (20 LE + 80 CO) e T18 (100 SC). O tratamento T5 (20 LE + 80 FC) foi considerado de baixa qualidade para essa característica enquanto que os demais tratamentos tiveram porosidade total considerada média. Como pode-se observar, o lodo de esgoto puro (T1) possui porosidade total considerada adequada, e a sua utilização em altas proporções pode elevar a porosidade dos substratos, como visto nos tratamentos T2, T6, T10 e T11. Embora o tratamento T13 tenha uma baixa proporção de lodo de esgoto na sua composição, sua porosidade total foi considerada boa, o que se deve possivelmente, à matéria orgânica contida no composto orgânico utilizado na sua composição.

Tabela 4. Escala de valores para interpretação de propriedades físicas e químicas de substratos usados para produção de mudas florestais

Propriedades	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Físicas				
Densidade global (g cm ⁻³)	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50	0,45 - 0,55
Porosidade total (%)	< 55	55 - 75	> 75	75 - 85
macroporosidade (%)	< 20	20 - 40	> 40	35 - 45
microporosidade (%)	< 25	25 - 50	> 50	45 - 55
Capacidade máx. de retenção de água (mL 50 cm ⁻³)	< 15	15 - 25	> 25	20 - 30
Químicas				
Relação C total/N total	8 a 12/1	12 a 18/1	> 18/1	8 a 12/1
P resina (mg dm ⁻³)	< 200	200 - 400	> 400	400 - 800
K trocável (mg dm ⁻³)	< 587	587 - 1174	> 1174	1174 - 3911
Ca trocável (mmol _c dm ⁻³)	< 100	100 - 150	> 150	100 - 200
Mg total (mmol _c dm ⁻³)	< 50	50 - 100	> 100	50 - 100
CTC efetiva (mmol _c dm ⁻³)	< 100	100 - 200	> 200	> 200

Fonte: Gonçalves e Poggiani (1996).

Segundo Scivittaro et al. (2007), embora a porosidade seja importante, isoladamente não é capaz de traduzir a qualidade física de um substrato, devendo ser interpretada de maneira fracionada em macro e microporosidade, associando estes dados à proporção de poros ocupados por água e ar, os quais são indicados pela disponibilidade de água e espaço de aeração.

Os tratamentos T4 (40 LE + 60 FC), T5 (20 LE + 80 FC), T15 (60 LE + 40 CAN), T16 (40 LE + 60 CAN) e T17 (20 LE + 80 CAN) tiveram sua macroporosidade considerada baixa por Gonçalves e Poggiani (1996), mostrando que a utilização de valores acima de 60% de fibra de coco e casca de arroz *in natura* acima de 40% na composição de substratos pode provocar redução na macroporosidade. Os demais tratamentos apresentaram médios valores de macroporosidade.

Para a microporosidade, a maioria dos tratamentos foi considerada adequada, conforme a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), sendo considerados médios apenas os tratamentos T5 (20 LE + 80 FC), T8 (40 LE + 60 PCN) e T9 (20 LE + 80 PCN), o que permite inferir que teores maiores que 80% de fibra de coco e maiores que 60% de palha de café *in natura* são responsáveis pela redução na microporosidade dos substratos que compõem.

De forma geral, pode-se observar que a microporosidade correspondeu à uma maior proporção da distribuição da porosidade em todos os tratamentos. De acordo com Embrapa (2003), a porosidade deve apresentar um bom equilíbrio entre microporos, que retém água, e macroporos, que retém ar. Para Fermino (2003), altas proporções de partículas maiores aumentam o espaço de aeração do substrato, enquanto que partículas menores promovem o fechamento dos poros, aumentando a capacidade de retenção de água e diminuindo o espaço de aeração.

Para a quantidade de água disponível (AD), encontra-se abaixo do limite mínimo de 20% proposto por Fermino (1996) nos tratamentos T5 (20 LE + 80 FC), T7 (60 LE + 40 PCN), T8 (40 LE + 60 PCN), T9 (20 LE + 80 PCN), T15 (60 LE + 40 CAN), T16 (40 LE + 60 CAN) e T17 (20 LE + 80 CAN). Alguns tratamentos cuja microporosidade foi considerada adequada, apresentam valores de água disponível abaixo do limite mínimo considerado por Fermino (1996), como é o caso dos tratamentos T7 (60 LE + 40 PCN), T15 (60 LE + 40 CAN), T16 (40 LE + 60 CAN), T17 (20 LE + 80 CAN), que apresentaram quantidade de água disponível entre 5 e 17%. De acordo com Schimitz et al. (2002), esta variação de água disponível entre substratos com microporosidade semelhante pode ser explicada pela diferença entre tamanho das partículas.

De acordo com De Boodt e Verdonck (1972), o teor de água facilmente disponível (AFD) adequado para as plantas deve estar entre 75 a 90% do valor total de água disponível, ou seja, devendo ser de 20 a 30%. Dentro desta faixa, encontram-se os tratamentos T1 (100 LE), T2 (80 LE + 20 FC), T3 (60 LE + 40 FC), T4 (40 LE + 60 FC), T10 (80 LE + 20 CO), T11 (60 LE + 40 CO), T12 (40 LE + 60 CO), T13 (20 LE + 80 CO) e T14 (80 LE + 20 CAN). Os demais tratamentos, compostos por proporções de fibra de coco maiores que 80%, palha de café *in natura* entre 20 e 80% e proporções de casca de arroz *in natura* acima de 40% da composição do substrato, ou seja, os tratamentos compostos por resíduos que possuem partículas de maior tamanho (como a palha de café *in natura* e a casca de arroz *in natura* por exemplo) são capazes de promover maior drenagem ao substrato que compõem, o que se reflete portanto, na sua menor quantidade de água facilmente disponível. Nesses casos, deve-se dar maior atenção à frequência de irrigação, a fim de se evitar prejuízos decorrentes da possível ocorrência de estresse hídrico. A utilização

de materiais de baixa densidade e granulometria mais grosseira para a composição dos substratos, como por exemplo, a palha de café *in natura* e a casca de arroz *in natura*, proporcionaram um maior espaço de aeração. Gonçalves e Poggiani (1996) ressaltam que materiais com baixa densidade elevam a macroporosidade das misturas e reduzem a capacidade de retenção de água do substrato.

4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS

Os resultados do pH, acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e teores disponíveis e totais de macro e micronutrientes são apresentados na tabela 5.

De acordo com Rodrigues et al. (2002) e Fett (2011), o pH em água do substrato deve variar entre 6,0 e 6,5. Desta forma, todos os tratamentos, com exceção do T18 (100%SC) apresentaram baixos valores de pH e, de acordo com Fett (2005), valores abaixo ou acima do limite considerado adequado, podem trazer problemas à formação da muda, devido à indisponibilidade de alguns nutrientes e fitotoxicidade.

Entretanto, esse não constituiu um fator limitante ao desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus grandis* no presente trabalho, visto que alguns tratamentos tidos como de baixo pH por essa classificação foram capazes de proporcionar o bom desenvolvimento das mudas, como por exemplo os tratamentos T12 (40%LE + 60%CO) e T13 (20 LE + 80 CO), cujas mudas apresentaram os maiores crescimentos em termos de altura da parte aérea, diâmetro do coleto e massa seca (da parte aérea, radicular e total), evidenciando assim a rusticidade apresentada pela espécie.

Tabela 5. Teores disponíveis de macronutrientes e características químicas dos substratos formulados com resíduos renováveis

Tratamentos	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m	CE	TTSS
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					%	mS cm ⁻¹	g L ⁻¹		
T1 (100 LE)	4,0	204	144	71	12,5	4,8	0,9	23,0	41,03	18,04	44,0	4,8	1,42	6,22
T2 (80 LE + 20 FC)	4,0	176	247	63	12,3	4,6	1,0	18,5	36,23	17,74	49,0	5,3	0,89	2,76
T3 (60 LE + 40 FC)	4,1	167	526	56	10,1	3,8	0,6	21,0	36,43	15,43	42,4	3,7	0,75	1,85
T4 (40 LE + 60 FC)	4,4	137	699	40	6,1	2,9	0,4	24,2	35,09	10,93	31,2	3,5	0,66	1,20
T5 (20 LE + 80 FC)	4,7	145	1105	44	4,7	2,0	0,3	21,7	31,30	9,65	30,8	2,5	0,49	0,61
T6 (80 LE + 20 PCN)	4,4	198	3230	30	14,2	3,6	0,9	24,7	50,88	26,23	51,5	3,3	0,91	3,05
T7 (60 LE + 40 PCN)	4,7	217	5640	29	8,7	3,2	1,5	24,0	50,44	26,45	52,4	5,4	0,87	2,45
T8 (40 LE + 60 PCN)	5,0	257	7860	29	6,2	3,3	1,5	24,7	54,50	29,84	54,8	4,8	0,80	1,80
T9 (20 LE + 80 PCN)	5,3	291	10160	30	3,4	3,2	1,9	23,3	56,02	32,69	58,4	5,5	0,98	1,65
T10 (80 LE + 20 CO)	4,4	195	266	57	13,0	5,4	0,5	17,5	36,87	19,37	52,6	2,5	0,50	2,09
T11 (60 LE + 40 CO)	4,7	211	384	26	16,5	5,7	0,3	17,3	40,60	23,27	57,3	1,3	0,78	3,49
T12 (40 LE + 60 CO)	5,3	226	631	23	11,6	6,7	0,1	11,5	31,50	20,01	63,5	0,5	0,55	2,57
T13 (20 LE + 80 CO)	5,9	206	625	16	10,4	7,6	0,1	7,5	27,18	19,68	72,4	0,3	0,54	2,77
T14 (80 LE + 20 CAN)	4,3	182	470	25	13,1	3,2	0,5	23,5	41,03	17,54	42,7	2,8	1,34	5,26
T15 (60 LE + 40 CAN)	4,6	200	834	25	10,2	2,8	0,5	18,5	33,72	15,23	45,2	3,2	1,14	3,60
T16 (40 LE + 60 CAN)	4,9	180	896	20	7,5	2,1	0,3	15,5	27,47	11,97	43,6	2,4	0,94	2,34
T17 (20 LE + 80 CAN)	5,7	204	1170	20	3,9	1,9	0,4	10,2	19,01	8,85	46,6	4,3	0,55	0,93
T18 (100 SC)	6,6	189	470	20	13,1	13,9	0,0	7,0	35,27	28,28	80,2	0,0	0,94	3,17

