

DAGMA KRATZ

SUBSTRATOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira

Co-orientador: Dr. Ivar Wendling

CURITIBA
2011

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Kratz, Dagma

Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth / Dagma Kratz -2011.

121 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira

Co-orientador: Dr. Ivar Wendling

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 22/02/2011

Inclui bibliografia

Área de concentração: Silvicultura

1. Eucalipto - Mudas. 2. Bracatinga - Mudas. 3. Mudas – Qualidade. 4. Substratos. 5. Teses. I. Nogueira, Antonio Carlos. II. Wendling, Ivar. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD –634.973 4
CDU – 634.0.232.4

Aos meus pais Dilmar e Dorli Kratz
e à minha irmã Darlene Kratz.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo, por estar sempre presente em nossas vidas.

Ao Professor Dr. Antonio Carlos Nogueira pela orientação e amizade.

Ao Dr. Ivar Wendling pela amizade e sempre pronta disponibilidade na orientação desde o início da minha carreira científica.

Aos colegas Marcos Bassaco, Patrícia Pereira Pires e Horácia Boene pela amizade, companheirismo e disposição em ajudar.

Aos estagiários do Laboratório de Propagação de Plantas pela ajuda na instalação e avaliação dos experimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, Joel, Vero, Leonides e Harry pela ajuda na instalação e condução dos experimentos e amizade.

As funcionárias do Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, Nádia, Paula e Cláudia pela ajuda na realização das análises de nutrientes dos substratos.

A Simone e Beth, funcionárias da biblioteca da Embrapa florestas pela ajuda na aquisição de literaturas.

Ao Professor Dr. Paulo Vitor de Souza e aos funcionários do Laboratório de substratos da UFRGS pelo apoio na realização das análises de substratos.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR.

À Embrapa Florestas, pelo suporte prestado durante as conduções dos experimentos.

À Sanepar pelo fornecimento do biossólido.

À Klabin pelo fornecimento das sementes de *Eucalyptus benthamii*.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

A minha família, mesmo a distância sempre presente na minha vida.

Aos amigos, pessoas tão especiais, pelos momentos de descontração e apoio.

Aos professores, Dr. Marcos Vinicius Caldeira (UFES) e Dr. Fernando Grossi (UFPR), integrantes da banca examinadora, pela contribuição no trabalho.

A todos que de alguma forma colaboraram para execução deste trabalho.

O Senhor é meu pastor, nada me faltará.
Em verdes prados ele me faz repousar.
Conduz-me junto às águas refrescantes,
restaura as forças de minha alma.
Pelos caminhos retos ele me leva,
por amor do seu nome.
(Salmo 23).

RESUMO

Baseado na importância do substrato na produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação objetivou-se nesse estudo avaliar a viabilidade técnica da utilização de substratos renováveis a base de fibra de coco, casca de arroz carbonizada, biossólido e casca de pinus semidecomposta para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Mimosa scabrella* e também relacionar as características físicas e químicas dos substratos formulados com a qualidade das mudas produzidas. Para tanto se formulou 41 tratamentos, sendo realizadas análises físicas e químicas dos mesmos. Os experimentos foram instalados no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, localizada em Colombo-PR, realizando-se semeadura direta em tubetes de 55 cm³ permanecendo por 60 e 120 dias em estufa de vidro para o *Eucalyptus benthamii* e *Mimosa scabrella*, respectivamente, e 30 dias na área de pleno sol para ambas as espécies. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 41 tratamentos de 5 repetições com 20 plantas. A cada 30 dias realizaram-se mensurações da altura e diâmetro e na avaliação final quantificou-se a biomassa fresca e seca aérea e radicial, facilidade de retirada do tubete, agregação das raízes ao substrato, relação altura da parte aérea e diâmetro de colo e Índice de Qualidade de Dickson. As variáveis coletadas foram submetidas ao teste de Bartlett e, em seguida a análise de variância, prosseguindo para o teste de Scott- Knott a fim de observar as diferenças entre as médias. Com base nos resultados obtidos, pode-se observar respostas diferentes para as duas espécies estudadas. Para ambas as espécies, os melhores substratos estudados foram aqueles formulados a base de fibra de coco/casca de arroz carbonizada nas diferentes proporções analisadas. Para o *Eucalyptus benthamii* todos os componentes renováveis foram viáveis tecnicamente, enquanto que para a *Mimosa scabrella*, o biossólido apresentou-se inviável, visto que a sua alta densidade, teor de matéria orgânica, concentração de magnésio, salinidade e pH não apresentaram adequados para esta espécie. Para *Eucalyptus benthamii* quanto maior a agregação do substrato às raízes, maior a facilidade de retirada das mudas do tubete, enquanto que para a *Mimosa scabrella*, se observou um efeito contrário. Mensurações de altura e diâmetro anteriores a avaliação final são dispensadas, visto que as mesmas não são confiáveis para predição do resultado final. *Eucalyptus benthamii* mostrou menor plasticidade ao substrato em relação à *Mimosa scabrella*, podendo produzir as mudas nos diferentes substratos analisados.

Palavras-chave: Eucalipto. Bracatinga. Biossólido. Fibra de coco. Casca de arroz carbonizada. Casca de pinus semidecomposta.

ABSTRACT

Based on the importance of substrate on seedling production and use of renewable materials for its formulation in this study aimed to evaluate the technical feasibility of using renewable substrates the base of coconut fiber, rice hulls, sewage sludge and pine bark medium decomposed for the production of *Eucalyptus benthamii* and *Mimosa scabrella* and also relate the physical and chemical characteristics of substrates formulated with quality seedlings. For that we gave 41 treatments, performed physical and chemical analysis of them. The experiments were conducted at the Laboratory Propagation of Plants Embrapa Florestas located in Colombo-PR, performing direct sowing in tubes of 55 cm³ staying for 60 and 120 days in a greenhouse of glass for *Eucalyptus benthamii* and *Mimosa scabrella*, respectively, and 30 days in the area of full sun for both species. The experiment was a completely randomized design with 41 treatments of 5 replicates with 20 plants. Every 30 days were carried out measurements of height and diameter and the final evaluation was quantified fresh and dry biomass and root air, ease of removal of the tube, root aggregation to substrate ratio shoot height and diameter and Quality Index Dickson. The collected variables were tested with Bartlett and then analysis of variance, proceeding to the Scott-Knott to observe the differences between means. Based on these results, we can observe different responses to the two species. For both species, the best substrates studied were those formulated the basis of coconut fiber / rice hulls analyzed in different proportions. *Eucalyptus benthamii* for all renewable components were technically feasible, while for the *Mimosa scabrella* the biosolids had to be unfeasible, because of its high density, organic matter content, magnesium concentration, salinity and pH were not suitable for this species. *Eucalyptus benthamii* to the higher aggregation in substrate, greater ease of removal of the seedlings of the tube, while for the *Mimosa scabrella*, observed an opposite effect. Measurements of height and diameter prior to final assessment are exempt, since they are not reliable for predicting the outcome. *Eucalyptus benthamii* showed lower plasticity to the substrate relative to *Mimosa scabrella*, which can produce the seedlings on each substrate examined.

Key-words: Eucalyptus. Bracatinga, Biosolid. Coconut fiber. Carbonized rice hulls. Pine bark medium decomposed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Eucalyptus benthamii* NA REGIÃO DE OCORRÊNCIA NATURAL..... 42
- FIGURA 2 - ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Eucalyptus benthamii*..... 51
- FIGURA 3 - ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Mimosa scabrella*..... 51

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - ALTURA DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> AOS 30, 60 E 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	59
GRÁFICO 2 - BIOMASSA SECA E FRESCA AÉREA (BSA, BFA) DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.	64
GRÁFICO 3 - BIOMASSA SECA E FRESCA RADICIAL (BSR, BFR) DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	66
GRÁFICO 4 - FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT) DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.	67
GRÁFICO 5 - AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG) DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.	69
GRÁFICO 6 - ALTURA AOS 30, 60, 90, 120 E 150 DIAS DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	74
GRÁFICO 7 - DIÂMETRO DE COLO AOS 60, 90, 120 E 150 DIAS DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.	76
GRÁFICO 8 - BIOMASSA FRESCA E SECA AÉREA (BFA, BSA) DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS (A). BIOMASSA SECA E FRESCA RADICIAL (BSR, BFR) DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS (B).....	78
GRÁFICO 9 - FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.	80
GRÁFICO 10 - AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG) DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.	81
GRÁFICO 11 - RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/DC) AOS 150 DIAS DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.	83
GRÁFICO 12 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) AOS 150 DIAS DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	ESCALA DE VALORES PARA INTERPRETAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS USADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS.....	19
TABELA 2 -	CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SALINIDADE APRESENTADA NOS SUBSTRATOS.....	28
TABELA 3 -	CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS POLUENTES NO BISSÓLIDO UTILIZADO.....	46
TABELA 4 -	MATERIAL UTILIZADO (%) NA FORMULAÇÃO DOS TRATAMENTOS (VOLUME/ VOLUME).....	47
TABELA 5 -	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA AOS 30, 60 E 90 DIAS (H 30, H 60 E H 90), BIOMASSA FRESCA AÉREA (BFA), BIOMASSA FRESCA RADICIAL (BFR), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BSR), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT) E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG) DE MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	58
TABELA 6 -	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIÂMETRO DE COLO AOS 60 E 90 DIAS (DC 60 E DC 90), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT), RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/DC) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) DE MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	58
TABELA 7 -	DIÂMETRO DE COLO AOS 60 E 90 DIAS (DC 60, DC 90) DE MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i>	63
TABELA 8 -	RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO (H/DC) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) AOS 90 DIAS DE MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i>	71
TABELA 9 -	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS: ALTURA AOS 30, 60, 90, 120 E 150 DIAS (H 30, H 60, H 90, H 120 E H 150) E DIÂMETRO AOS 30, 60, 120 3 150 DIAS (D 60, D 90, D 120 E D 150) DE MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	73
TABELA 10 -	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA BIOMASSA FRESCA AÉREA (BFA), BIOMASSA FRESCA RADICIAL (BFR), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BSR), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT), AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG), RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/DC) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) DE MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS

AD – Água disponível
AFD – Água facilmente disponível
AG – Agregação das raízes aos substrato
AT – Água tamponante
B – Boro
BFA – Biomassa fresca aérea
BFR – Biomassa fresca radicial
BIO – Biossólido
BSA – Biomassa seca aérea
BSR – Biomassa seca radicial
Ca – Cálcio
CAC – Casca de arroz carbonizada
CE – Condutividade elétrica
CRA – Capacidade de retenção de água
Cu – Cobre
Da – Densidade aparente
DC – Diâmetro de colo
EA – Espaço de aeração
FC – Fibra de coco
Fe – Ferro
FRT – Facilidade de retirada do tubete
H – Altura
H/DC – Relação altura e diâmetro de colo
IQD – Índice de qualidade de Dickson
K – Potássio
Mg – Magnésio
Micro – Microporosidade
Mn – Manganês
MO – Matéria orgânica
Mo – Molibdênio
N – Nitrogênio

N disp – Nitrogênio disponível

P – Fósforo

PT – Porosidade total

S – Enxofre

SC – Substrato florestal comercial a base de casca de pinus

TTSS – Teor total de sais solúveis

Zn – Zinco

LISTA DE SIGLAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 SUBSTRATOS.....	18
2.1.1 Propriedades Físicas	20
2.1.1.1 Densidade aparente	20
2.1.1.2 Porosidade	21
2.1.1.3 Capacidade de retenção de água	22
2.1.1.4 Matéria orgânica	25
2.1.2 Propriedades Químicas.....	26
2.1.2.1 pH.....	26
2.1.2.2 Condutividade elétrica e salinidade ou teor de sais solúveis	27
2.1.3 Tipos de substratos	28
2.1.3.1 Casca de arroz carbonizada	29
2.1.3.2 Vermiculita	31
2.1.3.3 Substratos a base de casca de pinus	32
2.1.3.4 Biossólido.....	33
2.1.3.5 Fibra de coco	35
2.2 VARIÁVEIS IMPORTANTES NA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE MUDAS	36
2.2.1 Altura da parte aérea	37
2.2.2 Diâmetro de colo	37
2.2.3 Biomassa seca radicial e aérea	38
2.2.4 Facilidade de retirada do tubete	39
2.2.5 Agregação das raízes ao substrato	39
2.2.6 Índices de qualidade de mudas - H/DC, IQD	40
2.3 <i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden et Cambage.....	41
2.4 <i>Mimosa scabrella</i> Benth.	43
3 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Mimosa scabrella</i>	45
3.1.1 Componentes para formulação dos substratos	45
3.1.2 Preparo dos substratos	46

3.1.3 Adubação	48
3.1.4 Semeadura e raleamento	49
3.1.4.1 <i>Eucalyptus benthamii</i>	49
3.1.4.2 <i>Mimosa scabrella</i>	49
3.1.5 Avaliações	50
3.1.6 Delineamento experimental.....	52
3.2 ANÁLISE DE SUBSTRATOS	53
3.2.1 Umidade atual.....	53
3.2.2 Densidade aparente	53
3.2.3 Porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade de água	54
3.2.4 pH, condutividade elétrica e teor de sais solúveis.....	56
3.2.5 Macronutrientes.....	56
3.2.6 Matéria orgânica.....	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1 <i>Eucalyptus benthamii</i>	58
4.1.1 Análise de variância.....	58
4.1.2 Altura da parte aérea	59
4.1.3 Diâmetro de colo	62
4.1.4 Biomassa fresca e seca da parte aérea	64
4.1.5 Biomassa fresca e seca da parte radicial	65
4.1.6 Facilidade de retirada das mudas do tubete	67
4.1.7 Agregação das raízes ao substrato	68
4.1.8 Índices de qualidade de mudas - H/DC, IQD	70
4.2 <i>Mimosa scabrella</i>	73
4.2.1 Análise de variância.....	73
4.2.2 Altura da parte aérea	74
4.2.3 Diâmetro de colo	76
4.2.4 Biomassa fresca e seca da parte aérea e radicial.....	77
4.2.5 Facilidade de retirada do tubete	79
4.2.6 Agregação das raízes ao substrato	81
4.2.7 Índices de avaliação de qualidade das mudas - H/DC, IQD	82
4.3 ANÁLISE DE SUBSTRATOS	85
4.3.1 Densidade aparente	85

4.3.2 Porosidade total, espaço de aeração, microporosidade	86
4.3.3 Água facilmente disponível.....	88
4.3.4 pH	89
4.3.5 Condutividade elétrica e teor total de sais disponíveis	90
4.3.6 Macronutrientes	92
4.3.7 Matéria orgânica.....	94
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS	96
6 CONCLUSÕES.....	98
REFERÊNCIAS.....	99
ANEXOS	107

1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos florestais está expandindo e para atendê-la faz-se necessário a implantação de novos plantios, os quais para serem rentáveis devem ter alta produtividade e qualidade. Desta forma, ao se levar em consideração a instalação de povoamentos florestais, um dos fatores a ser priorizados é a qualidade da muda, visto que esta tem repercussão direta na produtividade e qualidade do produto final.