LE- Lodo de Esgoto; FC- Fibra de Coco; PCN- Palha de Café *in natura*; CO- Composto Orgânico à base de palha de café *in natura* e esterco bovino; CAN- Casca de Arroz *in natura*; SC- Substrato Comercial à base de casca de pinus e vermiculita.

Verifica-se que, de forma geral, os valores de pH aumentaram à medida em que aumentaram-se as proporções de resíduos renováveis na composição do substrato e reduziram-se as proporções de lodo de esgoto. Esse efeito pode ser explicado pelo fato desses resíduos apresentarem individualmente valores de pH dentro da faixa de 6,0 e 6,5. Caldeira et al. (2007) ressaltam que a escolha de componentes da mistura que variam o pH dentro da faixa recomendada e a composição resultante devem fazer com que o pH do substrato mantenha-se dentro da faixa de tolerância.

Os teores trocáveis de K, de acordo com a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), descritos na tabela 4, são considerados baixos nos tratamentos T1 (100 LE), T2 (80 LE + 20 FC), T3 (60 LE + 40 FC), T10 (80 LE + 20 CO), T11 (60 LE + 40 CO) e T18 (100 SC). Foi considerado adequado apenas o tratamento T6 (80 LE + 20 PCN). Os tratamentos que também continham palha de café *in natura* em sua composição, ou seja, os tratamentos T7 (60 LE + 40 PCN), T8 (40 LE + 60 PCN) e T9 (20 LE + 80 PCN), apresentaram altos teores de K, segundo os limites propostos pelos mesmos autores. Todos os demais tratamentos apresentaram teores médios de K. Objetivando a caracterização química de diversos resíduos orgânicos, Silva et al. (2009) verificaram que a palha de café, dentre os resíduos vegetais testados, destacou-se em relação ao teor de K, que foi superior ao de todos os resíduos orgânicos avaliados.

De forma geral, verifica-se um aumento dos teores de K à medida que foram adicionadas maiores proporções de resíduos de origem vegetal, como a fibra de coco, casca de arroz *in natura* e palha de café *in natura*. Marschner(1995) ressalta que o suprimento adequado de K é importante por contribuir com o crescimento da planta, como resultado do equilíbrio entre N, P e K, além de reduzir a absorção excessiva de Mg.

Quanto aos teores disponíveis de Ca, de acordo com a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996) (Tabela 4), os tratamentos T1 (100 LE), T2 (80 LE + 20 FC), T3 (60 LE + 40 FC), T6 (80 LE + 20 PCN), T10 (80 LE + 20 CO), T12 (40 LE + 60 CO), T13 (20 LE + 80 CO), T14 (80 LE + 20 CAN), T15 (60 LE + 40 CAN) e T18 (100% SC) são considerados médios para os teores de Ca, enquanto os demais apresentaram baixos teores. Verifica-se que nos tratamentos que continham fibra de coco, palha de café *in natura* e casca de

arroz *in natura*, os teores de Ca reduziram na medida em que se diminui a proporção de lodo de esgoto, ou seja, a utilização destes resíduos vegetais proporcionou redução dos teores disponíveis de Ca. Isto deve-se ao fato de que estes materiais apresentam individualmente baixos teores de Ca, com exceção do palha de café *in natura*, conforme observado na tabela 5. Para os substratos contendo composto orgânico, os valores observados foram relativamente maiores que os outros tratamentos, indicando que a combinação de lodo de esgoto com composto orgânico tende a apresentar maior disponibilidade do nutriente em comparação aos demais resíduos testados.

Apenas o tratamento T18 (100% SC) apresentou teores de Mg considerados altos de acordo com os limites propostos por Gonçalves e Poggiani (1996) (Tabela 4). Todos os tratamentos que continham composto orgânico em sua formulação apresentaram médios, sendo que os demais tratamentos apresentaram baixos teores deste nutriente.

Com exceção do tratamento T17 (20 LE + 80 CAN), que enquadra-se como média, a CTC de todos os demais tratamentos pode ser considerada alta ou adequada. Corroborando com este resultado, Trazzi (2011) observou altos valores para a CTC da maioria dos substratos testados, compostos por diferentes proporções de lodo de esgoto, casca de arroz carbonizada e fibra de coco para a produção de mudas de *Tectona grandis*.

Os altos valores de CTC verificados em praticamente todos os tratamentos do presente trabalho devem-se possivelmente, à matéria orgânica acrescentada aos substratos por meio da utilização do lodo de esgoto e composto orgânico. De acordo com Bezerra et al. (2006), a matéria orgânica pode alterar o complexo coloidal, criar cargas superficiais e, conseqüentemente, aumentar a CTC do solo (substrato), mas esse efeito varia de acordo com a fonte de matéria orgânica, em função da relação ácidos húmicos/ácidos fúlvicos. Avaliando a mistura de lodo de esgoto com amostras subsuperficiais de um Latossolo Vermelho-Amarelo e de um Neossolo Quartzarênico como substrato no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), Nóbrega et al. (2007) verificaram melhorias na fertilidade dos substratos, aumento nos teores de P, K, Ca, Mg, soma de bases, CTC, matéria orgânica e teores de micronutrientes. Corrêa et al. (2010)

relatam o aumento linear da CTC em substratos tratados com doses crescentes de lodo.

De acordo com Gonçalves et al. (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve exceder o limite de $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$. Neste sentido, com exceção dos tratamentos T1 (100 LE), T14 (80 LE + 20 CAN) e T15 (60 LE + 40 CAN), todos os demais tratamentos apresentaram valores de condutividade elétrica dentro da faixa considerada adequada. Guerrini e Trigueiro (2004) observaram que em proporções inferiores a 20% de lodo de esgoto em combinação com casca de arroz carbonizada a condutividade elétrica ficou dentro do limite adequado (menor que 1 mS cm^{-1}).

Röber e Schaller (1985) citado por Kämpf (2005) estabelecem os seguintes limites de tolerância para a salinidade dos substratos: baixa ($< 1,0 \text{ g L}^{-1}$), normal ($1,0 \text{ a } 2,0 \text{ g L}^{-1}$), alta ($2,0 \text{ a } 4,0 \text{ g L}^{-1}$), muito alta ($4,0 \text{ a } 5,0 \text{ g L}^{-1}$), extremamente alta ($5,0 \text{ a } 7,0 \text{ g L}^{-1}$) e tóxica ($> 7,0 \text{ g L}^{-1}$). Neste sentido, são considerados normais os tratamentos T3 (60 LE + 40 FC), T4 (40 LE + 60 FC), T8 (40 LE + 60 PCN) e T9 (20 LE + 80 PCN). Os tratamentos T5 (20 LE + 80 FC) e T17 (20 LE + 80 CAN) são considerados baixos; os tratamentos T1 (100% LE) e T14 (80 LE + 20 CAN) apresentaram teores extremamente altos segundo a referida classificação e os demais tratamentos apresentaram altos teores de sais solúveis.

De forma geral, verifica-se aumento da salinidade na medida em que são adicionadas maiores proporções de lodo de esgoto à composição do substrato. A salinidade dos substratos durante o cultivo das mudas possivelmente atingiu valores ainda maiores dos que os apresentados na análise química, que foi realizada com amostras sem a adição da adubação de base.

Entretanto, a salinidade não constituiu um fator limitante para o crescimento das mudas, uma vez que mesmo em substratos com teores de sais solúveis classificados como altos, as mudas apresentaram bom desenvolvimento em termos de altura, diâmetro do coleto e massa seca como é o caso dos tratamentos T12 (40% LE + 60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO), conforme é possível verificar na tabela 6. A lixiviação dos sais devido às irrigações constantes ou mesmo a tolerância da espécie utilizada a altos níveis de salinidade no substrato podem ser prováveis explicações para os resultados

obtidos, conforme também observado por Kratz (2011) em *Eucalyptus benthamii*.

4.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A análise de variância dos tratamentos compostos por resíduos renováveis revelou diferenças significativas, em nível de 5% de probabilidade, para a altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação altura/diâmetro (H/D), relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR), relação massa seca radicular/massa seca da parte aérea (MSR/MSPA), relação altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Na tabela 6 estão apresentados os valores médios dos tratamentos para os parâmetros acima relacionados bem como os resultados do teste Scoot-Knoot.

O melhor crescimento em altura foi observado nos tratamentos T12 (40% LE + 60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO), diferenciando-se estatisticamente dos demais, e demonstrando que teores acima de 60% de composto orgânico na composição de substratos são benéficos para o crescimento em altura das mudas de *Eucalyptus grandis*. Grande parcela desse desenvolvimento deve-se, possivelmente à utilização de esterco bovino na produção do composto orgânico, somados ao material orgânico adicionado à mistura por meio da utilização do lodo de esgoto. Esses tratamentos apresentaram bons teores de nutrientes como P, K, Ca e Mg, além de características físicas favoráveis, como densidade aparente, porosidade total e água disponível.

Sobrinho et al. (2010) observaram que as mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*,) produzidas nos substratos que continham esterco bovino apresentaram menor altura, contrariando os resultados obtidos com o presente estudo. Artur et al. (2007), verificaram que o uso de esterco bovino proporcionou bons resultados na produção de mudas de espécies florestais. Nos tratamentos sem esterco bovino, verificou-se uma tendência de obtenção de mudas com menor porte.

Os tratamentos T5 (20% LE + 80% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC) proporcionaram o menor crescimento para essas características. Verificam-se nos tratamentos T5 (20% LE + 80% FC) e T17 (20% LE + 80% CAN), baixos valores de água disponível e baixa macroporosidade conforme a análise física realizada no presente trabalho, e estas características podem ter influenciado negativamente o crescimento em altura das mudas. Oliveira et al. (2008) também verificaram menor crescimento em altura em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substrato comercial a base de casca de pinus quando comparado com outros substratos formulados a partir de materiais diversos (amendoim processada, húmus de minhoca, turfa, terra de barranco, acícula de pinus, esterco bovino e areia). Estes resultados corroboram com o presente trabalho, cujas mudas produzidas em substrato comercial à base de casca de pinus apresentaram crescimento em altura estatisticamente inferior às demais combinações.

Gonçalves et al. (2000) enfatizam que mudas de boa qualidade devem apresentar altura entre 20 e 35 cm. Neste quesito, os tratamentos T4 (40% LE + 60% FC), T5 (20% LE + 80% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC) podem ser considerados inferiores, cujas médias de altura das mudas variaram entre 9,86 e 16,66 cm.

Wendling e Dutra (2010) consideram que mudas de eucalipto com altura da parte aérea entre 15 e 25 cm já estão aptas para o plantio. Considerando esta recomendação, podem ser consideradas inaptas as mudas que cresceram nos tratamentos T5 (20% LE + 80% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC) que apresentaram alturas inferiores a 13,34 cm.

Tabela 6. Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação altura/diâmetro (H/D), relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR), relação altura/massa seca da parte aérea e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas com substratos renováveis aos 90 dias após a semeadura

Tratamentos	H cm	D mm	MSPA	MSR g planta ⁻¹	MST	H/D	MSPA/MSR	H/MSPA	IQD
T1 (100%LE)	26,127 b ¹	2,584 c	0,941 c	0,262 d	1,203 c	10,144 a	3,757 c	27,848 c	0,087 e
T2 (80%LE+20%FC)	24,791 b	2,518 c	0,749 c	0,194 d	0,944 d	9,864 a	3,989 c	33,642 c	0,069 e
T3 (60%LE 40%FC)	26,359 b	2,666 c	0,836 c	0,174 d	1,011 d	9,822 a	5,686 a	32,849 c	0,066 e
T4 (40%LE+60%FC)	16,659 c	1,866 d	0,364 d	0,141 d	0,506 e	8,817 b	3,209 b	52,306 b	0,043 f
T5 (20%LE+80%FC)	13,400 d	1,510 d	0,553 d	0,309 d	0,863 d	8,880 b	2,160 c	24,255 d	0,080 e
T6 (80%LE+20%PCN)	30,845 b	3,073 b	1,891 b	0,844 b	2,736 b	10,050 a	2,246 c	16,540 d	0,223 b
T7 (60%LE+40%PCN)	19,993 c	2,251 c	1,019 c	0,444 c	1,463 c	8,709 b	2,361 c	22,126 d	0,129 c
T8 (40%LE+60%PCN)	27,406 b	2,864 b	1,291 c	0,538 c	1,829 c	9,347 b	2,472 c	21,139 d	0,153 c
T9 (20%LE+80%PCN)	21,937 c	2,480 c	0,992 c	0,427 c	1,420 c	8,841 b	2,381 c	22,298 d	0,127 c
T10 (80%LE+20%CO)	28,776 b	3,080 b	1,729 b	0,766 b	2,496 b	9,344 b	2,264 c	16,712 d	0,216 b
T11 (60%LE+40%CO)	30,284 b	3,394 b	2,009 b	0,744 b	2,753 b	8,935 b	2,696 c	15,974 d	0,238 b
T12 (40%LE+60%CO)	38,370 a	4,086 a	2,605 a	1,039 a	3,645 a	9,424 b	2,543 c	14,970 d	0,306 a
T13 (20%LE+80%CO)	33,722 a	3,766 a	2,301 a	0,764 b	3,065 b	8,946 b	3,024 b	14,814 d	0,256 b
T14 (80%LE+20%CAN)	28,715 b	2,678 c	0,848 c	0,459 c	1,307 c	10,738 a	1,943 c	33,903 c	0,104 d
T15 (60%LE+40%CAN)	25,690 b	2,390 c	0,770 c	0,457 c	1,228 c	10,744 a	1,721 c	33,438 c	0,099 d
T16 (40%LE+60%CAN)	20,708 c	2,133 c	0,474 d	0,403 c	0,878 d	9,753 a	1,250 c	44,182 c	0,081 e
T17 (20%LE+80%CAN)	13,341 d	1,545 d	0,270 d	0,195 d	0,465 e	8,535 b	1,314 c	63,915 b	0,046 f
T18 (100%SC)	9,859 d	1,283 d	0,143 d	0,021 e	0,165 e	7,660 c	6,673 a	89,956 a	0,011 f

LE- Lodo de Esgoto; FC- Fibra de Coco; PCN- Palha de Café *in natura*; CO- Composto Orgânico à base de palha de café *in natura* e esterco bovino; CAN- Casca de Arroz *in natura*; SC- Substrato Comercial à base de casca de pinus e vermiculita.

¹ Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade de erro.

A altura da parte aérea das mudas fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como boa medida do potencial de desempenho das mudas. Gomes e Paiva (2006) ressaltam que este é um parâmetro que expressa a qualidade das mudas, quando avaliado isoladamente. Entretanto, esses autores recomendam que os valores sejam analisados em combinação com outras variáveis, como: diâmetro do coleto e relação peso das raízes/peso da parte aérea.

Os maiores valores de diâmetro do coleto foram observados nos tratamentos T12 (40% LE + 60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO). Da mesma forma como ocorreu com o crescimento em altura, o melhor desenvolvimento em diâmetro do coleto também foi verificado nos tratamentos que continham teores acima de 60% de composto orgânico na composição do substrato. Corroborando com estes resultados, Souza et al. (2006), obtiveram melhores resultados para diâmetro do coleto nas mudas de espécies florestais submetidas aos substratos contendo esterco bovino. COSTA et al. (2005a) verificaram crescimento superior das mudas de jenipapo (*Genipa americana*) para todas as características (H, DC, H/D) nos substratos com esterco bovino, indicando a necessidade desse componente no substrato, para a produção de mudas de melhor qualidade.

Os tratamentos T4 (40% LE + 60% FC), T5 (20% LE + 80% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC) apresentaram médias de diâmetro do coleto estatisticamente inferiores aos demais tratamentos, o que sugere que, a utilização de substrato comercial à base de casca de pinus e teores acima de 60% de fibra de coco e casca de arroz *in natura* acima de 80% na composição do substrato podem ser prejudiciais ao crescimento em diâmetro de mudas de *Eucalyptus grandis*. Saidelles et al. (2009), verificaram perdas no crescimento em diâmetro do coleto de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) e garapa (*Apuleia leiocarpa*) com a adição de 50% de casca de arroz carbonizada como componente do substrato.