Nesse sentido, muitos esforços têm sido realizados para melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção das mudas e dentre os fatores que influenciam na qualidade está o substrato, sendo ele o meio em que as raízes se desenvolvem, fornecendo suporte estrutural as mudas e também as concentrações necessárias de água, oxigênio e nutrientes (GONÇALVES; POGGIANI, 1996, p. 1; CARNEIRO, 1995, p. 248).

Os substratos para a produção de mudas podem ser formados por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais, podem ser produzidos no viveiro ou adquiridos em empresas especializadas. No mercado é possível adquirir diversos tipos de substratos prontos para o uso, puros ou em mistura, cada um com características próprias de preço e qualidade.

O desenvolvimento do setor florestal teve como consequência a geração de um grande volume de subprodutos, dentre eles a casca de pinus, a qual passou a ser utilizada como substrato para produção de mudas, após ser decomposta, seca e moída. Devido a suas boas características físicas e químicas, este substrato obteve bons resultados na produção de mudas, conquistando o mercado, sendo atualmente utilizado em grande escala e como substrato padrão em boa parte dos viveiros florestais do Brasil.

Contudo, a área plantada de *Pinus* spp. vem decrescendo nos últimos anos (TETTO, 2008, p. 8). Essa diminuição deve-se à preferência dos produtores pela cultura de eucalipto, a qual apresenta maior crescimento em ciclo de curta rotação e alta produtividade florestal. Segundo Cruz e Pereira Filho (2009) o crescimento médio anual da área plantada de *Pinus* spp., desde 2007 foi de 0,3 % ao ano, enquanto que para o eucalipto obteve-se um crescimento acumulado de 41,1 % neste período. Segundo dados levantados pela ABRAF (2010, p. 22) a área plantada

de *Pinus* spp. no Brasil teve queda de 2,1 % em 2009, reduzindo desta forma a geração do resíduo casca de pinus.

As cascas de pinus têm ampla utilização na queima direta para atender diferentes processos de geração de energia (ABRAF, 2010, p. 79). Desta forma, além do decréscimo da aérea plantada de pinus, existe a concorrência pela casca para o uso como fonte de energia, resultando na diminuição da disponibilidade deste produto como fonte para produção de substratos, e, conseqüentemente proporcionando queda na produção de substratos a base de casca de pinus e o aumento do preço dos mesmos.

Por outro lado, a demanda por substratos está crescendo cada vez mais, visto a sua utilização em diversas áreas agrícolas, como na horticultura, floricultura, fruticultura e florestal. Desta forma, faz-se necessário o fornecimento de novas alternativas de produtos a serem utilizados como substratos, visto que os produtos existentes atualmente podem em breve não atender a demanda do mercado de produção de mudas.

Além do aumento da demanda por substratos, existe ainda uma concorrência no mercado pelos materiais utilizados para a formulação deste produto, como por exemplo, a utilização da casca de pinus para energia, da casca de arroz tanto para energia como para formação da cama de aviário e na cobertura de canteiros de morangos.

A disponibilidade dos produtos é outro fator a ser levado em consideração, visto que o mesmo deve ser abundante para conseguir atender a demanda de mercado. A maioria dos produtos utilizados no mercado atualmente apresentam grande oferta apenas em locais específicos no país, aumentando desta forma o seu custo quando transportados para regiões mais distantes.

O avanço da tecnologia da produção de mudas proporcionou a substituição gradativa da terra de subsolo por outros materiais, principalmente renováveis, tendo como componentes cascas de árvores e grãos, compostos orgânicos, esterco e húmus. A utilização destes materiais renováveis para formulação de substratos é de fundamental importância, visto ao aumento da produção de mudas, que deve seguir os padrões de sustentabilidade, ou seja, ecologicamente correta, economicamente viável e socialmente justa.

Desta forma, devem-se aumentar os estudos em relação aos substratos a fim de apresentar novas possibilidades de formulação desse produto, como a utilização de resíduos agroindustriais, industriais florestais e urbanos para a produção de mudas representa uma alternativa viável, pois grandes volumes destes produtos são gerados, representando um problema ambiental se não terem um destino final adequado.

Baseado na importância do substrato na produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação objetivou-se nesse estudo avaliar a viabilidade técnica da utilização de substratos renováveis a base de fibra de coco, casca de arroz carbonizada, bio sólido e casca de pinus semidecomposta para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Mimosa scabrella* e também relacionar as características físicas e químicas dos substratos formulados com a qualidade das mudas produzidas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUBSTRATOS

Segundo Wendling; Dutra; Grossi (2006, pag 12) a principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicial, assim como os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta. Este substrato deve ser isento de sementes de plantas invasoras, pragas e fungos patogênicos, evitando-se assim a necessidade de sua desinfestação.

Ao levar em consideração o estabelecimento de povoamentos florestais, a produção de mudas, tanto em quantidade quanto em qualidade, representa uma das fases mais importantes e com repercussão direta na produtividade e qualidade do produto final. Nesse sentido, muitos esforços têm sido realizados para melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção das mudas. Um dos fatores que influenciam nessa qualidade das mudas é o substrato que as sustentam (GONÇALVES; POGGIANI, 1996, p. 1).

Segundo Gomes e Paiva (2004, p. 48) o substrato deve apresentar boas características químicas e físicas, porém esta última é mais importante visto que as propriedades químicas podem ser facilmente corrigidas pelo viveirista. Segundo esses mesmos autores, o substrato não deve se apresentar muito compacto, pois diminui a sua aeração, prejudicando o crescimento das raízes.

Como a diversidade de substratos 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 os mesmos apresentarem características desejáveis e indesejáveis à planta, quando usados isoladamente (WENDLING; GATTO, 2002, p. 14).

Segundo Gonçalves e Poggiani (1996, p. 5) 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).

O tipo de material e a proporção de cada um na composição do substrato variam de acordo com a disponibilidade local, custo e tipo de muda a ser produzida (GONÇALVES; POGGIANI, 1996, p. 5). E ainda deve-se lembrar que a formulação deverá ser testada nas condições de cada local de produção e devidamente ajustada, caso haja necessidade (WENDLING; DUTRA; GROSSI, 2006, p. 13).

Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4) indicam valores adequados para algumas características físicas e químicas de substratos para o crescimento de mudas de espécies florestais (TABELA 1).

TABELA 1 - 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 aparente (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 ($\text{mL } 50 \text{ cm}^{-3}$)	< 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
pH em CaCl_2 0,01 M	< 5,0	5,0 - 6,0	> 6,0	5,5 - 6,5
P resina (mg dm^{-3})	< 200	200 - 400	> 400	400 - 800
K trocável ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 15	15 - 30	> 30	30 - 100
Ca trocável ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 100	100 - 150	> 150	100 - 200
Mg total ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 50	50 - 100	> 100	50 - 100
CTC efetiva ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 100	100 - 200	> 200	> 200

Fonte: Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4).

Para Carneiro (1995, p. 249) os substratos produtivos devem ser férteis, porém um substrato fértil pode não ser necessariamente produtivo. Desta forma, recomenda-se a adição de nutrientes no substrato, quando o mesmo for de baixa fertilidade, para promover o suprimento dos elementos necessários, economizando-se tempo no processo de produção das mudas. Sua formulação e dose são variáveis em função do tipo de substrato utilizado e da espécie a ser produzida, sendo recomendada a realização de uma análise química do substrato, e caso haja necessidade de se proceder a correção da acidez do substrato ($\text{pH} < 5,0$) e elevar o

nível de fertilidade, pode-se consultar as tabelas de recomendação de adubação (WENDLING; DUTRA; GROSSI, 2006, p. 16).

2.1.1 Propriedades Físicas

2.1.1.1 Densidade aparente

Conceitua-se por densidade aparente, a massa do substrato por unidade de volume ocupada pelo mesmo (CARNEIRO, 1995, p. 256). O valor da densidade é importante para interpretar outras características, como porosidade, espaço de aeração, disponibilidade de água, além de salinidade e teor de nutrientes (FERMINO, 2003, p. 7).

Em algumas bibliografias encontra-se o termo densidade real ou de partícula, a qual se refere à densidade aparente descontado a porosidade. Materiais orgânicos apresentam densidade real em torno de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto que materiais minerais ao redor de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ (MARTÍNEZ, 2002, p. 56).

Segundo Martínez (2002, p. 56) a densidade aparente indica o peso do substrato, fator considerado importante para o transporte, manipulação dentro do viveiro e ainda na estabilidade das plantas. Lembrando que substratos muito leves não apresentam um bom suporte para as plantas, assim como substratos muito densos podem prejudicar o crescimento radicial das mudas, através da impedância mecânica.

A densidade do substrato dentro do recipiente vai depender da pressão aplicada no momento do preenchimento, do peso das partículas ao caírem uma sobre as outras, da umidade presente nas partículas ou o efeito da irrigação (FERMINO, 2003, p. 7). Para Carneiro (1995, p. 256) a água da chuva também pode aumentar a densidade, devido à compactação, assim como em viveiros de raiz nua, onde máquinas e equipamentos promovem a compactação (CARNEIRO, 1995, p. 256). Segundo o mesmo autor a origem dos materiais presentes afetam na

densidade do substrato, sendo que altos níveis de matéria orgânica diminuem a densidade quando comparados a materiais minerais.

Além da origem dos componentes utilizados para a formulação do substrato, a sua proporção também influencia na densidade, onde a combinação de diferentes proporções de materiais com diferentes densidades podem aumentar ou diminuir a densidade do substrato formulado.

2.1.1.2 Porosidade

Porosidade de um substrato são os espaços ocupados por água, ar e raízes e sua quantidade é determinada pelo arranjo das partículas sólidas (CARNEIRO, 1995, p. 253).

A porosidade é de fundamental importância para o crescimento das plantas, visto que a grande concentração de raízes formadas nos recipientes exigem elevado fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado, desta forma o substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio (KÄMPF, 2005, p. 48).

Os substratos, em geral, têm maior porosidade quando comparados com o solo, pois a maioria dos materiais utilizados tem poros internos além daqueles externos, formados entre as partículas, possuindo também maior percentual de poros com maior dimensão. Os poros internos presentes em alguns substratos podem estar fechados, sem contato com o meio externo, não interferindo, portanto na porosidade, ou então estar abertos, como ocorre nos materiais orgânicos, formando uma rede de canais com o meio externo (FERMINO, 2002, p. 32).

A combinação de partículas de tamanhos diferentes pode levar a uma redução da porosidade em comparação com os valores apresentados pelo conjunto formado só com as partículas de mesmo tamanho. Isto se explica pelo efeito cimentante quando as partículas menores alojam-se entre os espaços livres formados pelo arranjo das partículas maiores (FERMINO, 2002, p. 33).

Os poros podem ser classificados em macroporos e microporos. Quando o substrato encontra-se saturado hidricamente, os macroporos estão preenchidos por ar e o seu volume é definido como espaço de aeração, enquanto que os microporos estão preenchidos por água e este volume representa a capacidade de retenção hídrica de um substrato (KÄMPF, 2005, p. 48).

A porosidade deve apresentar um bom equilíbrio entre os microporos que retém água, e os macroporos que retém ar. Segundo Gonçalves e Poggiani (1996, p. 2) o substrato deve apresentar boa homogeneidade no tamanho das partículas e poucas partículas inertes, principalmente as grandes, as quais tornam o meio muito poroso, diminuindo a capacidade de agregação e retenção de água e nutrientes, principalmente, para o uso em recipientes com pequeno volume.

O tamanho das partículas tem influência determinante sobre o volume de água e ar do substrato. Altas proporções de partículas maiores tornam o meio com alto espaço de aeração, enquanto partículas menores fecham os poros, aumentando a capacidade de retenção de água e diminuindo o espaço de aeração (FERMINO, 2003, p. 48). Segundo o mesmo autor a compactação leva a uma diminuição da porosidade total, na medida em que as partículas ficam muito mais próximas uma das outras, aumentando a proporção de microporos, conseqüentemente diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água do substrato.

O conhecimento das relações entre ar e água permite determinar o melhor manejo da água para atender a demanda das espécies, em suas diversas fases de cultivo (FERMINO, 2002, p. 34). Segundo o mesmo autor é importante decidir pelo manejo de produção mais adequado para manter durante o cultivo as características determinadas inicialmente.

2.1.1.3 Capacidade de retenção de água

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 depois de aplicada a tensão de 100 hPa) (DE BOODT; VERDONCK, 1972, p. 39, 40).

A curva de retenção, ou disponibilidade de água de um meio é o resultado da relação entre a umidade volumétrica e a tensão de umidade do meio, fornecendo informações sobre a habilidade para reter e liberar água e do volume de água disponível às plantas sob baixas tensões (BUNT¹, 1988 *apud* SPIER *et al.* 2008, p. 2). A sua determinação é importante na medida em que informa o volume de água disponível às plantas dentro de cada faixa de tensão em uma determinada amostra (SPIER *et al.*, 2008, p. 2).

Conforme De Boodt e Verdonck (1972, p. 39, 40), o volume de água retido no substrato na tensão 0 hPa (totalmente saturado) define a porosidade total (PT) do substrato e a tensão 10 hPa determina o volume de ar presente no substrato após cessar a livre drenagem. Assim, a diferença entre a PT do substrato e o volume de água retido a 10 hPa corresponde ao espaço de aeração (EA) do substrato.

O volume de água retido no substrato na faixa de tensão entre 10 e 100 hPa representa a água disponível (AD) às plantas. Entretanto, dentro dessa faixa de tensão encontram-se diferentes forças de retenção de água. Assim, após observar que tensões acima de 50 hPa afetavam desfavoravelmente o crescimento das plantas, definiu-se esse valor para separar o volume de água facilmente disponível (AFD) para as plantas e o volume de água tamponante (AT) do substrato. Portanto, AFD é o volume de água retido entre a tensão de 10 e 50 hPa e AT, entre a tensão de 50 e 100 hPa (DE BOODT; VERDONCK, 1972, p. 39, 40).