Gonçalves et al. (2000) consideram que o diâmetro do coleto adequado a mudas de espécies florestais de qualidade está entre 5 e 10 mm. No presente estudo, todos os tratamentos encontram-se abaixo deste limite. Wendling e Dutra (2010) consideram que mudas de eucalipto estão aptas para o plantio quando apresentam diâmetro do coleto maior que 2 mm.

Considerando esta recomendação, a maioria dos tratamentos permitiram crescimento em diâmetro do coleto adequado ao plantio em campo aos 90 dias, com exceção dos tratamentos T4 (40% LE + 60% FC), T5 (20% LE + 80% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC), que apresentaram valores que variaram entre 1,283 e 1,866 mm.

Corroborando com os resultados do presente trabalho, Freitas et al.(2005) observaram diâmetro de 2,0 mm em mudas de *Eucalyptus grandis* e 1,80 mm *Eucalyptus saligna*, produzidas em substrato a base de casca de arroz carbonizada e casca de eucalipto. Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram diâmetro do coleto médio de 1,85 mm em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substrato comercial à base de casca de pinus. Kratz (2011) encontrou diâmetro do coleto de 1,70mm para *Eucalyptus benthamii*. Desta forma, é possível constatar que os valores encontrados no presente estudo, estão próximos dos observados em outras pesquisas realizadas com eucalipto.

De acordo com Carneiro (1995), o diâmetro do coleto é um parâmetro facilmente modificado em função do manejo adotado no viveiro, e seus valores podem variar em função de adubações de cobertura aplicadas no decorrer da produção de mudas.

De forma semelhante como ocorrido para a altura e diâmetro do coleto, os maiores valores de massa seca da parte aérea foram obtidos nos tratamentos que continham teores acima de 60% de composto orgânico na composição do substrato. Dessa forma, os tratamentos T12 (40% LE + 60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO) comprovam a eficácia da utilização do composto orgânico no desenvolvimento de toda a parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*. Estes tratamentos apresentaram microporosidade e teores de água disponível considerados adequados, o que possivelmente influenciou de forma positiva o desenvolvimento da parte aérea das mudas. De acordo com Gomes e Paiva (2006), quanto maior a massa seca da parte aérea, maior será a rusticidade da muda, o que indica que a utilização de composto orgânico na composição do substrato é capaz de influenciar também na rusticidade das mudas de *Eucalyptus grandis*.

As mudas que cresceram nos tratamentos T4 (40% LE + 60% FC), T5 (20% LE + 80% FC), T16 (40% LE + 60% CAN), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC) apresentaram-se pouco desenvolvidas no que diz respeito à

massa seca da parte aérea. Embora tenham apresentado bons teores de matéria orgânica em relação aos demais, a macroporosidade destes tratamentos foi considerada média ou baixa, mas não adequada, demonstrando a influência das características físicas do substrato sobre a produção de mudas. Portanto, a utilização de substrato comercial e teores acima de 60% de fibra de coco e casca de arroz *in natura* maiores que 60% da composição do substrato parecem ser prejudiciais para o desenvolvimento da parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*.

Discordando desses resultados, Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram que a produção de massa seca da parte aérea em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias foi superior com a utilização de substrato comercial (à base de casca de pinus, vermiculita, húmus e terra vegetal) em relação aos demais tratamentos que continham diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada em sua composição.

Com relação às raízes, o tratamento T12 (40% LE + 60% CO) promoveu maior produção de massa seca, enquanto que o tratamento T18 (100% SC) foi estatisticamente inferior aos demais. De acordo com Gomes (2001), a massa seca das raízes tem sido reconhecida por diferentes autores como um dos mais importantes e melhores parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo. Carneiro (1995) afirma que a presença de raízes fibrosas permite maior capacidade de as mesmas manterem-se em crescimento e de formação de raízes novas, mais ativas, possibilitando maior resistência em condições adversas.

Em estudo com mudas de angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Prestes (2007) observou maior desenvolvimento radicular em proporções crescentes até 50% de esterco bovino, sendo que a partir dessa proporção, ocorreu um decréscimo na produção de massa seca radicular das mudas. Testando diferentes substratos (lodo de esgoto, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e substrato comercial), Trazzi (2011) verificou desenvolvimento radicular inferior de mudas de *Tectona grandis* que cresceram no tratamento composto basicamente por substrato comercial. Discordando destes resultados, Oliveira et al. (2004) constataram que não houve diferença significativa no crescimento radicular de mudas de aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), acácia (*Acacia holocericeae*), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*)

e cedro australiano (*Toona ciliata*), produzidas com esterco bovino e esterco de galinha.

No que diz respeito à produção de massa seca total (MST) das mudas, o tratamento T12 (40% LE + 60% CO) foi estatisticamente superior aos demais, demonstrando os ganhos que podem ser obtidos com a utilização do composto orgânico na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Este resultado deve-se possivelmente à utilização do esterco bovino como componente do composto orgânico utilizado, concordando com Cunha et al.(2006), que observaram melhor desempenho de massa seca total em mudas de *Acacia* sp crescidas em substratos que continham esterco bovino em sua composição.

No presente trabalho, as menores médias de MST foram verificadas nos tratamentos T4 (40% LE + 60% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC), revelando que resíduos como a fibra de coco em teores maiores que de 60% e casca de arroz *in natura* maior que 80% devem ser evitados quando deseja-se produzir mudas de *Eucalyptus grandis* de qualidade.

Os tratamentos T1 (100% LE), T2 (80% LE + 20% FC), T3 (60% LE + 40% FC), T6 (80% LE + 20% PCN), T14 (80% LE + 20% CAN), T15 (60% LE + 40% CAN) e T16 (40% LE + 60% CAN) apresentaram-se superiores em relação aos demais para a relação altura/diâmetro do coleto (H/D), enquanto que o tratamento T18 (100% SC) foi considerado estatisticamente inferior aos demais.

De acordo com Carneiro (1995), os valores ideais para essa relação devem estar entre 5,4 e 8,1, exprimindo o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro. Todos os tratamentos apresentaram valores da relação altura/diâmetro do coleto acima desse limite, em decorrência do maior desenvolvimento em altura em relação ao desenvolvimento em diâmetro, tendência observada em todos os tratamentos.

Testando diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Trigueiro e Guerrini (2003) encontraram valores de H/D entre 10,57 e 13,90 que, assim como os resultados apresentados no presente trabalho, estão acima do limite considerado adequado por Carneiro (1995). Já Oliveira et al. (2008) obtiveram médias entre 31,72 e 123,60 para a relação H/D

em mudas de *Eucalyptus grandis* crescidas em substratos de diferentes composições (casca de arroz carbonizada, esterco de galinha, esterco bovino, substrato à base de casca de amendoim processada, turfa, húmus de minhoca, substrato à base de acículas de pinus e substrato comercial à base de casca de pinus). Gomes et al.(2002) relatam que a relação H/D apresentou contribuição relativa de apenas 0,66% para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, podendo portanto, ser dispensada.

Arthur et al. (2007), ressaltam que essa relação reflete o acúmulo de reservas e assegura maior resistência e melhor fixação no solo, sendo utilizada para avaliar a qualidade das mudas florestais. Menores diâmetros do coleto proporcionam maiores dificuldades para as mudas se manterem eretas após o plantio, estando mais suscetíveis ao tombamento, o que pode resultar em morte ou deformação e conseqüente comprometimento do seu valor silvicultural. São consideradas também inferiores mudas que apresentem diâmetro do coleto pequeno e alturas elevadas, em relação às mudas com menor altura e maior diâmetro do coleto.

Para a relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular (MSPA/MSR), foram considerados estatisticamente superiores em relação aos demais, os tratamentos T3 (60% LE + 40% FC) e T18 (100% SC).

Parviainen (1981) propõe que a relação MSPA/MSR pode ser considerada um índice eficiente e seguro para avaliar a qualidade de mudas, indicando que 2,0 seria a melhor relação entre estes atributos, sem, no entanto, definir a espécie. Encontram-se abaixo deste limite os tratamentos T14 (80% LE + 20% CAN), T15 (60% LE + 40% CAN), T16 (40% LE + 60% CAN) e T17 (20% LE + 80% CAN). Entretanto, Gomes et al.(2002) concluem que essa relação não deve ser indicada como índice para a determinação do padrão de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* e provavelmente para outras espécies, pois é determinada a partir de parâmetros destrutivos, considerando-a uma relação contraditória para o crescimento das mudas no campo.

Para a relação altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA), o tratamento T18 (100% SC) é considerado estatisticamente superior a todos os outros, enquanto que os tratamentos T5 (20% LE + 80% FC), T6 (80% LE + 20% PCN), T7 (60% LE + 40% PCN), T8 (40% LE + 60% PCN), T9 (20% LE + 80% PCN), T10 (80% LE + 20% CO), T11 (60% LE + 40% CO), T12 (40% LE +

60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO) apresentaram médias inferiores aos demais. Gomes (2001) enfatiza que mudas que apresentam menores médias para a relação H/MSPA podem ser consideradas mais lignificadas e apresentam, portanto, maiores chances de sobrevivência em campo, da mesma forma que mudas com maiores médias para essa relação podem ser consideradas menos lignificadas e com menor capacidade de sobrevivência em campo. Os tratamentos que continham composto orgânico em proporções acima de 60% apresentaram os maiores crescimentos de toda a parte aérea, e desta forma são considerados inferiores para essa relação,

Quanto ao Índice de Qualidade de Dickson (IQD), apenas o tratamento T12 (40% LE + 60% CO) é considerado estatisticamente superior, enquanto que os tratamentos T4 (40% LE + 60% FC), T17 (20% LE + 80% CAN) e T18 (100% SC) apresentaram as menores médias. Gomes (2001) enfatiza que quanto maior o valor do IQD, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Desta forma, as mudas crescidas no tratamento T12 (40% LE + 60% CO) podem ser consideradas de melhor qualidade e mais aptas à sobrevivência após o plantio.

Trabalhando com *Eucalyptus urophylla*, Oliveira Júnior (2009) verificou maiores valores de IQD nos tratamentos que continham esterco bovino, pó de casca de coco e vermiculita como componentes. Steffen et al. (2011), encontraram valores de IQD variando entre 0,12 e 0,21 para mudas de *Eucalyptus grandis* e entre 0,05 e 0,20 para mudas de *Corymbia citriodora*, produzidas em substratos compostos por diferentes proporções de vermicomposto e turfa.

Testando diferentes tipos de tubetes, idades e adubações para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos formulado a partir de composto orgânico e moinha de carvão, Gomes et al. (2003) observaram que, tomando-se como base o valor de 0,20 recomendado por Hunt (1990), somente as mudas produzidas nos maiores tubetes (200 e 280 cm³) e com 120 dias de idade poderiam ser utilizadas.

De acordo com Fonseca et al. (2002), esse índice constitui-se num bom indicador, pois pondera parâmetros importantes para a avaliação da qualidade das mudas, e considera a robustez e o equilíbrio da distribuição de sua biomassa. Entretanto, conforme observa-se na literatura, vários estudos

mostram que esse índice é muito variável, sofrendo influência da espécie, manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a mudas foi avaliada (CALDEIRA et. al., 2000a; 2000b; 2005; 2007; TRAZZI, 2011).

4.4. TEORES DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DAS MUDAS

Os efeitos da utilização de substratos formulados com resíduos orgânicos sobre os teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* estão apresentados na tabela 7.

Os dados obtidos no presente trabalho foram comparados com a recomendação de Martinez et al. (1999), que estabelece os valores de referência para a interpretação dos resultados de análise de tecidos (Tabela 8).

Os autores ressaltam que informações sobre níveis críticos e faixas de suficiência podem ser usadas como guia básico para a interpretação da diagnose da fertilidade do solo (substrato) e da nutrição da planta.

Na maioria dos tratamentos, os teores de N na parte aérea das mudas encontram-se adequados ou acima dos limites recomendados por Martinez et al. (1999), exceto para os tratamentos T14 (80 LE + 20 CAN) e T16 (40 LE + 60 CAN), que apresentaram valores abaixo do limite. As mudas crescidas nestes tratamentos são também considerados deficientes de acordo com os limites propostos por Silveira et al. (2001), que estabelecem que mudas de *Eucalyptus grandis* com idade de 80 a 100 dias devem apresentar teores de N entre 13 e 15 g kg⁻¹.

Lopes (2004), testando diferentes substratos e lâminas de irrigação para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, relata valores de N na parte aérea que variam entre 17 e 28,5 g kg⁻¹, sendo os maiores valores encontrados nas mudas produzidas com o substrato composto por casca de árvores, turfa e vermiculita. Silva (2003) observou valores entre 13,5 e 14,5 g kg⁻¹ de N para mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias de idade crescidas em substrato comercial à base de casca de pinus e vermiculita.

Tabela 7. Teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substratos formulados com resíduos renováveis

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Fe	Zn	B
	dag kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
T1 (100 LE)	1,90	0,28	0,73	1,85	0,15	0,28	20	443	265	8	47
T2 (80 LE + 20 FC)	1,80	0,31	1,05	1,60	0,15	0,21	20	618	230	6	47
T3 (60 LE + 40 FC)	2,20	0,31	1,13	1,45	0,20	0,17	16	703	158	7	44
T4 (40 LE + 60 FC)	2,00	0,36	1,33	1,25	0,25	0,16	19	997	289	7	50
T5 (20 LE + 80 FC)	1,70	0,38	1,35	1,30	0,25	0,18	19	960	384	8	44
T6 (80 LE + 20 PCN)	2,00	0,32	0,95	1,30	0,20	0,17	19	515	153	6	43
T7 (60 LE + 40 PCN)	1,90	0,32	1,10	1,30	0,20	0,18	19	343	205	5	44
T8 (40 LE + 60 PCN)	2,30	0,31	0,98	1,40	0,20	0,16	18	143	123	3	43
T9 (20 LE + 80 PCN)	1,70	0,28	1,00	1,25	0,20	0,14	9	66	135	4	43
T10 (80 LE + 20 CO)	1,70	0,31	0,98	1,35	0,20	0,19	16	310	137	4	52
T11 (60 LE + 40 CO)	1,90	0,26	0,83	1,40	0,20	0,21	15	214	155	4	49
T12 (40 LE + 60 CO)	2,00	0,26	0,85	1,05	0,25	0,18	13	153	107	5	50
T13 (20 LE + 80 CO)	1,50	0,26	1,10	0,95	0,25	0,17	10	90	121	4	44
T14 (80 LE + 20 CAN)	1,20	0,31	1,03	1,25	0,15	0,16	18	637	123	5	56
T15 (60 LE + 40 CAN)	1,60	0,34	1,13	1,10	0,15	0,14	18	849	211	5	52
T16 (40 LE + 60 CAN)	1,20	0,35	1,18	1,25	0,20	0,15	22	691	143	6	55
T17 (20 LE + 80 CAN)	1,50	0,36	1,03	1,30	0,25	0,14	19	486	103	5	46
T18 (100 SC)	1,50	0,32	0,98	1,25	0,30	0,16	11	358	312	4	52

LE- Lodo de Esgoto; FC- Fibra de Coco; PCN- Palha de Café *in natura*; CO- Composto Orgânico à base de palha de café *in natura* e esterco bovino; CAN- Casca de Arroz *in natura*; SC- Substrato Comercial à base de casca de pinus e vermiculita.

Tabela 8. Teores foliares considerados adequados para a cultura do eucalipto (*Eucalyptus* spp.)

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B
dag kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
1,40-1,60	0,10-0,12	1,00-1,20	0,80-1,20	0,40-0,50	0,15-0,20	150-200	40-60	8-10	100-600	40-50

Fonte: Martinez et al. (1999).

Os teores de P na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* do presente trabalho podem ser considerados altos, uma vez que todos os tratamentos apresentaram valores acima dos limites considerados adequados por Malavolta et al. (1997) (1,3 – 1,4 g kg⁻¹ de P), Martinez et al. (1999) (1,0 – 1,2 g kg⁻¹ de P) e Silveira et al. (2001) (1,5 – 2,0 g kg⁻¹ de P). Entretanto, mesmo apresentando baixos teores foliares de P, alguns tratamentos, como o T12 (40 LE + 60 CO) e o T13 (20 LE + 80 CO) por exemplo, apresentaram bom crescimento da parte aérea das mudas.

Testando diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Trigueiro e Guerrini (2003) encontraram valores entre 2,6 e 2,9 g kg⁻¹ de P na parte aérea das mudas. Silva (2003) verificou teores de P na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* variando entre 4,0 e 5,1 g kg⁻¹ na parte aérea das mudas. Testando diferentes tratamentos de fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Ciavatta (2010) relata teores de P entre 2,5 e 3,0 g kg⁻¹ na parte aérea e Lopes (2004) verificou valores entre 2,73 e 4,65 g kg⁻¹ de P na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes lâminas de irrigação.

Os teores de K verificados na parte aérea das mudas crescidas nos tratamentos T1 (100 LE), T6 (80 LE + 20 PCN), T8 (40 LE + 60 PCN), T10 (80 LE + 20 CO), T11 (60 LE + 40 CO), T12 (40 LE + 60 CO) e T18 (100 SC) encontram-se abaixo do limite considerado adequado por Martinez et al. (1999). Alguns destes tratamentos, como o T1 (100 LE), T10 (80 LE + 20 CO), T11 (60 LE + 40 CO), e T18 (100 SC) apresentaram baixos teores de K disponível no substrato para o crescimento das mudas, conforme observa-se na análise química dos diferentes substratos, explicitada na tabela 5. Entretanto, considerando-se o limite de 15 – 20 g kg⁻¹ de K na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* com idade entre 80 e 100 dias proposto por Silveira et al. (2001), todos os tratamentos podem ser considerados deficientes. Corroborando com estes resultados, Trazzi (2011) observou valores entre 3,57 e 8,40 g kg⁻¹ de K na parte aérea de mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com lodo de esgoto e resíduos renováveis (casca de arroz carbonizada e fibra de coco).