A água tamponante é considerada o volume de água retido no substrato que é utilizado quando, eventualmente, ocorre alguma situação de estresse hídrico no qual a tensão matricial do substrato atinge valores superiores a 50 hPa. O volume de água retido no substrato após se aplicar a tensão de 100 hPa corresponde ao volume de água não disponível para a planta, denominado água remanescente (AR) do substrato (DE BOODT; VERDONCK, 1972, p. 39, 40)

A capacidade de retenção de água é determinada pelo teor, quantidade e características dos componentes do substrato, principalmente a matéria orgânica e alguns tipos de material inerte, como a vermiculita. Alguns materiais como a fibra de coco, retêm grande quantidade de água, o que pode reduzir substancialmente a

¹ BUNT, A. C. **Media and mixes for container -grown plants**: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants. London: Unwin Hyman, 1988. 309 p.

necessidade de irrigações ao longo do dia, principalmente no inverno, quando a taxa de transpiração é menor (FERRARI, 2003).

Para Martínez (2002, p. 57) a capacidade de retenção de água entre 20 e 30 % do seu volume pode ser considerada ótima para ser classificado como um bom substrato para esta característica.

Substratos com menor capacidade de retenção de água exigem maior aplicação de água em cada irrigação, ou que seja aumentada a frequência da mesma (WENDLING; DUTRA; GROSSI, 2006, p. 23). Desta forma, substratos com maior microporosidade (maior capacidade de retenção de água) requerem maior rigor de controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento (GONÇALVES *et al.*, 2000, p. 318).

Após a irrigação, à medida que o substrato vai secando, o espaço ocupado pelo ar (macroporos) vai aumentando, enquanto diminui o espaço ocupado pela água facilmente disponível. O sinal para a próxima irrigação é alcançado quando se atinge o valor da água tamponante. Esta água, embora possa ser utilizada pelas plantas, em caso de estresse hídrico, exige um grande gasto de energia (FERMINO, 2002, p. 35).

Segundo Martínez (2002, p. 57) o tamanho dos microporos influencia na disponibilidade de água para as mudas, visto que microporos muito pequenos (menores que 30 μm) apresentam alta resistência mecânica, o que torna a água retida indisponível, exigindo da planta grande gasto de energia para retirar a água destes poros.

Independente do tamanho do recipiente a altura saturada é a mesma, assim o conteúdo relativo de água em um recipiente menor é maior que em um recipiente maior (FERMINO, 2002, p. 36).

Quanto maior a altura do recipiente maior será o fluxo de água, para o mesmo substrato, isto porque a base do recipiente atua como uma barreira, onde a água se encontra à pressão atmosférica igual a zero (FERMINO, 2002, p. 36). Desta forma a reduzida altura dos recipientes pode causar o encharcamento dos substratos, devido ao aumento de retenção de água.

Alguns substratos leves, de baixa densidade, como a casca de arroz carbonizada elevam a macroporosidade das misturas reduzindo a capacidade de retenção de água do substrato (GONÇALVES *et al.*, 2000, p. 321). Com exceção da

vermiculita que apresenta alta macropororidade, porém tem alta capacidade de retenção de água (WENDLING; GATTO, 2002, p. 29). Conforme observado por Guerrini e Trigueiro (2004, p. 1073), onde o acréscimo de biossólido na casca de arroz carbonizada proporcionou aumento da densidade e do percentual de microporos e, conseqüentemente, da capacidade de retenção de água.

2.1.1.4 Matéria orgânica

A matéria orgânica é um dos componentes fundamentais dos substratos, cuja finalidade básica é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas (CARNEIRO, 1995, p. 264). Trigueiro (2002, p. 8) enfatiza que a matéria orgânica além de propiciar o aumento na capacidade de retenção de água e nutrientes do substrato, propicia outras vantagens sobre o desenvolvimento vegetal, tais como redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio.

Os materiais orgânicos têm efeito direto e indireto sobre a fertilidade do solo, visto que são fonte de nutrientes para as plantas, principalmente de N, S e P, quando mineralizada pelos microorganismos (MEUER 2007, p. 78).

Para Gonçalves e Poggiani (1996, p. 5) os substratos devem apresentar em torno de 70 a 80 % de matéria orgânica, tanto para a produção de mudas via semente e estaca, juntamente com um componente secundário, visando elevação da porosidade, podendo este ser de origem mineral ou orgânica.

Os materiais de origem orgânica permitem o desenvolvimento de microorganismos benéficos, aumentando a disponibilidade de nutrientes ao longo do tempo da produção das mudas, aumentando o pH e a capacidade de troca catiônica (CTC), porém essas alterações dependem da quantidade e da qualidade do composto utilizado (WENDLING; GATTO, 2002, p. 16). Devido à alta atividade biológica, esses compostos necessitam de adubações balanceadas de N e S, caso contrário os sintomas de deficiência desses nutrientes são freqüentes (GONÇALVES; POGGIANI, 1996, p. 6).

A matéria orgânica representa uma alternativa viável, devido ao seu baixo custo, sendo esta sua principal vantagem, além da alta capacidade de retenção de água e poder tampão (KÄMPF, 2005, p. 69). Para Gonçalves e Poggiani (1996, p. 6) esses materiais proporcionam um bom desenvolvimento radicial, com raízes bem agregadas ao substrato formando um torrão firme.

2.1.2 Propriedades Químicas

As características químicas de um substrato são influenciadas pela disponibilidade de nutrientes minerais presentes, os quais influenciam no crescimento das mudas (CARNEIRO, 1995, p. 259).

2.1.2.1 pH

O conceito de pH indica a acidez ou a alcalinidade relativa da solução aquosa diluída no substrato. A importância do seu conhecimento está no fato deste se relacionar diretamente a disponibilidade de nutrientes, bem como, nas propriedades fisiológicas das plantas (KÄMPF, 2005, p. 50).

Valores inadequados de pH afetam a disponibilidade de nutrientes. Em substratos com pH abaixo de 5,0 pode ocorrer a deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto que em pH acima de 6,5 são esperados deficiências de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre (VALERI; CORRADINI, 2000, p. 174; MEURER, 2007, p. 75). Desta forma, segundo Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4), para as espécies florestais o intervalo adequado de pH está entre 5,5 e 6,5.

Os valores de pH variam entre os substratos. Tendo em vista as necessidades nutricionais das plantas faz-se necessário a correção do pH através de calagem ou de condicionadores específicos (KÄMPF, 2005, p. 56).

Os valores de pH variam conforme a origem do material utilizado para a formulação do substrato, assim como da maneira do preparo dos elementos. Conforme observado por Baitell *et al.* (2008, p. 3), onde o aumento no tempo de

carbonização da casca de arroz ocorre elevação no pH do substrato formado, variando de 4,37 no menor tempo (18 min) até 9,05 no maior tempo (53 min), devido ao aumento dos teores de óxidos.

Bonnet (2001, p. 103) trabalhando com diferentes substratos a base de lodo anaeróbico observou no melhor tratamento, a base casca de pinus e lodo compostado (70/30) uma altura média de mudas de *Mimosa scabrella* de 22,08 cm, enquanto que seu pior tratamento, a base de casca de pinus e composto de lodo anaeróbico calado (70/30) apresentou altura média de 6,33 cm. Esse resultado segundo o autor, deve-se ao alto pH do lodo anaeróbico (8,8), o qual diminui a disponibilidade de nutrientes, enquanto que o lodo compostado (pH 5,0) apresenta maior concentração de nutrientes, devido a sua fração orgânica.

2.1.2.2 Condutividade elétrica e salinidade ou teor de sais solúveis

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução e fornece um parâmetro da estimativa da salinidade do substrato (KÄMPF, 2005, p. 58). O aparelho utilizado para fazer a leitura da CE é denominado condutímetro ou condutivímetro. A CE é expressa em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$) ou milisiemens por centímetro (mS cm^{-1}).

Os valores adequados da condutividade elétrica do substrato variam entre espécies, cultivares e clones. Em geral, para as espécies florestais, ela deve estar entre 1,5 a 3,0 mS cm^{-1} . Segundo Rodrigues (2002) altos valores de CE, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pêlos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e favorecendo a incidência e a severidade de alguns patógenos.

A salinidade refere-se ao teor de constituintes inorgânicos presentes no substrato capazes de se dissolver em água. Esses constituintes inorgânicos referem-se a todos os íons, nutrientes e não-nutrientes. A sensibilidade a salinidade varia entre as espécies e a idade da planta, sendo que quanto mais jovem maior a sensibilidade (KÄMPF, 2005, p. 58).

Segundo Fermino (2002, p. 51) a salinidade de substratos é expressa como o teor total de sais solúveis (TTSS), que expressa a concentração de sais em determinado volume de substrato. Desta forma em substratos não basta observar a condutividade elétrica, mas considerar a densidade do material (FERMINO, 2002, p. 51). Para o mesmo valor de condutividade elétrica, maior será a salinidade, quanto maior for a densidade do material (FERMINO, 2002, p. 51).

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, p. 59). Esta característica está relacionada com a capacidade de troca catiônica (CTC), onde substratos inertes são facilmente desalinizados a partir de lavagem ou ainda no manejo da adubação.

Faz-se necessário o conhecimento da salinidade, visto que a mesma pode causar perdas na produção, sendo que seu valor é facilmente obtido através da leitura da condutividade elétrica. Segundo Kämpf (2005, p. 58) a salinidade é um dos itens a ser levado em consideração na escolha do material, onde se busca obter materiais com salinidade abaixo de $1,0 \text{ g L}^{-1}$.

Röber e Schaller ² (1985) classificaram a salinidade em diversas classes, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SALINIDADE APRESENTADA NOS SUBSTRATOS.

Salinidade (g L^{-1})	Classificação
< 1,0	Baixa
1,0 a 2,0	Média ou normal
2,0 a 4,0	Alta
4,0 a 5,0	Muito alta
5,0 a 7,0	Extremamente alta
> 7,0	Tóxica

FONTE: Kämpf, 2005, p. 59.

2.1.3 Tipos de substratos

Os substratos para a produção de mudas podem ser formados por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais; podem ser preparados

² RÖBER, R. SCHALLER, K. **Plantzenernährung im Gerbau**. 3 ed. Stutgart. Ulmer, 1985. 352 p.

no viveiro ou comprados prontos. No mercado podem ser encontrados diversos tipos de substratos prontos para o uso (casca de pinus semidecomposta, húmus, fibra de coco, turfa, vermiculita, entre outros), puros ou em mistura, tendo cada um características próprias de preço e qualidade.

Uma série de materiais podem ser usados como substrato. Abaixo seguem alguns relacionados com o presente projeto.

2.1.3.1 Casca de arroz carbonizada

A casca de arroz carbonizada é resultante da combustão incompleta da casca de arroz sobre alta temperatura e condições de baixo oxigênio. É um produto extremamente leve, estéril, de fácil manuseio, alta porosidade, boa aeração e baixa capacidade de retenção de água (WENDLING; GATTO, 2002, p. 30).

Esse material, segundo Melo, Bortolozzo e Vargas (2006) tem sido utilizado como substrato, pois é estável física e quimicamente, sendo assim, mais resistente à decomposição. Isso também confere a vantagem de o substrato ser utilizado no segundo ano de produção.

Dentre as principais vantagens da casca de arroz está a sua disponibilidade, visto que é oriunda de uma das culturas mais consumidas pelo ser humano no mundo, embora em alguns locais específicos não haja disponibilidade.

A casca de arroz carbonizada é considerada um bom substrato para germinação de sementes e enraizamento de estacas por apresentar as seguintes características: permite a troca de ar na base das raízes, é suficientemente firme e densa para fixar a semente ou estaca, é leve e porosa permitindo boa aeração e drenagem, tem volume constante seja seca ou úmida, é livre de plantas daninhas, nematóides e patógenos, não necessita de tratamento químico para esterilização, em razão de ter sido esterilizada com a carbonização (SOUZA, 1993, p. 11).

Gonçalves e Poggiani (1996, p. 6) equivalem às características de casca de arroz carbonizada com outros materiais incinerados, como a cinza de caldeira, biomassa e bagaço de cana carbonizado. Porém se a casca estiver muito

carbonizada, haverá predomínio de partículas menores, aumentando a retenção de água.

Segundo Couto, Wagner Junior e Quezada (2003, p. 125) a baixa densidade da casca de arroz carbonizada é uma característica importante quando se deseja aumentar a porosidade total do substrato, de modo a permitir maior drenagem da água de irrigação ou, ainda, proporcionar uma melhor aeração do sistema radicial da muda. Disto depreende uma redução dos custos de produção, principalmente quando combinado com substratos comerciais (KLEIN *et al.*, 2002, p. 95).

Schmitz, Souza e Kämpf (2002, p. 942) observaram que a adição de casca de arroz carbonizada à turfa reduziu o excesso de água, amenizando os problemas com excesso de umidade apresentados por esse material orgânico. Guerrini e Trigueiro (2004) em estudo realizado com biossólido e casca de arroz carbonizada verificaram que substratos contendo 40 a 70% de casca de arroz carbonizada no seu volume total foram considerados os mais adequados para o crescimento de mudas de espécies florestais, visto que estas combinações apresentaram equilíbrio na densidade, porosidade e capacidade de retenção de água.

Lang e Botrel (2008, p. 113) obtiveram maior produtividade em mudas de *Eucalyptus grandis* com a adição de 50% de casca de arroz no substrato comercial a base de casca de pinus, reduzindo o custo de produção da muda, já que a casca de arroz pode ser obtida por menor valor quando comparada com o substrato comercial.

A substituição de substrato comercial a base de casca de pinus por casca de arroz carbonizada, entre 60 e 70%, proporciona maior crescimento de mudas de cafeeiro, proporcionando além do aumento da produtividade, redução do custo de produção (VALLONE *et al.*, 2004, p. 596).

As propriedades físicas da casca de arroz carbonizada podem variar conforme o manejo adotado na sua carbonização e a procedência do material (ALMEIDA, 2005, p. 43), conforme pode ser observado em alguns trabalhos. Para Stringheta *et al.* (1997) a porosidade total foi de 64%, enquanto que para Almeida (2005) foi de 87,6% e Gonçalves e Poggiani (1996) de 82%. Tal fato pode estar relacionado ao tamanho das partículas dos materiais analisados, o qual está diretamente associado ao tempo de carbonização da casca, sendo que quanto maior

este tempo, menor será o tamanho das partículas e, conseqüentemente maior microporosidade.

As características químicas também podem variar conforme o manejo adotado no processo de carbonização. Baitel, Caldeira e Lombardi (2008, p. 2), observaram que com o aumento no tempo de carbonização da casca de arroz ocorre elevação no pH do substrato formado, variando de 4,37 no menor tempo (18 min) até 9,05 no maior tempo (53 min), devido ao aumento dos teores de óxidos. Nesse estudo obtiveram melhor resultado no período de 35 minutos, visto que nesse tempo o pH médio foi de 5,48 em CaCl_2 e 5,96 em água, valores que estão dentro da faixa considerada adequada para o crescimento de mudas, ou seja, de 5,5 a 6,5, segundo Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4).

2.1.3.2 Vermiculita

A vermiculita é uma forma de mica expandida, obtida através do aquecimento desta rocha à temperaturas superiores a 1000 °C, de modo que sua grade cristalina (2:1) se expande, resultando num produto leve, macio, estéril, com boa disponibilidade de Mg e K, pH em água $\geq 6,5$, média CTC ($109 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 160 Kg m^{-3} de densidade (GONÇALVES; POGGIANI, 1996, p. 4).

A vermiculita é um mineral praticamente inerte, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas, com grande aeração, alta capacidade de troca catiônica e retenção de água. Pode ser usada pura ou em misturas para promover maior aeração e porosidade a outros substratos menos porosos. Outra aplicação que tem sido recomendada é na parte superior do tubete, onde funciona como isolante térmico, diminuindo também a perda de água através da evaporação (WENDLING; GATTO, 2002, p. 29).

Segundo Neves, Gomes e Novais (1990, p. 120) a vermiculita não é aconselhada a ser usada pura devido ao seu alto custo, necessidade de adubações freqüentes, principalmente de micronutrientes e por não permitir a formação de um sistema radicial bem agregado a ela, ou a capacidade de formar torrão, dificultando desta forma o transporte das mudas até o local de plantio.

A vermiculita ao sofrer compactação não volta à forma original quando cessada a compressão, tendo como consequência aumento na densidade e diminuição de sua porosidade (FERMINO, 2002, p. 33).

2.1.3.3 Substratos a base de casca de pinus

A utilização de composto orgânico de casca de *Pinus* spp., como meio de crescimento das mudas, permite utilizar um resíduo orgânico resultante da colheita florestal, evitando outros destinos possíveis desse material, como a queima em caldeiras ou simplesmente como lixo. Essa utilização contribui também na devolução de nutrientes ao solo, ao realizar-se o plantio, assim como uma diminuição na remoção de solo para produzir mudas (PEZZUTTI; SCHUMACHER; HOPPE, 1999).

Em estudo realizado por Pio *et al.* (2005, p. 426) o substrato a base de casca de pinus, quando comparado com areia, terra de subsolo e esterco bovino em diferentes proporções e formulações apresentou o melhor crescimento de mudas de *Myrciaria jaboticaba* (jaboticaba). A superioridade deste substrato pode ser explicada devido as suas características físicas, sendo o único substrato que apresentou densidade na faixa ideal (de 0,3 a 0,4 g cm⁻³), assim como porosidade total (80%).

Martins Filho *et al.* (2007, p. 84) obtiveram bons resultados no crescimento de mudas de *Archantophoenix alexandrae* (palmeira real) e *Bactris gasipaes* (pupunha) com o substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita (10%), segundo os autores esse resultado é consequência das boas características físicas e químicas do produto, sendo esta última devido a adição de nutrientes no substrato.

Trabalhos demonstram que o uso da casca de pinus como componente do substrato para propagação vegetativa de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) apresenta bons resultados. Brondani *et al.* (2007, p. 266) concluíram que o substrato à base de casca de pinus quando combinado com casca de arroz carbonizada apresentou-se adequado para a produção de mudas desta espécie através da estaquia. Wendling, Guastala e Dedecek (2007, p. 265) demonstraram influência positiva do uso de casca de pinus, vermiculita média e casca de arroz carbonizada (1:1:1 v/v) como

componentes do substrato na miniestaca, obtendo sobrevivência de até 85,8% de miniestacas de erva-mate.

2.1.3.4 Biossólido

O biossólido, nome comercial do lodo de esgoto após sofrer um processo de estabilização, constitui a parte sólida do esgoto (ASSENHEIMER, 2009, p. 322). Uma das utilizações do biossólido compreende o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para formação de mudas florestais, apresentando teores razoáveis de nutrientes, com destaque para nitrogênio (N) e fósforo (P) (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004, p. 1070). O seu uso como componente de substratos representa uma alternativa viável para a disposição final deste resíduo, tendo em vista a economia de fertilizantes que esse material pode proporcionar, além do benefício ambiental (TRIGUEIRO, 2002, p. 65).

Contudo, o biossólido apresenta algumas restrições quanto ao seu uso no meio agrícola, visto a presença de metais pesados, os quais podem acarretar efeitos negativos sobre o crescimento das plantas e também nos processos bioquímicos que ocorrem no solo (HATTARI; BROADVENT ³, 1991 *apud* TRIGUEIRO, 2001, p. 12). Segundo Trigueiro (2001, p. 12) os metais pesados predominantes no biossólido são o cobre, níquel, cádmio, zinco, chumbo e cobre.

A fim de promover a utilização de um material que não ocasione danos ambientais, o CONAMA formulou a resolução nº 375/2006, a qual estabelece critérios e procedimentos para o uso em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao ambiente (BRASIL, 2006). A partir desta resolução, todo biossólido utilizado na área agrícola deve enquadrar-se dentro dos limites exigidos de concentrações de metais pesados.

Baseado em vários trabalhos, concluiu-se que o biossólido apesar de apresentar boa fertilidade não apresenta boas características físicas, havendo desta forma a necessidade da mistura com outros componentes a fim de dar equilíbrio

³ HATTARI, F.H., BROADVENT, F.E., Influence of trace metals on some soil nitrogen transformations. **Journal of Environmental Quality**, v.11, p.1-4, 1991.

entre o fornecimento de nutrientes e condições físicas, como aeração e retenção de água. Para Guerrini e Trigueiro (2004, p. 64) os teores mais adequados de biossólido para a produção de mudas florestais estão entre 30 e 60 %.

Guerrini e Trigueiro (2004, p. 1073) analisaram os atributos físicos e químicos de substratos com diferentes doses de biossólido e casca de arroz carbonizada, concluindo que o aumento da dose de biossólido proporciona o aumento da densidade e do percentual de microporos e, conseqüentemente, da capacidade de retenção de água. Em relação às propriedades químicas, o biossólido apresenta teores razoáveis de nutrientes com destaque para N (5,72 %) e P (2,53 % de P_2O_5), mas baixos teores de K (0,11 % de K_2O).

Faustino *et al.* (2005, p. 280 e 281) testaram diferentes combinações de lodo de esgoto e solo, lodo com fibra de coco e solo puro como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* encontrando como melhor resultado a combinação de 50% de lodo com 50% de fibra de coco, seguido do tratamento composto de 25% de lodo, 25% de pó de coco e 50 % de solo.

Guimarães *et al.* (2006, p. 3) em estudo realizado com diferentes substratos (esterco bovino, lodo de esgoto, mucilagem de sisal, bagaço de cana e solo mineral com adição de fertilizante) para produção de mudas de mamona (*Ricinus communis*) obtiveram os melhores resultados com esterco bovino o qual propiciou equilíbrio entre o fornecimento de nutrientes e condições físicas, como aeração e retenção de água. Já o bagaço de cana e mucilagem de sisal apresentaram boas características físicas, mas são quimicamente pobres e o lodo de esgoto apesar de ser um material rico em nutrientes não proporcionou boas condições físicas, pois contém reduzido teor de matéria orgânica.

Trigueiro (2002, p. 64) trabalhando com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada e biossólido obteve crescimento satisfatório em mudas de *Pinus caribea* e *Eucalyptus grandis* nos tratamentos com 50 e 40% de biossólido, onde os parâmetros altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca de parte aérea, foram estatisticamente semelhantes ao substrato comercial a base de casca de pinus. Segundo o mesmo autor doses acima de 70% de biossólido foram prejudiciais ao crescimento de ambas as espécies.

Em trabalho realizado por Morais *et al.* (1997, p. 47), comparando esterco bovino, biossólido e acículas de pinus, ficou comprovado que o melhor crescimento

em diâmetro do colo, altura total e matéria seca para mudas de *Cedrela fissilis* na fase de viveiro foi obtido em mudas que continham a mistura de 70% solo sem adubação + 30% biossólido, seguido pelo tratamento 70% solo sem adubação + 30% esterco bovino. Desta forma, concluíram que o uso do biossólido durante a fase de viveiro é uma alternativa viável como substrato orgânico em mudas de Cedro.

Cunha *et al.* (2006, p. 210) obteve um incremento de 227 % na altura de mudas de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* produzidas em biossólido inoculado com *Rhizobium*, quando comparado com dois tipos de solos (latossolo e neossolo).

2.1.3.5 Fibra de coco

A fibra de coco origina-se do desfibramento industrial das cascas de coco, gerando um material leve, de estrutura granular e homogênea, intercalada por fibrilas de altíssima porosidade total (94 - 98%) e elevada capacidade de aeração (24 - 89%) (NOGUERA *et al.*, 2000, p. 281).

Trata-se de um material vegetal natural, renovável, muito leve e parecido com as melhores turfas de *Sphagnum* spp, encontradas no Norte da Europa e América do Norte (ROSA *et al.*, 2002, p. 12; NOGUERA *et al.*, 2000, p. 280).

Segundo Wendling e Gatto (2002, p. 39) a fibra de coco apresenta ótima aeração aliada a uma boa capacidade de retenção de água, cerca de três a quatro vezes o seu peso. Este substrato apresenta ainda alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e apresenta alta molhabilidade, isto é, não repele a água quando está seco, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para o produtor.

A fibra de coco apresenta tendência de fixar cálcio e magnésio e liberar potássio no meio, apresentando pH entre 6,3 e 6,5 e a sua salinidade é média a elevada, fatores que devem ser levados em conta quando o produtor traçar seu programa de nutrição da cultura (ALMEIDA, 2005 p. 20).

Este subproduto do coco possui grande porcentagem de lignina (35-54%) e de celulose (23 - 43%) e uma pequena quantidade de hemicelulose (3 - 12%), que é a fração vulnerável ao ataque de microrganismos (NOGUERA *et al.*, 2000, p. 285).

Essas características conferem ao substrato de fibra de coco grande durabilidade, sendo, dessa maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo, pois não sofre o processo de degradação acelerado causado pela intensa aplicação de água e fertilizantes.

O resíduo da casca de coco maduro vem sendo indicado como substrato agrícola, principalmente, por apresentar uma estrutura física vantajosa, proporcionando alta porosidade e alto potencial de retenção de umidade, e por ser biodegradável. É um meio de cultivo 100% natural, indicado para germinação de sementes, propagação de plantas em viveiros e no cultivo de flores e hortaliças. Propriedades físicas e químicas diferem, amplamente, entre diferentes fontes de resíduo, em função do método usado para processar a fibra no local de origem. Assim, o controle das características físicas e químicas do material antes do uso como substrato é de grande importância (ROSA *et al.*, 2002, p. 13).

Lacerda (2006, p. 169) obteve bons resultados com o acréscimo de 75 % de pó de coco ao argissolo na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), devido a melhorias nas características físicas e químicas apresentadas com o adicionamento deste componente.

2.2 VARIÁVEIS IMPORTANTES NA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE MUDAS

Os critérios para a classificação da qualidade de mudas baseiam-se, fundamentalmente em duas premissas: aumento da sobrevivência das mudas após o plantio e na diminuição da frequência dos tratamentos culturais de manutenção do povoamento recém-implantado, devido ao maior crescimento inicial (CARNEIRO, 1995, p. 57).

Para se saber como as plantas estão reagindo à determinadas variações são realizadas mensurações das variáveis biométricas como altura, diâmetro de colo, biomassa seca, que refletirão o comportamento da planta nas condições que estas encontram-se submetidas, indicando o quanto estes fatores estão influenciando no crescimento das mudas (ALMEIDA, 2005, p. 22). Variáveis qualitativas para avaliação da qualidade do torrão, também vem sendo utilizada, como a facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato,

principalmente quando a causa de variação é o substrato (WENDLING; GUASTALA; DEDECEK, 2007, p. 215).

2.2.1 Altura da parte aérea

A altura, segundo Gomes e Paiva (2004, p. 95) fornece uma excelente estimativa para o crescimento inicial das mudas em campo, porém deve-se verificar se as mesmas não se encontram estioladas, ou seja, com baixo diâmetro e massa seca. Nesse caso a sobrevivência e o crescimento em campo poderão ser prejudicados.

Com fins comerciais, alguns viveiristas aplicam adubação nitrogenada em quantidade acima do necessário, visando maior crescimento da parte aérea, contudo essa medida resulta no enfraquecimento do estado fisiológico, tendo conseqüências negativas na sobrevivência em campo (CARNEIRO, 1995, p. 64).

Gomes *et al.* (2002, p. 662) determinaram uma contribuição relativa de 32,34 % da variável altura, para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* aos 90 dias e 43,98 % para a relação altura/peso da parte aérea, sendo desta forma a altura uma variável importante para avaliar a qualidade da mudas, juntamente com a biomassa aérea.

2.2.2 Diâmetro de colo

O diâmetro de colo, conforme Carneiro (1995, p. 73), é a variável mais importante a ser avaliada na fase de produção de mudas, visto que ela esta diretamente relacionada com o índice de sobrevivência e crescimento inicial das plantas em campo. Corroborando com Novaes (1998, p. 88), o qual observou maior crescimento inicial em campo de mudas de *Pinus taeda* que apresentavam maior diâmetro de colo no momento do plantio.

Para Gomes e Paiva (2004, p. 97) o diâmetro de colo, sozinho ou combinado com a altura é uma das melhores características para avaliar a qualidade da muda. Segundo esses mesmos autores, quanto maior o diâmetro, melhor será o equilíbrio do crescimento com a parte aérea, principalmente quando se exige rustificação das mudas.

Porém Gomes *et al.* (2002, p. 663) observou que esta variável representou apenas 10 % de importância relativa para avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus benthamii*.

2.2.3 Biomassa seca radicial e aérea

A biomassa seca, segundo Gomes e Paiva (2004, p. 98) deve sempre ser considerada visto que indica a rusticidade de uma muda; quanto maior, mais rustificada será.

Para Gomes *et al.* (2002, p. 655) as mudas devem estar endurecidas no momento do plantio, ou seja com maior biomassa, apresentando desta forma maior resistência as condições adversas do campo, promovendo maior sobrevivência, evitando gastos com replantios.