Lopes (2004) relata teores variando entre 20,5 e 24 g kg⁻¹ de K para mudas de *Eucalyptus grandis* sob diferentes substratos e lâminas de irrigação, sendo os maiores valores encontrados nas mudas produzidas com substrato de casca de pinus e vermiculita e substrato de casca de árvores, turfa e vermiculita. Trigueiro e Guerrini (2003) observaram valores entre 15 e 24 g kg⁻¹ de K na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo os maiores teores verificados nas mudas crescidas em substrato comercial à base de casca de pinus e vermiculita quando comparado com substratos compostos por variadas proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada. Ciavatta (2010) relata valores entre 10,6 e 14,0 g kg⁻¹ de K na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* sob diferentes regimes de fertirrigação.

Para os teores de Ca na parte aérea das mudas, verificam-se valores considerados adequados de acordo com os limites proposto por Martinez et al. (1999) apenas nos tratamentos T12 (40 LE + 60 CO), T13 (20 LE + 80 CO) e T15 (60 LE + 40 CAN), enquanto os demais, apresentaram valores acima deste limite. Pelo limite de 8 a 12 g kg⁻¹ de Ca na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* com idade de 80 a 100 dias proposto por Silveira et al. (2001), todos os tratamentos apresentaram teores superiores. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2003), que relata variação na parte aérea de 11,3 a 12,8 g kg⁻¹ de Ca para mudas de *Eucalyptus grandis* e por Trigueiro e Guerrini (2003), que observaram valores entre 11 e 15 g kg⁻¹ de Ca na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*. Discordando destes resultados, Ciavatta (2010) encontrou teores de Ca na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* entre 5,6 e 7,0 g kg⁻¹, ou seja, valores considerados baixos de acordo com os limites propostos por Martinez et al. (1999) e Silveira et al. (2001). Lopes (2004) encontrou teores de Ca entre 7,0 e 13,0 g kg⁻¹ para mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos cujos substratos eram compostos por casca de pinus e vermiculita.

Todos os tratamentos apresentaram teores de Mg abaixo do limites considerados adequados por Martinez et al. (1999) e Silveira et al. (2001) (3,0 – 3,5 g kg⁻¹ de Mg). Entretanto, estes valores estão próximos dos valores relatados por alguns autores para a parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, como por exemplo os estudos de Trigueiro e Guerrini (2003) (valores entre 2,0 e 2,8 g kg⁻¹ de Mg) e Ciavatta (2010) (variação de 2,4 a 2,9 g kg⁻¹ de

Mg). Lopes (2004) relata valores entre 3,28 e 4,55 g kg⁻¹ de Mg e Silva (2003) relata variação de 4,8 a 5,4 g kg⁻¹ de Mg, ambos estudos com mudas de *Eucalyptus grandis*.

Com exceção dos tratamentos T9 (20 LE + 80 PCN), T15 (60 LE + 40 CAN) e T17 (20 LE + 80 CAN), todos os demais apresentaram teores de S na parte aérea das mudas dentro ou acima do limite considerado adequado por Martinez et al. (1999). Levando em conta o limite de 1,3 – 1,5 g kg⁻¹ de S na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* com idade entre 80 e 100 dias proposto por Silveira et al. (2001), todos os tratamentos podem ser classificados como superiores. Trigueiro e Guerrini (2003) relatam variação de 1,1 a 2,4 g kg⁻¹ de enxofre na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos compostos por lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada. Ciavatta (2010) observou valores entre 1,3 e 1,5 g kg⁻¹ de S para mudas de *Eucalyptus grandis* crescidas sob diferentes regimes de fertirrigação. Lopes (2004) relatam teores entre 1,70 e 2,65 g kg⁻¹ de S para mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos e regimes de irrigação.

No que diz respeito aos teores de Cu na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*, o tratamento T9 (20 LE + 80 PCN) pode ser considerado adequado de acordo com o limite proposto por Martinez et al. (1999), sendo que os demais apresentaram valores acima desse limite. Silveira et al. (2001) estabelecem uma faixa de variação 10 – 15 mg kg⁻¹ para os teores de Cu na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* com idade entre 80 e 100 dias. Dessa forma, são considerados adequados os tratamentos T11 (60 LE + 40 CO), T12 (40 LE + 60 CO), T13 (20 LE + 80 CO) e T18 (100 SC), inadequado o tratamento T9 (20 LE + 80 PCN), enquanto que os demais apresentaram valores superiores a esse limite. Trigueiro e Guerrini (2003) testando diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* observaram teores de Cu na parte aérea variando entre 4 e 13 mg kg⁻¹. Entretanto, alguns autores encontraram teores mais baixos de Cu na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, como Ciavatta (2010) (3,3 – 3,6 mg kg⁻¹ Cu), Lopes (2004) (1,0 – 9,0 mg kg⁻¹ Cu) e Silva (2003) (3,0 – 9,0 mg kg⁻¹ Cu).

Verifica-se que os tratamentos T9 (20 LE + 80 PCN) e T13 (20 LE + 80 CO) apresentaram teores de Mn na parte aérea abaixo do limite recomendado

por Martinez et al. (1999). São considerados adequados os tratamentos T1 (100 LE), T6 (80 LE + 20 PCN), T7 (60 LE + 40 PCN), T8 (40 LE + 60 PCN), T10 (80 LE + 20 CO), T11 (60 LE + 40 CO), T12 (40 LE + 60 CO), T17 (20 LE + 80 CAN) e T18 (100% SC), enquanto que os demais tratamentos apresentaram valores acima desse limite. Considerando o limite de 300 – 500 mg kg⁻¹ de Mn para mudas de *Eucalyptus grandis* com idade entre 80 e 100 dias (SILVEIRA et al., 2001), são considerados adequados os tratamentos T1 (100 LE), T7 (60 LE + 40 PCN), T10 (80 LE + 20 CO), T17 (20 LE + 80 CAN) e T18 (100%SC). Na literatura, para a parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, Trigueiro e Guerrini (2003) relatam valores entre 167 e 353 mg kg⁻¹ de Mn; Silva (2003) relata valores entre 430 e 560,90 mg kg⁻¹ de Mn; Lopes (2004) observou variação de 191 a 652 mg kg⁻¹ de Mn e Ciavatta (2010) observou teores entre 398 e 450 mg kg⁻¹ de Mn.

Os teores de Fe na parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis* são considerados baixos de acordo com o limite proposto por Martinez et al. (1999) nos tratamentos T8 (40 LE + 60 PCN), T9 (20 LE + 80 PCN), T10 (80 LE + 20 CO), T12 (40 LE + 60 CO), T13 (20 LE + 80 CO), T14 (80 LE + 20 CAN), T16 (40 LE + 60 CAN) e T17 (20 LE + 80 CAN). Dentro do limite adequado estão os tratamentos T3 (60 LE + 40 FC), T6 (80 LE + 20 PCN) e T11 (60 LE + 40 CO), sendo que os demais tratamentos apresentaram valores acima desse limite. Silveira et al.(2001) estabelecem como adequados, teores de Fe entre 80 e 130 mg kg⁻¹ na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* com idade entre 80 e 100 dias. Dentro deste limite encontram-se os tratamentos T8 (40 LE + 60 PCN), T12 (40 LE + 60 CO), T13 (20 LE + 80 CO), T14 (80 LE + 20 CAN) e T17 (20 LE + 80 CAN). Testando diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram teores de Fe na parte aérea das mudas que variam de 49 a 81 mg kg⁻¹, sendo os maiores teores observados nos tratamentos que continham maiores proporções de lodo de esgoto. Lopes (2004) observou os maiores teores foliares de Fe nas mudas crescidas nos tratamentos compostos por substratos formulados a base de casca de pinus, vermiculita e fibra de coco, com variação de 110 a 190 mg kg⁻¹.

Para todos os tratamentos, os teores foliares de Zn em mudas de *Eucalyptus grandis* estão muito abaixo do limite considerado adequado por

Malavolta et al. (1997), Martinez et al. (1999) e Silveira et al. (2001). Discordando deste resultado, Trigueiro e Guerrini (2003) relatam teores de Zn na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* entre 36 e 158 mg kg⁻¹ em substratos à base de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada, sendo o maior valor encontrado no tratamento que continha a maior proporção de casca de arroz carbonizada e o menor valor no tratamento testemunha (substrato comercial a base de casca de pinus). Lopes (2004) testando diferentes substratos e lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* encontrou teores foliares de Zn variando entre 19 e 50 mg kg⁻¹, sendo os maiores valores apresentados no substrato composto basicamente por fibra de coco.