A quantificação da biomassa radicular, segundo Novaes (1998, p. 12), sob o ponto de vista fisiológico, é de grande importância, visto estar diretamente ligada à sobrevivência e crescimento inicial em campo, devido a sua função de absorção de água e nutrientes.

A biomassa seca radicial para Gomes e Paiva (2004, p. 98), tem sido reconhecida como um dos melhores e mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas em campo, onde a sobrevivência é maior quanto mais abundante o sistema radicial, independentemente da altura da parte aérea, havendo uma correlação entre o peso de matéria seca das raízes e a altura da parte aérea.

Gomes *et al.* (2002, p. 662) ao analisar a contribuição relativa das variáveis mensuradas no viveiro para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus*

grandis aos 120 dias, observou que a biomassa seca total contribui com 43,39 %, seguido da biomassa seca aérea (28,60 %) e biomassa seca radicial (11,78 %).

2.2.4 Facilidade de retirada do tubete

A facilidade de retirada do tubete, segundo Wendling, Guastala e Dedecek (2007, p. 215) é de grande importância no momento da expedição das mudas, visto que determina a rapidez de preparação das mudas e além do que, em substratos difíceis de serem retirados pode ocasionar a desintegração do torrão.

Deve-se, porém, ficar atento ao fato que mudas com baixo enraizamento podem apresentar grande facilidade de retirada do tubete, mesmo não apresentando boa qualidade radicial, conforme observado por Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157). Esses autores, em estudo realizado com *Eucalyptus grandis* tiveram dificuldade na extração das mudas produzidas no substrato contendo 80 % de biossólido e 20 % de casca de arroz carbonizada, visto o baixo enraizamento proporcionado por esse tratamento. No entanto, o substrato comercial também apresentou problemas na extração, visto ao maior enraizamento, dificultando a liberação da muda.

2.2.5 Agregação das raízes ao substrato

Segundo Wendling e Delgado (2008, p. 3 e 4), o substrato para produzir mudas em tubetes deve ser agregado o suficiente para que o torrão em volta da muda não se rompa quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte, ocasionando exposição das raízes ao ressecamento e dificultando a pega e a sobrevivência das mudas. No entanto, se o substrato for muito coeso haverá dificuldade em sua retirada da embalagem, podendo romper as raízes ou provocar danos no crescimento radicial das mudas.

A agregação das raízes ao substrato está diretamente relacionada com o enraizamento, onde quanto maior, maior será a agregação. Conforme pode ser

observado no trabalho de Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157), os quais observaram que as mudas de *Eucalyptus grandis*, com enraizamento mais vigoroso apresentaram torrões mais firmes, visto ao maior desenvolvimento de raízes laterais.

2.2.6 Índices de qualidade de mudas - H/DC, IQD

Segundo Carneiro (1995, p. 84) a utilização dos índices de qualidade de mudas, deve levar em conta dois fatores: a espécie e o sítio. Ressaltando também que a densidade das mudas e a fertilidade do substrato exercem influencia nos valores que determinam o índice de qualidade das mudas.

A relação altura e diâmetro de colo (H/DC), segundo Carneiro (1995, p. 79) exprime o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, pois conjuga dois parâmetros, em apenas um índice. Segundo esse mesmo autor, a relação H/DC deve-se situar entre os limites 5,4 até 8,1. Porém, Gomes *et al.* (2002, p. 663) observaram que a relação H/DC apresentou contribuição relativa de apenas 0,66 % para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo desta forma dispensável para essa espécie.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD), segundo Gomes e Paiva (2004, p. 101) é um bom indicador de qualidade das mudas, pois leva em conta para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da mudas, ponderando vários parâmetros considerados importantes e quanto maior o seu valor, melhor será o padrão de qualidade da muda, sendo calculado da seguinte forma:

$$IQD = \frac{BST}{\left(\frac{H}{DC} + \frac{BSA}{BSR}\right)}$$

Onde:

BST = biomassa seca total (g)

H = altura (cm)

DC = diâmetro de colo (mm)

BSA = biomassa seca aérea (g)

BSR = biomassa seca radicial (g)

Segundo Gomes e Paiva (2004, p. 101) o valor mínimo é de 0,20, porém deve-se lembrar que este valor foi baseado na qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies*.

Para o gênero *Eucalyptus*, valores inferiores de IQD vem sendo verificado. Binotto (2007, p. 34) observou IQD de 0,05 em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias, enquanto que Oliveira Junior (2009, p. 38) obteve IQD médio de 0,11 em mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato comercial aos 100 dias. Indicando desta forma, que o IQD ideal depende da espécie em questão.

2.3 *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage

O *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage é encontrado em áreas limitadas ao oeste da cidade de Sydney, em planícies ao longo do rio Nepean e seus tributários. Embora essa espécie faça parte do mesmo grupo botânico que o *Eucalyptus viminalis*, ela apresenta características distintas, como preferências por solos férteis. Essa característica tornou-a vulnerável com a expansão da fronteira agrícola e foi considerada uma espécie em ameaça de extinção. Alguns levantamentos mostram a ocorrência de uma pequena população e de alguns indivíduos isolados ao longo do Rio Nepean entre as localidades de Wallacia e Camden e de uma população maior em Kedumba Creek (33° 49' Latitude Sul; 150° 22' Longitude Oeste) (HIGA; PEREIRA, 2003, p. 1), conforme pode ser observado na Figura 1.

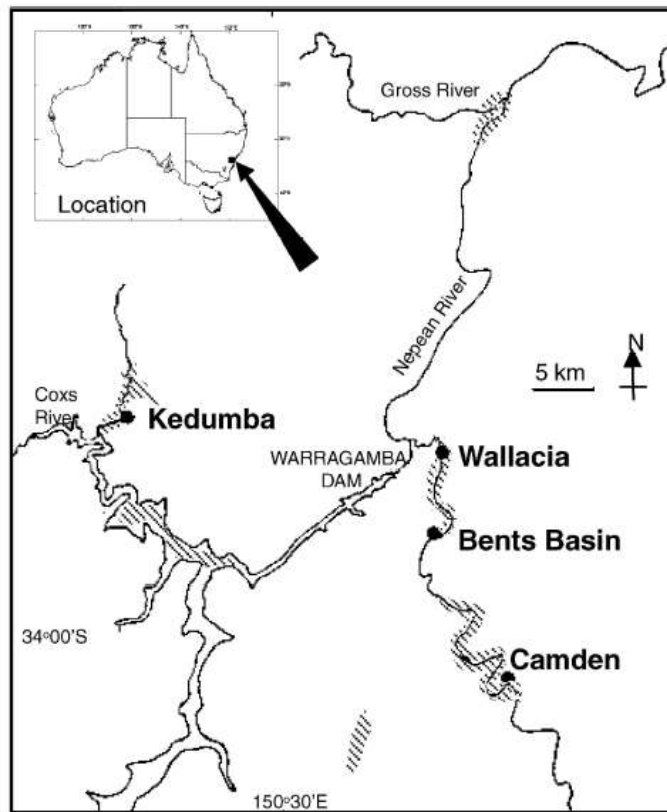


FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Eucalyptus benthamii* NA REGIÃO DE OCORRÊNCIA NATURAL. FONTE: Butcher; Skinner; Gardiner (2005, P. 214).

O clima da região onde a população sul está localizada é quente e úmido, com 4 a 10 geadas por ano, sendo a média anual de chuvas de 720 a 890 mm. Na localização da população nordeste, as temperaturas do verão são comparáveis, mas o inverno é mais frio, com 30 a 40 geadas por ano. Muitas chuvas, em torno de 2.030 mm por ano e o mês mais seco com aproximadamente 80 mm de chuva. Este eucalipto se adapta melhor em planícies de rios ou ladeiras brandas de países adjacentes (HIGA; PEREIRA, 2003, p. 1).

Nas localidades de origem, a espécie se desenvolve melhor em neossolos flúvicos (solos aluviais) apropriados para cultivos agrícolas, frequentemente contendo fração argila a uma profundidade variável de 45 a 100 cm (HALL e BROOKER ⁴, 1973 *apud* PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS; FERREIRA, 2006, p. 27).

⁴ HALL, N.; BROOKER, I. **Camden White Gum: *Eucalyptus benthamii*** Maiden et Cambage. Canberra: Department of National Development Forestry and Timber Bureau, 1973. 4 p. (Forest Tree Series, 57).

Em 1988, a Embrapa Florestas importou sementes de *Eucalyptus benthamii* da Austrália e obtendo a partir destas, uma área de produção de sementes. Através das sementes produzidas, mais de 800 ha de *Eucalyptus benthamii* já foram implantados em regiões de ocorrência de geadas severas, nos três Estados do Sul, sendo que as maiores áreas localizam-se no Município de Guarapuava, PR. O *Eucalyptus benthamii* tem se mostrado bastante resistente às geadas, suportando temperatura de -6 °C na fase inicial, sem causar danos às plantas. Os primeiros resultados de produtividade foram bastante satisfatórios, apresentando, na maioria dos casos, incremento médio anual (IMA) superior a 45 m³ (LIMA, 2007).

Segundo dados levantados por Paludzyszyn Filho, Santos, Ferreira (2006, p. 9), as espécies de eucalipto economicamente importantes para as condições mais frias do Brasil constituem um grupo muito restrito, e dentre estas, o *Eucalyptus benthamii* e o *Eucalyptus dunnii*, apresentam boa aptidão, principalmente no que se refere a produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis. Por ser uma espécie de clima subtropical, Assis e Mafia (2007, p. 102) sugerem que o *Eucalyptus benthamii* apresenta-se como boa alternativa como componente de híbridos resistentes ao frio. Adicionalmente, a produção do híbrido interespecífico entre os materiais citados poderá proporcionar benefícios extras, ao associar as vantagens adaptativas e silviculturais das espécies parentais registradas na literatura (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS; FERREIRA, 2006, p. 10).

2.4 *Mimosa scabrella* Benth.

Conhecida popularmente como bracatinga, a *Mimosa scabrella* Benth é uma espécie pioneira, colonizadora de ambientes perturbados, onde a vegetação original foi derrubada ou onde a influência antrópica promoveu a abertura de clareiras (ROTTA e OLIVEIRA, 1981, p. 1).

Klein e Hatschbach (1962) afirmaram que a distribuição geográfica natural da *Mimosa scabrella* se dá no primeiro e segundo planalto paranaense, em praticamente todo planalto do Estado de Santa Catarina, e também em parte do Estado do Rio Grande do Sul, sendo uma espécie característica e exclusiva da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), nas

formações montana e alto-montana, chegando a formar agrupamentos puros chamados de bracatingais.

Rotta e Oliveira (1981, p. 13) descrevem que a área de ocorrência natural da *Mimosa scabrella* geralmente se dá em locais de clima frio, com altitudes acima de 500 m, temperaturas médias anuais de 10 a 22 °C e sem déficit hídrico.

Segundo Carvalho (1994, p. 338) a *Mimosa scabrella* ocorre desde solos rasos até profundos com fertilidade química variável, na maioria pobres com pH variando entre 3,5 e 5,5, com textura franca a argilosa e bem drenado, solos mal drenados são pouco propícios ao seu crescimento.

As sementes de *Mimosa scabrella* apresentam dormência tegumentar, que pode ser quebrada através do aquecimento pelo fogo, sendo esse um grande aliado na sua propagação e ocupação de novas áreas, através da quebra de dormência do banco de sementes de bracatinga presente do solo (EMBRAPA, 1988, p. 11). Essa prática de quebra de dormência com o uso do fogo é muito utilizada, ainda hoje para formação dos bracatingais. Porém segundo Sturion (1981, p. 39) a produção de mudas de *Mimosa scabrella*, justifica-se pelo fato do maior padrão de qualidade da muda formada no viveiro, pois aquelas formadas no campo dependem de condições favoráveis de clima, solo, topografia e competição para germinação e desenvolvimento inicial.

Atualmente, a lenha continua sendo a principal utilização de sua madeira. Isto porque, quando o objetivo do bracatingal é a produção de lenha, a sua rotação é bastante curta, entre 6 e 8 anos, e não exige muitos tratamentos silviculturais. Segundo Weber (2007, p. 9) a implantação e o manejo de bracatingais com o objetivo de produzir madeira para serraria ainda não é uma prática adotada em escala comercial na região de ocorrência natural da espécie, no entanto, pesquisas acerca da espécie indicam que esta tem um grande potencial para produção de madeira com fins mais nobres ou maior valor agregado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* e *Mimosa scabrella*

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, localizada em Colombo, Paraná, situada a 25°19'17" de latitude S e 49°09'39" de longitude W. O clima da região de acordo com o Sistema Internacional de Köppen é do tipo Cfb (clima subtropical úmido).

As sementes de *Eucalyptus benthamii* foram fornecidas pela empresa Klabin, oriundas de APS (Área de Produção de Sementes) localizada em Telêmaco Borba, Paraná. Enquanto que as sementes de *Mimosa scabrella*, com procedência de Canoinhas - SC foram da Embrapa Florestas.

3.1.1 Componentes para formulação dos substratos

O bioossólido foi adquirido junto a Estação de Tratamento de Esgoto Atuba Sul da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), localizada em Curitiba, Paraná, a qual trata o esgoto pelo sistema anaeróbico. Este material, segundo a resolução do CONAMA - 375/2006 (BRASIL 2006) apresentou-se apto para a utilização agrícola (TABELA 3).

TABELA 3 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS POLUENTES NO BIOSSÓLIDO UTILIZADO.

Metal pesado poluente	Concentração do biossólido utilizado [†]	Limites estipulados pela resolução CONAMA - 375/2006
	mg. Kg ⁻¹	
Arsênico (As)	0,005	41
Bário (Ba)	130,000	1300
Cádmio (Cd)	0,303	20
Cromo (Cr)	60,500	1000
Cobre (Cu)	101,000	1000
Mercúrio (Hg)	0,000	16
Molibdênio (Mo)	0,068	50
Níquel (Ni)	37,400	420
Chumbo (Pb)	22,500	300
Selênio (Se)	10,270	100
Zinco (Zn)	515,000	2500

[†] Análise fornecida pela Sanepar.

A vermiculita, fibra de coco e substrato florestal comercial a base de casca de pinus foram adquiridos em lojas de produtos agrícolas.

A casca de arroz foi adquirida *in natura*, em um moinho de beneficiamento de arroz de São Matheus do Sul, Paraná e passou pelo processo de carbonização no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas, o qual consiste na combustão incompleta da casca de arroz sob alta temperatura e condições de baixa concentração de oxigênio, utilizando para tanto um carbonizador (ANEXO 8).

3.1.2 Preparo dos substratos

Foi utilizado substrato florestal comercial e misturas de diferentes componentes (biossólido, vermiculita média, fibra de coco, três granulometrias de casca de arroz carbonizada) para a formulação dos substratos, conforme composição descrita na Tabela 4.

TABELA 4 - MATERIAL UTILIZADO (%) NA FORMULAÇÃO DOS TRATAMENTOS (VOLUME/VOLUME).

Tratamento	SC	BIO	VM	FC	CAC Original	CAC 0,5 -1mm	CAC 0,25 - 0,5 mm
1	100						
2					100		
3						100	
4			50		50		
5				10		90	
6				25		75	
7				10			90
8				25			75
9				80	20		
10				70	30		
11				60	40		
12				50	50		
13				40	60		
14				30	70		
15				20	80		
16		50			50		
17		40			60		
18		30			70		
19		20			80		
20		10			90		
21		50		50			
22		50		40	10		
23		50		30	20		
24		50		20	30		
25		40		50	10		
26		40		40	20		
27		40		30	30		
28		40		20	40		
29		30		50	20		
30		30		40	30		
31		30		30	40		
32		30		20	50		
33		20		50	30		
34		20		40	40		
35		20		30	50		
36		20		20	60		
37		10		50	40		
38		10		40	50		
39		10		30	60		
40		10		20	70		

SC- Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO- Biossólido; VM- Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada original; CAC 0,5 – 1 mm - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 0,25 – 0,5 mm - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 – 0,5 mm.

O biossólido depois de exposto ao ar livre por 24 horas passou por uma peneira de aço com malha de 10 mm para homogeneização das partículas (ANEXO 9).

Para obtenção das diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada foram utilizadas três peneiras com malhas entre 1 e 2 mm, de 0,5 a 1 mm e de 0,25 a 0,5 mm (ANEXO 10).

Os materiais foram misturados manualmente juntamente com a adubação de base. Após, as bandejas contendo os tubetes de 55 cm³ foram posicionadas sobre a mesa vibratória e estes preenchidos com os substratos. A mesa foi acionada por 5 segundos e a seguir as embalagens foram preenchidas com mais substrato. O mesmo procedimento foi repetido duas vezes, até o preenchimento completo dos tubetes.

3.1.3 Adubação

A adubação de base do substrato foi feita com 1,5 kg m⁻³ de substrato do fertilizante de liberação lenta de 6 meses, na formulação: 15: 10: 10 (% de N, P₂O₅ e K₂O), além de 3,5% de Ca; 1,5% de Mg; 3,0% de S; 0,05% de Zn; 0,02% de B; 0,05% de Cu; 0,1% de Mn; 0,5% de Fe e 0,004% de Mo.

Aos 30 dias iniciou-se a adubação de crescimento (4 g L⁻¹ de Uréia, 3 g L⁻¹ de super fosfato simples, 0,25 g L⁻¹ de FTE BR 10 (7% Zn, 4 % Fe, 4 % Mn, 0,1% Mo, 2,5 % B, 0,8% Cu) e 3 g L⁻¹ de cloreto de potássio), realizada a cada sete dias até aos 60 dias para o *Eucalyptus benthamii* e até os 120 dias para a *Mimosa scabrella*.

Quando as mudas foram transferidas para a área de pleno sol, 60 dias para o *Eucalyptus benthamii* e 120 dias para a *Mimosa scabrella*, iniciou-se uma adubação de rustificação (4 g L⁻¹ de sulfato de amônio, 10 g L⁻¹ de super fosfato simples, 4 g L⁻¹ de cloreto de potássio, 1 g L⁻¹ de FTE BR 10), realizada também a cada sete dias até o final do experimento.

3.1.4 Semeadura e raleamento

3.1.4.1 *Eucalyptus benthamii*

Em janeiro de 2010, realizou-se a semeadura direta com o uso de um semeador manual em tubetes de 55 cm³, sendo que cada tubete recebeu em torno de quatro sementes, as quais foram cobertas com uma fina camada de vermiculita fina (ANEXO 12 B).

Após a semeadura, as bandejas foram acondicionadas em estufa de vidro (3 irrigações diárias de 10 min com vazão de 144 L hora⁻¹), permanecendo por 60 dias, seguindo para área de rustificação (quatro irrigações diárias de 30 min com vazão de 97 L hora⁻¹), onde foram expostas diretamente ao sol por 30 dias (ANEXO 13).

O raleamento das mudas foi realizado quando as mesmas atingiram em média 3 cm de altura, aos 20 dias, deixando como remanescente a mais centralizada no tubete e com melhor crescimento da parte aérea.

3.1.4.2 *Mimosa scabrella*

As sementes de *Mimosa scabrella* passaram pelo processo de quebra de dormência, onde se aplicou água a temperatura de 80 °C, deixando as sementes imersas por 18 horas (BIANCHETTI, 1981) Sendo então semeadas manualmente duas sementes por tubete de 55 cm³, cobertas com uma fina camada de vermiculita fina em março de 2010 (ANEXO 12 A).

Após a semeadura, as bandejas foram acondicionadas em estufa de vidro (3 irrigações diárias de 10 min com vazão de 144 L hora⁻¹), onde permaneceram por 120 dias, seguindo para área de rustificação (quatro irrigações diárias de 30 min com vazão de 97 L hora⁻¹), onde foram expostas diretamente ao sol por 30 dias (ANEXO 13).

O raleamento das mudas foi realizado quando as mesmas atingiram em média 3 cm de altura, aos 14 dias, deixando como remanescente a mais centralizada no tubete e com melhor crescimento da parte aérea.

3.1.5 Avaliações

Como variáveis de avaliação da qualidade das mudas foram mensurados a altura da parte aérea e o diâmetro de colo a cada 30 dias até o final do experimento, sendo 90 dias para o *Eucalyptus benthamii* e 150 dias para a *Mimosa scabrella*. Para a medição das mesmas foi utilizada régua de precisão de 1 mm e paquímetro digital de 0,10 mm, respectivamente.

Na última avaliação foram feitas análises destrutivas em 10 plantas por repetição, sendo elas: biomassa fresca da parte aérea e radicial, biomassa seca da parte aérea e radicial (48 horas em estufa a 65 °C) pesadas em balança analítica de precisão 0,001 g, facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato.

Para as avaliações de facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato, foi utilizada a metodologia descrita em Wendling, Guastala e Dedecek (2007, p. 211). Este método consiste em atribuir notas de zero a dez às variáveis, sendo zero a dificuldade máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas após três batidas na parte superior (boca) do tubete. Quanto à agregação das raízes ao substrato, as mudas sem os tubetes foram soltas em queda livre a um metro do solo, ao torrão foi atribuída uma nota de zero a dez, sendo zero para a muda totalmente esboroadada e dez para o torrão íntegro (FIGURA 2 e 3).



FIGURA 2 - ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Eucalyptus benthamii*.



FIGURA 3 - ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO EM MUDAS DE *Mimosa scabrella*.

Também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro de colo (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{BST}{\left(\frac{H}{DC} + \frac{BSA}{BSR}\right)}$$

Onde:

BST = biomassa seca total (g)

H = altura (cm)

DC = diâmetro de colo (mm)

BSA = biomassa seca aérea (g)

BSR = biomassa seca radicial (g)

3.1.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições de 20 plantas (unidade amostral) e 41 tratamentos.

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ($p < 0,05$), a fim de verificar a condição de homogeneidade de variância e, em seguida a análise de variância (ANOVA) ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), prosseguindo para o teste de Scott-Knott ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) a fim de observar as diferenças entre as médias.

Os dados que não apresentaram homogeneidade de variância foram transformados por arco seno $(x/100)^{0,5}$, a fim de obter homogeneidade para prosseguir a análise estatística.

Foi realizada a análise de correlação de Pearson entre as variáveis biométricas e as características físicas e químicas dos substratos, a fim de explicar quais as propriedades tiveram maior influência nos resultados obtidos, assim como as correlações com as propriedades dos substratos analisados.

3.2 ANÁLISE DE SUBSTRATOS

A caracterização física e química dos substratos foi realizada no laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), conforme metodologia descrita a seguir, a qual é parte da instrução normativa nº 17 do Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA, 2007) e Fermino (2003).

Para a realização das análises encaminhou-se uma amostra de 2 litros de substrato, sem adubação de base, retirada dos tratamentos utilizados para a produção das mudas.

3.2.1 Umidade atual

Para a determinação da umidade atual levou-se uma alíquota de 100 g da amostra à estufa ($65^{\circ}\text{C} \pm 5,0^{\circ}\text{C}$) até massa constante (cerca de 48 horas), onde após realizou-se a pesagem do material seco, determinando então a umidade através da seguinte fórmula:

$$\text{Umidade atual (\%)} = \left[\left(\frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa úmida}} \right) \right] \times 100$$

3.2.2 Densidade aparente

Primeiramente determinou-se a densidade úmida, utilizando-se uma proveta plástica de 500 ml, suporte com barra de ferro com 1 anel de 70 mm de diâmetro, balança analítica para 5 quilos, estufa de secagem, bandejas de alumínio e uma espátula.

A proveta plástica de 500 mL foi preenchida até 300 mL com o substrato na umidade atual. Em seguida, esta proveta foi deixada cair, sob a ação de sua própria

massa, de uma altura de 10 cm, por 10 (dez) vezes consecutivas. Com auxílio da espátula nivelou-se a superfície levemente lendo o volume obtido (mL). Em seguida, pesou-se o material (g) descontando a massa da bandeja. O procedimento foi repetido por três vezes com sub amostras diferentes. A partir da quantificação da massa úmida e do volume após a compactação, determinou-se a densidade a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Densidade úmida (kg m}^{-3}\text{)} = \left[\frac{\text{massa úmida (g)}}{\text{volume (mL)}} \right] \times 100$$

Para a determinação da densidade seca ou densidade aparente aplicou-se os dados anteriormente obtidos na seguinte fórmula:

$$\text{Densidade aparente (Kg m}^{-3}\text{)} = \text{Densidade úmida (Kg m}^{-3}\text{)} \times \left(\frac{\text{Umidade (\%)}}{100} \right)$$

3.2.3 Porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade de água

A determinação da porosidade total, espaço de aeração e água disponível foi realizada através de curvas de retenção de água nas tensões de 0, 10, 50 e 100 cm de coluna de água, correspondendo as tensões de 0, 10, 50 e 100 hPa.

Para a determinação desta curva foram utilizados os seguintes equipamentos: Funil de vidro (25 cm de diâmetro superior interno) com uma base de placa porosa (pressão de 1 bar e alta condutância) de mesmo diâmetro; anéis/cilindros de alumínio com 100 ± 5 mm diâmetro interno x 50 ± 1 mm de altura; tela confeccionada com tecido de voil; atilhos de borracha; balança analítica e estufa. Utilizou-se o seguinte procedimento:

1. Vedação do fundo dos anéis metálicos com tecido de voil preso por um atilho de borracha e pesagem destes anéis;
2. Preenchimento dos anéis metálicos, com volume de 66,19 ml (5,3 cm de diâmetro x 3 cm de altura) com os substratos, sendo a quantidade dos mesmos calculada a partir da densidade úmida, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Massa a ser acrescentada no anel} = \frac{\left(\frac{\text{volume do anel}}{\text{densidade úmida}} \right)}{100}$$

3. Colocação dos anéis nos funis com água até 1/3 de sua altura, para saturação por 24 horas;
4. Retirada dos anéis da água;
5. Pesagem dos anéis, sendo o volume de água contida na amostra neste momento correspondente ao ponto zero de tensão, equivalendo à porosidade total;
6. Transferência dos anéis para os funis de vidro e resaturação do substrato por 24 horas;
7. Ajuste da tensão para 10 cm de coluna de água (10 hPa);
8. Permanência dos anéis por 48 horas, atingindo o equilíbrio;
9. Pesagem;
10. Repetição dos itens 6, 7, 8 e 9 para as tensões 50 e 100 cm de coluna de água (50 e 100 hPa);
11. Secagem do material em estufa a 65°C por 48 horas para determinação do teor de umidade e peso da matéria seca.

De posse desses dados foram obtidos as seguintes variáveis:

1. Porosidade total (Pt): corresponde a umidade volumétrica presente nas amostras saturadas (0 hPa);
2. Espaço de Aeração (EA): diferença obtida entre a porosidade total e a umidade volumétrica na tensão de 10 cm de coluna d'água (10 hPa).
3. Água Facilmente Disponível (AFD): volume de água encontrado entre os pontos 10 e 50 cm de coluna d'água (10 e 50 hPa).
4. Água Tamponante (AT): é a água volumétrica liberada entre 50 e 100 cm de coluna d'água (50 e 100 hPa).
5. Água remanescente 100 cm (AR 100): volume de água que permanece na amostra após ser submetida à pressão de sucção de 100 hPa.
6. Capacidade de Retenção de Água (CRA): é a quantidade de água retida por um substrato após ser submetido a uma determinada tensão.

3.2.4 pH, condutividade elétrica e teor de sais solúveis

Para a determinação dos valores de pH e da condutividade elétrica preparou-se uma solução de substrato e água deionizada na proporção 1:5 (60 ml de substrato : 300 ml de água deionizada). A solução preparada foi colocada para agitar a rotação de 40 rpm por uma hora.

Feita a agitação da solução, procedeu-se a leitura do pH e da condutividade elétrica, com o uso do pHmetro e condutímetro, respectivamente, ambos calibrados anteriormente.

Para a determinação do Teor de Sais Solúveis (TTSS) realizou-se o seguinte cálculo:

$$\text{TTSS (g L}^{-1}\text{)} = \frac{[Y \times 56,312](\text{g } 100 \text{ g}^{-1}) \times [\text{Densidade úmida (kg m}^{-3}\text{)} \times 100]}{10000}$$

Onde:

Y= leitura do condutímetro em Siemens $\times 10^{-4}$.

56,312 = fator de correção para expressar a condutividade em mg de KCL 100 g^{-1} de substrato a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

100000= valor para a compensação das diferentes unidades em g L^{-1} .

3.2.5 Macronutrientes

A quantificação dos macronutrientes disponíveis nos substratos foi realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, utilizando as metodologias descritas por Nogueira e Souza (2005).

Cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis foram extraídos por solução de KCl 1 mol L^{-1} , determinados por complexometria (titulação com EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$).

Para extração de potássio (K) e fósforo (P) utilizou-se solução Mehlich 1 (HCl $0,05 \text{ molc L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,025 \text{ molc L}^{-1}$), usando para a determinação de K, fotômetro de chama e para P o método do colorímetro e leitura através de

espectrofotômetro (Perkin Elsem - Lambda 20) na região do visível, em comprimento de onda de 667 nm.