A maioria dos tratamentos apresentou teores de B considerados adequados por Martinez et al. (1999), estando os tratamentos T10 (80 LE + 20 CO), T14 (80 LE + 20 CAN), T15 (60 LE + 40 CAN), T16 (40 LE + 60 CAN) e T18 (100 SC) acima do limite considerado adequado pelos referidos autores. De acordo com o limite proposto por Silveira et al. (2001) (30 – 40 mg kg⁻¹ B) para mudas de *Eucalyptus grandis* com idade entre 80 e 100 dias, todos os tratamentos apresentam altos teores foliares de B. Corroboram com esse resultado os trabalhos de Ciavatta (2010) (40,0 – 48,6 mg kg⁻¹ B), Silva (2003) (65,5 – 85,1 mg kg⁻¹ B) e Lopes (2004) (30 – 38 mg kg⁻¹ B). Trigueiro e Guerrini (2003) encontraram baixos teores de B na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, variando entre 23 e 34 mg kg.

5. CONCLUSÕES

Verifica-se que os materiais de origem vegetal utilizados (fibra de coco, palha de café *in natura*, composto orgânico e casca de arroz *in natura*) possuem características individuais como porosidade, densidade e capacidade de retenção, capazes de promover melhorias nas propriedades físicas dos substratos de uma forma geral.

Todos os tratamentos apresentaram pH considerado baixo, entretanto, esse não constituiu um fator limitante ao crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis* no presente trabalho, visto que alguns tratamentos que apresentaram baixo pH foram capazes de proporcionar o bom crescimento das mudas, como os tratamentos T12 (40% LE+ 60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO).

A CTC de todos os tratamentos pode ser considerada alta ou adequada, com exceção do tratamento T17 (20% LE + 80% CAN), que enquadra-se como média.

A utilização de proporções crescentes de fibra de coco, casca de arroz *in natura* e palha de café *in natura* mostrou-se capaz de promover acréscimos de K ao substrato e redução nos teores de Ca disponível para as plantas.

Quanto à salinidade, a utilização de proporções crescentes de lodo de esgoto promoveu aumento do teor total de sais solúveis do substrato, com destaque para os tratamentos T1 (100% LE) e T14 (80 LE + 20 CAN) que apresentaram salinidade considerada extremamente alta.

Os tratamentos que continham composto orgânico em sua composição, especialmente os tratamentos T12 (40% LE + 60% CO) e T13 (20% LE + 80% CO), proporcionaram os melhores resultados em termos de crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis*.

Observou-se, com base nos resultados obtidos, que a combinação de resíduos orgânicos de origem vegetal e lodo de esgoto proporcionaram diferenças importantes em termos de crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis* em relação ao substrato comercial comumente utilizado.

O estudo demonstra a importância de se avaliar o potencial de cada resíduo como componente de substrato antes de empregá-lo comercialmente, visto que alguns materiais podem proporcionar um crescimento de mudas aquém do desejado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St. Hill., A. Juss. e Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos.** Curitiba: UFPR, 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I. de.; FERREIRA, A. C.; BONNET, B. R. P.; PEGORINI, E. S.; **Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico. Engenharia e Construção**, Curitiba: n. 24, set. 1998.

ARTHUR, G. A.; CRUZ, P. C. M. da.; FERREIRA, E. M.; BARRETTO, M. C. V. de.; YAGI, R. **Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010.** Brasília, p. 130. 2011. (ISSN: 1980-8550).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – ABNT. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

BADOCHA, T. E.; COSTA, R. S. C.; LEONIDAS, F. C. **Casca de Café: um importante insumo para a agricultura orgânica.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais....** Porto Seguro, 2003.

BARBOSA, Z.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. **Fósforo e zinco na nutrição e crescimento da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) I. Características de crescimento das plantas.** **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG: v. 21, n. 2, p. 196-204, 1997.

BARRETTO, V. C. de M.; VALERI, S. V.; SILVEIRA, R. L. V. de A., TAKAHASHI, E. N. **Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos.** **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP: n. 76, p. 21-33, dez. 2007.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. **Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp.** In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**, Piracicaba: IPEF, 2000. p. 105-133.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. de. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura.** Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 349 p.

BEZERRA, F. B.; OLIVEIRA, M. A. C. L.; PEREZ, D. V.; ANDRADE, A. G.; MENEGUELLI, N. A. **Lodo de esgoto em revegetação de área degradada.** **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v. 41, n. 3. p. 469-476, 2006.

BEZERRA, F. C.; FERREIRA, F. V. M.; SILVA, T. da C.; SOUSA, H. H. de F. Produção de mudas de alface em substratos à base de resíduos orgânicos e irrigados com água ou solução nutritiva. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 6., 2008, Fortaleza, CE. **Anais....** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

BLAKELY, W. F. **A key to the Eucalypts**. 3. ed. Canberra: Forestry and Timber Bureau, 1965. 359 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006** – In: RESOLUÇÕES, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> .Acesso em: 20 nov. 2011.

BRASIL. Resolução (no. 375, de 29 de agosto de 2006). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 167, 30 ago. 2006. Seção 1, p. 141-146.

CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, PR: v. 3, p. 11-17, 2005.

CALDEIRA, M. V. W.; MARCOLIN, M.; MORAES, E.; SCHAADT, S. S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Ambiência**, Guarapuava: v. 3, p. 1-8, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGET, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, Curitiba: v. 28, n. 1/2, p. 19-30, 2000a.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba: n. 57, p. 161-170, 2000b.

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

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

CASSINI, S. T.; VAZOLLER, R. F.; PINTO, M. T. Introdução. In: CASSINI S. T. (Coord). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: Prosab, RIMA ABES, p. 1-9, 2003.

CHAVES, A. S.; PAIVA, H. N. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba: n. 65, p. 22-29, 2004.

CIAVATTA, S. F. **Fertirrigação na produção e qualidade de mudas de *Eucalyptus spp.* Nos períodos de inverno e de verão**. Botucatu: UNESP, 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2010.

CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de bio-sólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007.

CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; BAPTISTA, G. M. M.; SANTOS, P. F. dos. Fertilidade química de um substrato tratado com lodo de esgoto e composto de resíduos domésticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 538–544, 2010.

COSTA, M. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ALBRECHT, J. M. F.; COELHO, M. F. B. Substratos para produção de mudas de genipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**: v. 35, n. 1, p. 19-24, 2005a.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; SESTAK, M.; OLIBONI, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibração de algodão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal: v. 25, n. 2, p. 540-548, 2005b.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa: MG, v.30, n.2, p.207-214, 2006.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa: MG, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

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

DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização da cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, São Paulo: v. 24, p. 778-782, 2001.

DUARTE, T. S. **Substratos orgânicos para a produção de mudas de tomateiro**. Pelotas: FAEM, 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

– Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, RS, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Brasília, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA AGROBIOLOGIA. Cultivo do Café Orgânico. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/sistemasdeproducao/cafe/index.htm>>. Acesso em: 28 nov. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo do Eucalipto: Produção de Mudas**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivoEucalipto/03_producao_de_mudas.htm>. Acesso em: 08 dez. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Produção de Morangos no Sistema Semi-hidropônico**. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/substratos.htm>>. Acesso em: 03 abr. 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **A plain english guide to the EPA part 503 biosolids rule**. Washington, DC : EPA, 1994. 176 p.

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

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

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coords.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 29-37, 2002.

FERNANDES, F.; ANDRAUS, S.; ANDREOLI, C. V. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE-Belém com vista a seu uso agrícola. **Sanare**, Curitiba: v. 5, n. 5, p. 46-58, 1996.

FETT, M. S. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Agricultura e pecuária**. SENAI/Rio Grande do Sul/Departamento Regional. 2005. Disponível em:<<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 11 dez. 2011.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Veli. e *Aspidosperma polyneuron* Müll Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. Jaboticabal: UNESP, 2000. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2000.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG: v. 26, p. 515-523, 2002.

FONSECA, F. A. de. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. E *Mimosa artemisiana* Heringer e Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. Seropédica: UFRRJ. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

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

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. Viçosa: UFV, 2001. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMES, J. M.; COUTO, L., LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa: MG, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG: v. 26, n. 6, p.655-664, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2006.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. In: **INFORME AGROPECUÁRIO**. EPAMIG, Belo Horizonte: v. 18, n. 185, p. 15 - 22, 1996.

GONÇALVES, J. L. M. Principais solos usados para plantações florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, p. 01-45, 2002.

GONÇALVES, J. L. M., POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Anais...**, Águas de Lindóia, SP: USP-ESALQ/SBCS/CEA/SLACS/SBM, 1996. CD-ROM.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTERELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p.309-350.

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

HOUSTON, D. F. 1972. "Rice hulls". In: HOUSTON, D. F (Ed). **Rice: Chemistry and technology**, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemical. 1972, p. 301-352.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200. 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, p. 218-222, 1990.

JORGE, J. A.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Condições físicas de um Latossolo vermelho – escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa: v. 15, p. 237-240, 1991.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, p. 45-72. 2005.

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 2., 2000, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: Genesis, 2000. 312 p.

KNAPIK, J. G.; ALMEIDA, L. S. de.; FERRARI, M. P.; OLIVEIRA, E. B. de; NOGUEIRA, A. C. Produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth (Bracatinga), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Allophylus Edulis* (St. Hil.) Radl. (Vacum) sob diferentes regimes de adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo: n. 51, 2005.