O enxofre foi determinado pelo método Turbidimétrico, extraído com fosfato de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e as leituras foram realizadas no espectrofotômetro (Perkin Elsem - Lambda 20).

Para determinação do nitrogênio disponível adaptou-se a metodologia descrita por Mulvaney (1996). As determinações do nitrogênio na forma amoniacal no substrato foram feitas utilizando KCl 2M como extrator. As extrações foram feitas adicionando-se substrato e extrator na proporção de 1:10. Após este procedimento a alíquota contendo substrato mais KCl 2M foi agitada por 30 minutos, em centrífuga a 200 rpm. Após a centrifugação as amostras permaneceram em repouso até o dia seguinte, possibilitando assim uma melhor decantação, sendo então separadas as alíquotas para a análise, sem filtragem do material.

3.2.6 Matéria orgânica

A determinação da matéria orgânica presente no substrato foi realizada pelo método gravimétrico, o qual consiste na queima do material em mufla a $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 horas. Primeiramente colocou-se um cadinho de porcelana vazio na mufla, em $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 horas, após esfriou-se o mesmo até temperatura ambiente dentro de um dessecador, adicionando então uma amostra de substrato (15 cm^3), transferindo o cadinho com a amostra novamente para a mufla a $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 horas. Como a matéria orgânica é volátil a $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, o material residual no cadinho é a matéria mineral, logo se encontra o teor de matéria orgânica pela diferença entre o peso total e o peso da matéria mineral.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 *Eucalyptus benthamii*

4.1.1 Análise de variância

A análise de variância revelou efeito significativo dos tratamentos para as variáveis: Altura aos 30, 60 e 90 dias, biomassa fresca aérea, biomassa fresca radicial, biomassa seca aérea e biomassa seca radicial, facilidade de retirada do tubete, agregação das raízes ao substrato (TABELA 5), enquanto que as variáveis: Diâmetro de colo aos 60 e 90 dias, relação altura e diâmetro e Índice de qualidade de Dickson não apresentaram influência significativa (TABELA 6).

TABELA 5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA AOS 30, 60 E 90 DIAS (H 30, H 60 E H 90), BIOMASSA FRESCA AÉREA (BFA), BIOMASSA FRESCA RADICIAL (BFR), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BSR), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT) E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG) DE MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Causa da Variação	GL	Quadrados Médios								
		H 30	H 60	H 90	BFA	BFR	BSA	BSR	FRT	AG
Substrato	40	1,42**	7,81**	15,47*	0,17**	0,02**	0,46*	0,01**	2,32**	4,01**
Resíduo	164	0,34	2,52	10,50	0,01	0,00	0,27	0,00	0,99	1,09
Média	-	7,57	8,27	20,03	0,99	0,27	0,36	0,13	8,00	6
CV _{exp.} (%)	-	7,73	19,19	16,18	10,05	8,86	14,23	6,10	12,88	16,87

* e ** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV_{exp.} - coeficiente de variação experimental.

TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIÂMETRO DE COLO AOS 60 E 90 DIAS (DC 60 E DC 90), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT), RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/DC) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKON (IQD) DE MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Causa da Variação	GL	Quadrados Médios			
		DC 60	DC 90	H/DC	IQD
Substrato	40	0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Resíduo	164	0,01	0,08	1,76	0,12
Média	-	0,63	1,69	11,85	2,33
CV _{exp.} (%)	-	19,37	16,78	11,21	14,98

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV_{exp.} - coeficiente de variação experimental.

4.1.2 Altura da parte aérea

Na avaliação de crescimento em altura, as mudas de *Eucalyptus benthamii* mostraram diferença significativa entre os substratos avaliados, para todos os períodos de avaliação (30, 60 e 90 dias), embora não se observou uma tendência clara em relação aos diferentes materiais usados para formulação dos tratamentos (GRÁFICO 1). No entanto, considerando que a avaliação mais importante se deu aos 90 dias de idade das mudas, data próxima de seu plantio definitivo à campo, pode-se observar uma superioridade de crescimento em praticamente metade dos tratamentos avaliados, mostrando a possibilidade de produzir mudas de *Eucalyptus benthamii* com diferentes formulações de materiais renováveis (biossólido, fibra de coco e casca de arroz carbonizada) e a associação de casca de arroz carbonizada com vermiculita, sendo que esses apresentaram-se superiores ao substrato comercial a base de casca de pinus.

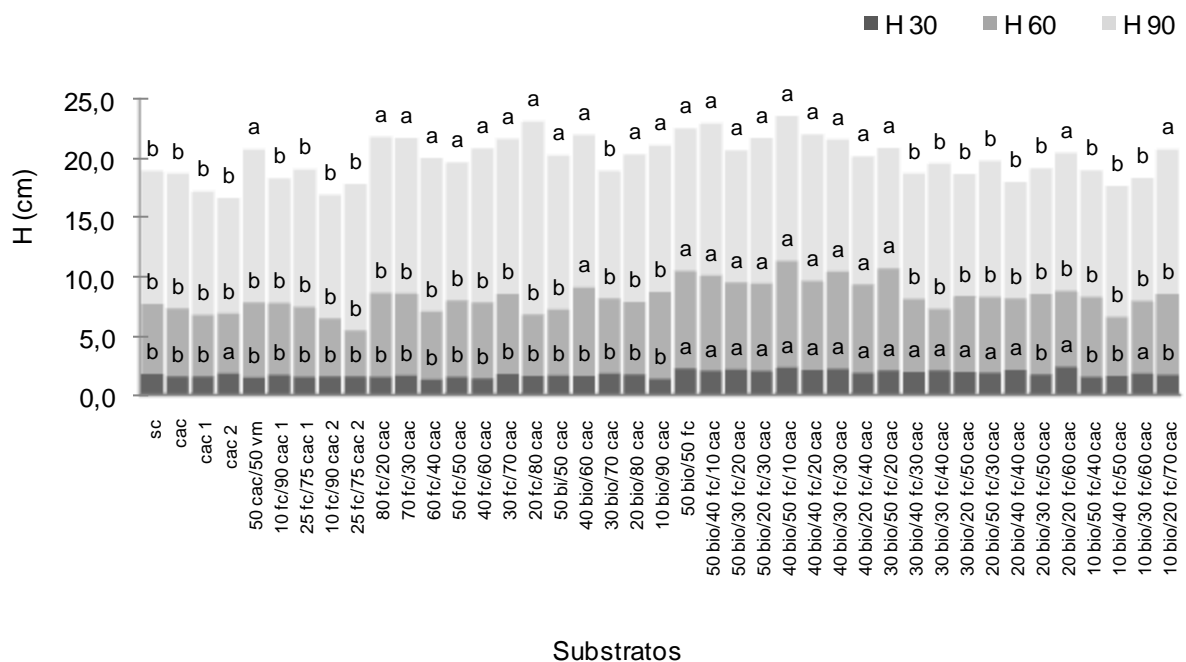


GRÁFICO 1 - ALTURA DAS MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* AOS 30, 60 E 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

O peneiramento da casca de arroz carbonizada não se apresentou viável para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*, mesmo quando combinada com a fibra de coco, devido ao menor crescimento apresentado nesses substratos, quando comparado com a utilização da casca de arroz em sua forma íntegra ou combinada com fibra de coco (GRÁFICO 1).

Substratos formulados com 40 e 50 % de bio-sólido combinado com casca de arroz carbonizada e fibra de coco apresentaram maior crescimento em altura quando comparado com menores proporções desse elemento (GRÁFICO 1).

Aos 30 dias as mudas de *Eucalyptus benthamii* com menor crescimento apresentaram altura média de 1,61 cm, enquanto que o grupo com maior crescimento estava com 2,07 cm. Aos 60 dias as mudas apresentavam 10 cm de altura média nos melhores tratamentos e 7,72 cm nos piores. Já aos 90 dias, o grupo com maior crescimento apresentou altura média de 21,31 cm e 18,39 cm nos substratos com menor crescimento. Desta forma, mesmo apresentando menor crescimento em altura, todos os substratos renováveis utilizados foram aptos para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*, visto que as mudas apresentaram altura superior a 15 cm (ANEXO 1), valor mínimo recomendado para o plantio em campo, segundo Wendling e Dutra (2010, p. 43).

Resultados similares para a produção de mudas de eucalipto foram observados por Trigueiro e Guerrini (2003, p. 156) em mudas de *Eucalyptus grandis*, onde os substratos formulados com bio-sólido e casca de arroz carbonizada na proporção 50/50 apresentaram desempenho similar ao substrato comercial, doses superiores de bio-sólido foram prejudiciais ao crescimento das mudas. Segundo estes autores esse fato pode estar relacionado às características químicas destes substratos, visto os altos teores de nitrogênio e fósforo presentes no bio-sólido, demonstrando a adequação dos substratos renováveis para a produção de mudas.

Enquanto que Nóbrega *et al.* (2007, p. 242) observaram um incremento na altura de mudas de aroeira produzidas em solo/bio-sólido até a proporção de 35% de bio-sólido, devido o acréscimo de nutrientes provocado pela adição deste componente no solo.

Outra questão importante a ser destacada refere-se a não adequação das medições de altura aos 30 e 60 dias visando uma predição desta característica aos

90 dias, ou seja, os resultados de altura expressados nestes dois períodos de avaliação não se repetem aos 90 dias (GRÁFICO 1).

O mesmo comportamento foi observado por Trigueiro e Guerrini (2003, p. 160) em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes substratos, onde os melhores tratamentos aos 30 dias não seguiram a mesma tendência até o final da fase de produção de mudas. Aguiar *et al.* (1989, p. 41) em experimento com *Eucalyptus grandis* observou que as avaliações realizadas anteriormente a avaliação final podem ser dispensadas, visto que as mesmas apresentaram pouca variação em relação a avaliação final. Desta forma, independentemente do comportamento apresentado não se faz necessário a avaliação de crescimento anteriormente a avaliação final.

Aguiar *et al.* (1989, p. 42) verificaram que mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em terra de subsolo proporcionaram menor crescimento (19,2 cm) em altura quando comparadas com casca de arroz carbonizada, vermiculita e folha de eucalipto carbonizada, apresentando essas alturas de 21,2; 27,2 e 20,2 cm, respectivamente.

Bonnet (2001, p. 91) observou influência positiva do uso do biofóssido compostado como substrato para produção de mudas de *E. viminalis*, sendo este usado puro ou combinado com substrato comercial, porém em contra partida, a utilização do biofóssido alcalinizado apresentou altura considerada adequada (27,8 cm) aos 187 dias. Aos 106 dias as mudas produzidas em substrato comercial apresentavam altura média de 18,0 cm, enquanto que o composto com 60 % de biofóssido compostado combinado com substrato comercial, apresentou altura de 23,0 cm, resultados próximos aos encontrados nesse estudo aos 90 dias.

Oliveira *et al.* (2008, p. 126) verificaram menor crescimento em altura em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substrato comercial a base de casca de pinus (18,25 cm), quando comparado com o formulado a base de casca de amendoim processada/ húmus de minhoca/ turfa/ terra de barranco (25/35/30/3), apresentando este altura média de 24,25 cm e 21,25 cm com o substrato contendo acícula de pinus/ esterco bovino/ terra de barranco/ areia (30/60/13/7).

4.1.3 Diâmetro de colo

Para o diâmetro de colo, tanto aos 60 como 90 dias, o substrato não apresentou influência significativa (TABELA 5). Desta forma, para esta variável, todos os substratos testados são indicados, mostrando a possibilidade da utilização dos materiais renováveis testados (biossólido, fibra de coco e casca de arroz carbonizada) para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*.

Aos 60 dias as mudas de *Eucalyptus benthamii* apresentaram diâmetro de colo médio de 0,63 e de 1,70 mm aos 90 dias. Logo, a maioria das mudas não apresentou diâmetro mínimo recomendado para o plantio, o qual segundo Wendling e Dutra (2010, p. 43) é de 2 mm (TABELA 5), indicando a necessidade da permanência no viveiro até atingirem o diâmetro mínimo recomendado.

Porém, os valores encontrados nesse estudo, estão próximos aos observados em outras pesquisas realizadas com eucalipto. Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157) verificaram diâmetro de colo médio de 1,85 mm aos 90 dias e de 2,57 mm aos 120 dias em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substrato comercial à base de casca de pinus. Bonnet (2001, p. 98) observou aos 106 dias diâmetro médio de 1,51 mm em mudas de *Eucalyptus viminalis* produzidas em substrato contendo 70 % de substrato comercial combinado com 30 % de biossólido compostado com resíduo verde. E Freitas *et al.* (2005, p. 855) 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 (50/50).

TABELA 7 - DIÂMETRO DE COLO AOS 60 E 90 DIAS (DC 60, DC 90) DE MUDAS DE *Eucalyptus benthamii*.

Tratamento	DC 60 (mm)	DC 90 (mm)
SC	0,57 a	1,60 a
CAC	0,62 a	1,59 a
CAC 1 (0,5 - 1)	0,63 a	1,57 a
CAC 2 (0,25-0,5)	0,60 a	1,47 a
50 CAC + 50 VM	0,57 a	1,74 a
10 FC + 90 CAC 1	0,61 a	1,50 a
25 FC + 75 CAC 1	0,59 a	1,65 a
10 FC + 90 CAC 2	0,58 a	1,28 a
25 FC + 75 CAC 2	0,41 a	1,44 a
80 FC + 20 CAC	0,68 a	1,90 a
70 FC + 30 CAC	0,69 a	1,83 a
60 FC + 40 CAC	0,58 a	1,54 a
50 FC + 50 CAC	0,58 a	1,67 a
40 FC + 60 CAC	0,59 a	1,68 a
30 FC + 70 CAC	0,70 a	1,74 a
20 FC + 80 CAC	0,59 a	1,60 a
50 BIO + 50 CAC	0,66 a	1,77 a
40 BIO + 60 CAC	0,63 a	1,90 a
30 BIO + 70 CAC	0,60 a	1,58 a
20 BIO + 80 CAC	0,63 a	1,78 a
10 BIO + 90 CAC	0,67 a	1,71 a
50 BIO + 50 FC	0,73 a	1,88 a
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	0,75 a	2,01 a
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	0,73 a	1,78 a
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	0,71 a	1,81 a
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	0,80 a	2,04 a
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	0,66 a	1,86 a
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	0,70 a	1,73 a
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	0,64 a	1,72 a
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	0,77 a	1,82 a
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	0,71 a	1,71 a
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	0,60 a	1,64 a
30 BIO + 20 FC + 50 CAC	0,61 a	1,68 a
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	0,65 a	1,78 a
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	0,58 a	1,62 a
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	0,59 a	1,63 a
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	0,67 a	1,82 a
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	0,62 a	1,69 a
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	0,53 a	1,57 a
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	0,64 a	1,60 a
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	0,65 a	1,77 a
Média	0,63	1,70

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC- Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO- Biossólido; VM- Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

4.1.4 Biomassa fresca e seca da parte aérea

Quanto à biomassa fresca da parte aérea, observa-se que apenas o tratamento contendo 40/50/10 (biossólido/fibra de coco/casca de arroz carbonizada) apresentou-se superior aos demais, porém para a biomassa seca aérea 24 tratamentos foram superiores, afirmando desta forma a possibilidade da utilização dos materiais renováveis (biossólido, fibra de coco e casca de arroz carbonizada) para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*, desde que combinados na proporção adequada, apresentando estes desempenho superior ao substrato comercial a base de casca de pinus (GRÁFICO 2).