KRATZ, D. **Substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* maiden et cange e *Mimosa scabrella* benth**. Curitiba: UFPR,

2011. 118 f. Dissertação (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, PR, 2011.

LANG, D. Z.; BOTREL, M. C. G. Desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes substratos. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel: v. 1, p. 107-117, 2008.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex. MAIDEN) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. Botucatu: UNESP, 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP, 2004.

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

LUDWIG, F. **Características dos substratos no desenvolvimento, nutrição e produção de *Gérbera (gerbera jamesonii)* em vaso**. Botucatu: UNESP, 2010. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP, 2010.

MAIA, C. M. B. F. Uso da casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo: n. 39, p. 81-92, 1999.

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 315 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 308p.

MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das Angiospermas: Myrtales**. Santa Maria: UFSM, 1997. 304 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.143-168.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.;

QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: IAC. 2002. p. 53-76.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: A questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. São Paulo: USP, 2004. 320 f. (Dissertação de Mestrado em História Natural) - Universidade São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

MARTINS FILHO, S.; FERREIRA, A.; ANDRADE, B. S. de.; RANGEL, R. M.; SILVA, M. F. da. Diferentes substratos afetando o desenvolvimento de mudas de palmeiras. **Revista Ceres**, Viçosa: v. 54, n. 311, p. 80-86, 2007.

MASS, K. D. B. **Biossólido como substrato na produção de mudas de timburi**. Cuiabá: UFMT, 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

MATIELLO, J. B. O café: do cultivo ao consumo. **Globo Rural**. 1991. 320 p. (Coleção do agricultor – Grãos)

MAYER, D. F.; HOFFMANN, R.; RUPPENTHAL, J. E. Gestão energética, econômica e ambiental do resíduo casca de arroz em pequenas e médias agroindústrias e médias agroindústrias de arroz. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., Bauru, SP. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/124.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2011.

MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos**. Santa Maria: UFSM, 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MENDONÇA, V.; CORRÊA, F. L. de O.; CARVALHO, J. G. de.; RAMOS, J. D.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P. Substratos e doses de fertilizantes de liberação controlada na produção de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém: n. 46, p. 275-285, 2006.

MILNER, L. Water and fertilizers management in substrates. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., Ribeirão Preto, 2001. **Proceedings...** Ribeirão Preto: ISCN, p.108-111, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Instrução Normativa SDA Nº 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Verso e Reverso Comunicações. 2000. 112 p.

MORAES NETO, S. P.; MORAES GONÇALVES, J. L.; ARTHUR JÚNIOR, J. C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JÚNIOR, J. H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa: MG, v. 27, n. 2, p. 129-137, 2003.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 24, n. 1, p. 27-35, 2000.

NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, RN: v. 5, n. 1, p. 173–177, 2010.

NÓBREGA, R. S. A.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M. de.; MOREIRA, F. M. de S. Utilização de bio sólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa: v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.

NOGUERA, P.; ABAD, M.; NOGUERA, V.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, :v. 517, p. 279-286, 2000.

NUNES, M. U. C. **Produção de mudas de hortaliças com o uso da plasticultura e do pó da casca de coco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2000. 29 p. (Comunicado Técnico, 13).

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. de. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos**. Vitória da Conquista: UESB, 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2009.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. de S.; SOUZA, C. A. M. de.; SILVA, S. de A.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: v. 32, n. 1, p. 122-128, 2008.

OLIVEIRA, R. B.; SOUZA, C. A. M.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Desenvolvimento de essências florestais em diferentes substratos. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: IPDEP, 2004.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1981.

PÉREZ, P. V. **Efeitos da adição de bio sólido no crescimento inicial de *Eucalyptus Citriodora* Hook**. Marechal Cândido Rondon: UNIOESTE, 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PR, 2008.

PIRES, T. C.; MAGALHÃES, T. O.; AMARAL, L. C.; DULLIUS, J.; EINLOFT, S.; FERREIRA, C. A. Produção de Papel Compósito com Casca de Arroz para Aproveitamento da Biomassa Residual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu, PR. **Anais....** Foz do Iguaçu: CBECIMat, 2006. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-212-012.pdf>>. Acesso em: 21 de nov. 2011.

PONTES, V. A. **Efeito de substrato na produção de mudas de Algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) em badejas de isopor.** Mossoró, RN: ESAM, 1996. 21 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, RN, 1996.

PRESTES, M. T. **Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço Nutricional de mudas do angico (*anadenanthera macrocarpa*).** UNIP, 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Brasília, DF, 2007.

RAMOS, R. **Safras e mercado.** In: PLANETA ARROZ. 2011. Disponível em: <http://www.planetaarroz.com.br/site/noticias_detalle.php?idNoticia=10271> Acesso em: 21 nov. 2011

RIBEIRO, J. F. **Cerrado: matas de galeria.** Empresa Cerrados. Distrito Federal: Planaltina. 1998. 164 p.

RÖBER, R. SCHALLER, K. **Plantzenernährung im Gerbau.** 3. ed. Stuttgart: Ulmer, 1985. 352 p.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Eds.) **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes.** Gênese, Porto Alegre. p. 123-138, 2000

RODRIGUES, C. A. G.; BEZERRA, B. C.; ISHII, I. H.; CARDOSO, E. L.; SORIANO, B. M. A.; OLIVEIRA, H. O. **Arborização urbana e produção de mudas de essências florestais nativas em Corumbá, MS.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 26 p. (Documentos, 42).

RONDON NETO, R. M.; RAMOS, C. M. Avaliação das características físicas de substratos formulados com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais em tubetes. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, : v. 3, n. 2, p. 117-122, 2010.

ROSA, M. F.; SANTOS, F. J. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S.; NORÕES, E. R. V.; **Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 6 p. (Comunicado Técnico, 54).

RUBIRA, J. L. P.; BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales en contenedor.** Madrid: Centro de Publicaciones. 1996. 189 p.

SABONARO, D. Z. **Utilização de composto de lixo urbano na Produção de mudas de espécies arbóreas Nativas com dois níveis de irrigação.** Botucatu: UNESP, 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Estadual de Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Botucatu, SP, 2006.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR: v. 30, n. 1, p. 1173-1186, 2009.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, K. F.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. **Caracterização física de substratos elaborados a partir de resíduos agroindustriais.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria: v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

SILVA, C. A.; HIGASHIKAWA, F. S.; BETTIOL, W. Caracterização química de resíduos visando a avaliação de valor agrônomo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS, 2009, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: CBRO, 2009.

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

SILVA, F. C. da.; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALESTEIRO, S. D. **Uso agrícola do composto de lixo no Estado de São Paulo: recomendações técnicas.** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Circular Técnica).

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônomo para o bio-sólido produzido no Distrito Federal. II – Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa: n. 2, v. 26, p. 497-503, 2000.

SILVA, J. S.; BERBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem do café.** Viçosa: Aprenda fácil, 1999. 416 p.

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

SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden).** Botucatu:

UNESP, 2003. 100 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2003.

SILVEIRA, M. L. A.; ALLEONI, L. R. F.; GUILHERME, L. R. G. Biosolids and heavy metals in soils. **Scientia Agrícola**, Piracicaba: v. 60, n. 4, p. 793-806, 2003.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja o doutor do seu eucalipto**. Piracicaba: Potafós. p. 1-32, 2001. (Arquivo Agrônômico, 12)

SOBRINHO, P. S.; LUZ, B. P.; SILVEIRA, L. S. T.; RAMOS, T. D.; NEVES, G. L.; BARELLI, A. A. M. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE: v. 5, n. 2, p. 238-243, 2010.

SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, R. B. de.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS: v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

SOUZA, D. L. de.; REZENDE, P. L. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2. ed. Viosa: Aprenda Fácil. 2006. 843 p.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR: v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.

SUGUINO, E. **Influência do substratos no desenvolvimento de mudas de plantas frutíferas**. Piracicaba: ESALQ, 2006, 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2006.

TAVARES JUNIOR, J. E. **Volume e Granulometria do substrato na formação de mudas de café**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRG, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho¹. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v. 12, n. 3, p. 223–230, 2008.

TRAZZI, P. A. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado

Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

TRIGUEIRO, R. de M. **Uso de bio sólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. Botucatu: UNESP, 2002. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio e Mesquita Filho". Botucatu, SP. 2002.

TRIGUEIRO, R. de 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.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Informações Econômicas**, São Paulo: v. 24, n. 1, p. 9-16, 1994.

VILLELA, N. T. Casca de arroz carbonizada. In: MUNGO VERDE – ONDE A NATUREZA CRESCE NATURALMENTE. 2009. Disponível em: <<http://mungoverde.blogspot.com/2009/10/casca-de-arroz-carbonizada.html>> Acesso em: 28 nov. 2011

WENDLING, I., GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13 - 47.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 31, p. 209-220, 2007.