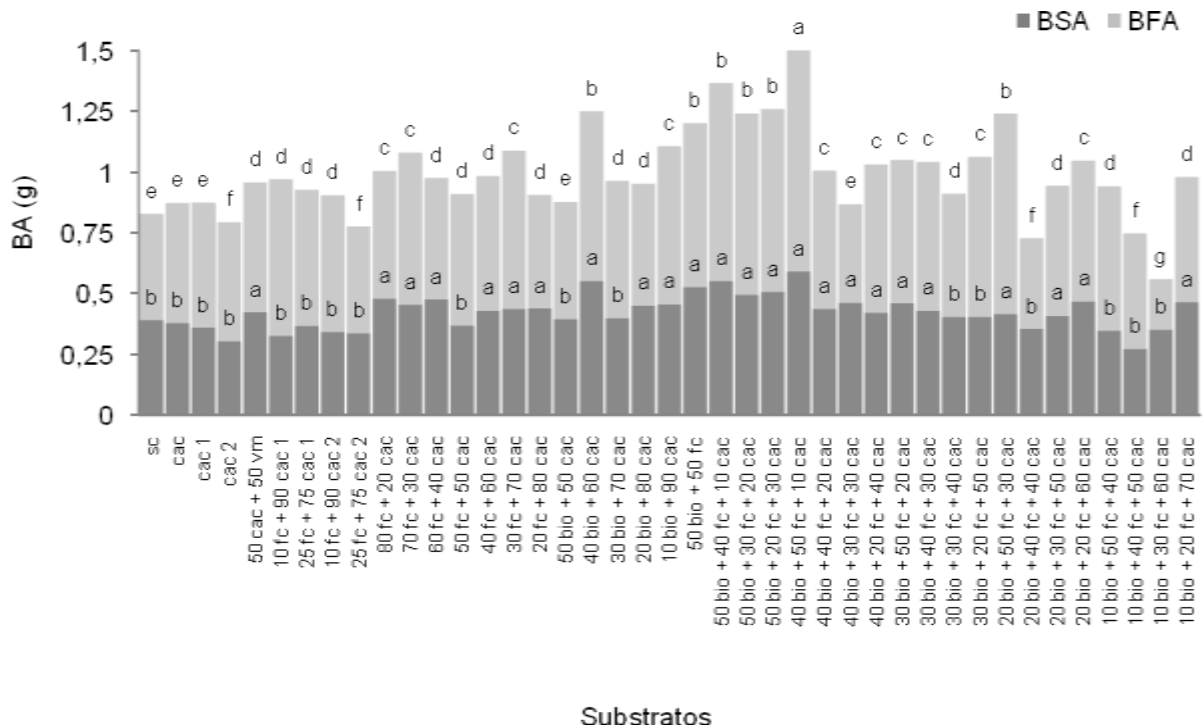


GRÁFICO 2 - BIOMASSA SECA E FRESCA AÉREA (BSA, BFA) DAS MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Deve-se observar que a biomassa seca aérea não apresentou a mesma tendência que a biomassa fresca aérea (GRÁFICO 2), não sendo desta forma a

biomassa fresca indicada como uma variável adequada para a determinação da qualidade da muda, visto que o que interessa é a massa seca, pois está associada à rusticidade da muda.

A menor produção de biomassa seca aérea foi apresentada pelos substratos a base de casca de arroz peneirada, comercial a base de casca de pinus, 50FC/50CAC, 50BIO/50FC, 30 BIO/70CAC, 30BIO/20FC/50CAC e os substratos com 10 % de bio sólido combinado com FC e CAC (50/40, 40/50, 30/60) (GRÁFICO 2).

Entre os componentes renováveis avaliados, apenas as diferentes granulometrias de casca de arroz não se apresentaram viáveis tecnicamente, visto o menor crescimento apresentado nos substratos formulados com esse material e também a maior praticidade da utilização da casca de arroz em sua forma íntegra.

Trigueiro e Guerrini (2003, p. 156) verificaram produção de massa seca aérea em mudas de *Eucalyptus grandis* superior com o substrato comercial a base de casca de pinus, apresentando 1,23 g aos 120 dias. Os tratamentos contendo bio sólido/casca de arroz carbonizada nas proporções de 80/20, 70/30 e 40/60 apresentaram biomassa seca aérea de 0,86 g; 0,93 g e 0,94 g; respectivamente, valor muito acima dos encontrados nesse estudo, devido ao maior período de permanência no viveiro.

Bonnet (2001, p. 100) observou maior produção de biomassa seca aérea e radicial em mudas de *Eucalyptus viminalis* produzidas em substrato contendo 60% de bio sólido compostado e 40 % de substrato comercial a base de casca de pinus, onde este último não mostrou diferenças estatísticas em relação ao substrato contendo 30 % de bio sólido compostado combinado com 70 % de SC.

4.1.5 Biomassa fresca e seca da parte radicial

Para a biomassa fresca radicial a maior produção foi observada nos substratos renováveis: CAC, FC/CAC 0,25 - 0,5 mm (10/90), BIO/FC/CAC (20/20/60). Em relação à biomassa seca radicial apenas o tratamento FC/CAC

(80/20) foi superior aos demais, seguido de BIO/CAC (40/60) e BIO/FC/CAC (50/40/10, 40/50/10 e 20/20/60) (GRÁFICO 3).

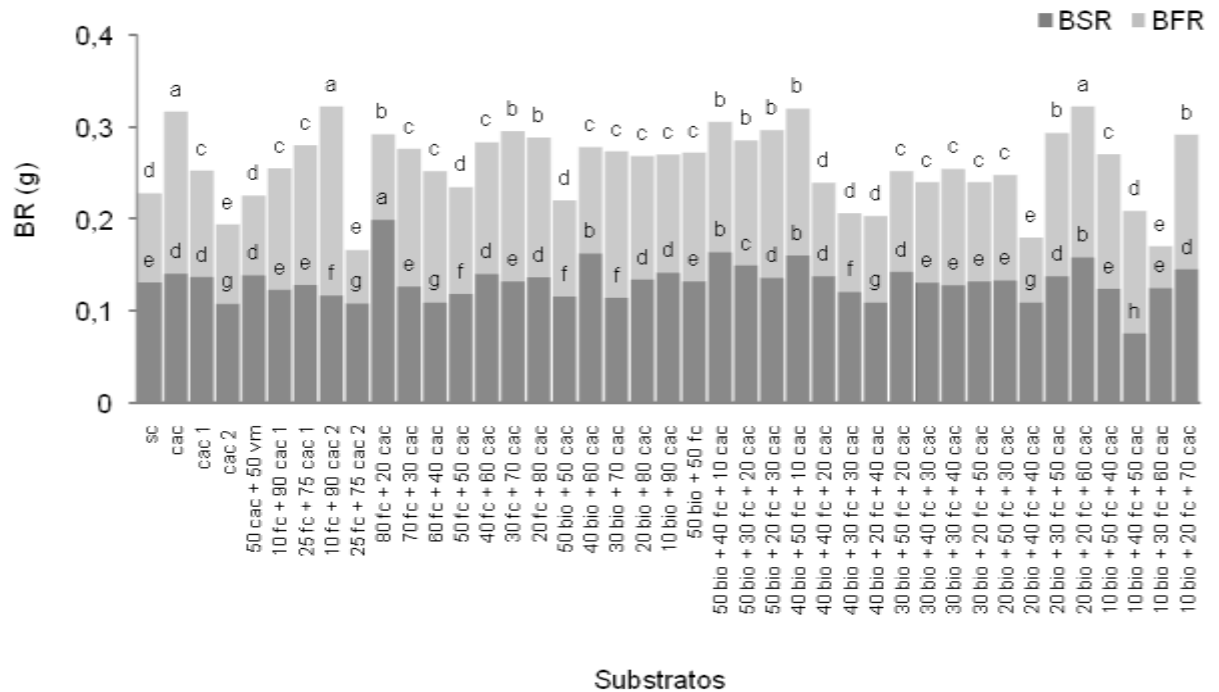


GRÁFICO 3 - BIOMASSA SECA E FRESCA RADICIAL (BSR, BFR) DAS MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Observa-se que a biomassa seca radicial não apresentou a mesma tendência da biomassa fresca radicial, indicando que o peso da matéria fresca pode ter sido influenciado pelos tratamentos ou pelas diferentes quantidades de água remanescente da lavagem das raízes. Desta forma, não se recomenda realizar a determinação da biomassa fresca, visto a maior probabilidade de erro.

Quanto à biomassa seca radicial não se observou uma resposta clara às diferentes proporções dos elementos renováveis avaliados, mostrando que não houve tendência a preferência por algum componente.

Trigueiro (2002, p. 42) observou que à medida que se diminuiu a dose de biossólido no substrato produziu-se um efeito positivo no acúmulo de matéria seca de raiz até a proporção 50/50 (biossólido/casca de arroz carbonizada) em mudas de

Pinus taeda, obtendo-se, desta maneira, uma muda com maior probabilidade de sobrevivência no campo.

4.1.6 Facilidade de retirada das mudas do tubete

A facilidade de retirada das mudas de *Eucalyptus benthamii* do tubete situou-se entre média a alta, não havendo diferenças destacadas entre os tratamentos, exceto para o substrato contendo FC/CAC 0,25 – 0,5 mm na proporção 25/75 (GRÁFICO 4).

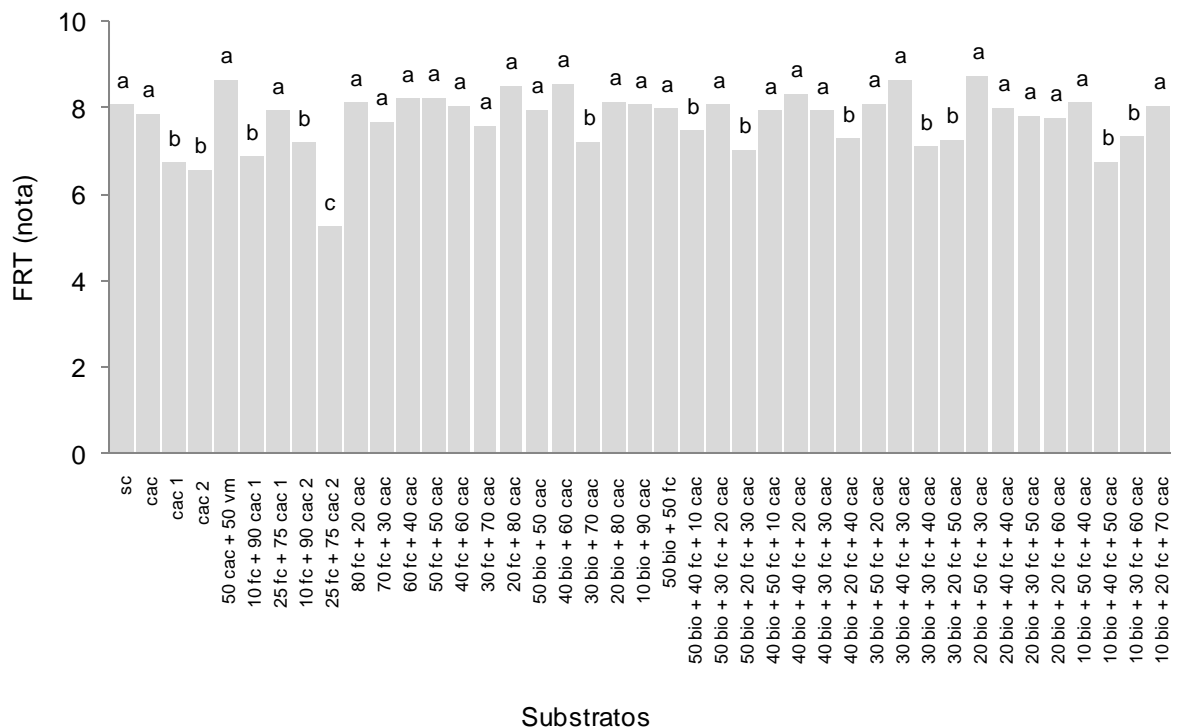


GRÁFICO 4 - FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT) DAS MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC – Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Observa-se no Anexo 6 correlação positiva entre a facilidade de retirada do tubete com a agregação das raízes ao substrato (0,65**), altura (0,50**), biomassa radicial (0,41*) e aérea (0,45*) das mudas. Resultados semelhantes foram encontrados por Wendling, Guastala e Dedecek (2007, p. 217) com mudas de *Ilex paraguariensis*, denotando desta forma, que um substrato que promove uma boa agregação das raízes resulta em melhorias no processo de expedição das mudas produzidas para o local definitivo, visto a maior agilidade no processo.

Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157), em estudo realizado com *Eucalyptus grandis*, tiveram dificuldade na extração das mudas produzidas no substrato contendo 80 % de biossólido e 20 % de casca de arroz carbonizada, visto o baixo enraizamento proporcionado por esse tratamento. No entanto, o substrato comercial também apresentou problemas na extração, visto ao maior enraizamento, dificultando a liberação da muda.

Assim, pode-se concluir que o enraizamento está diretamente relacionado com a facilidade de retirada do tubete, o qual se muito elevado pode dificultar a extração da muda do recipiente, visto a maior compactação proporcionada devido à maior massa de material dentro de um mesmo volume.

4.1.7 Agregação das raízes ao substrato

Quanto à agregação das raízes ao substrato, o tratamento contendo VM/CAC (50/50) e os renováveis formulados a base de FC/CAC nas diferentes proporções, casca de arroz carbonizada e alguns contendo biossólido apresentaram maior agregação, enquanto que aqueles a base de casca de arroz peneirada, substrato comercial e a maioria dos tratamentos contendo biossólido proporcionaram menor índice de agregação (GRÁFICO 5).

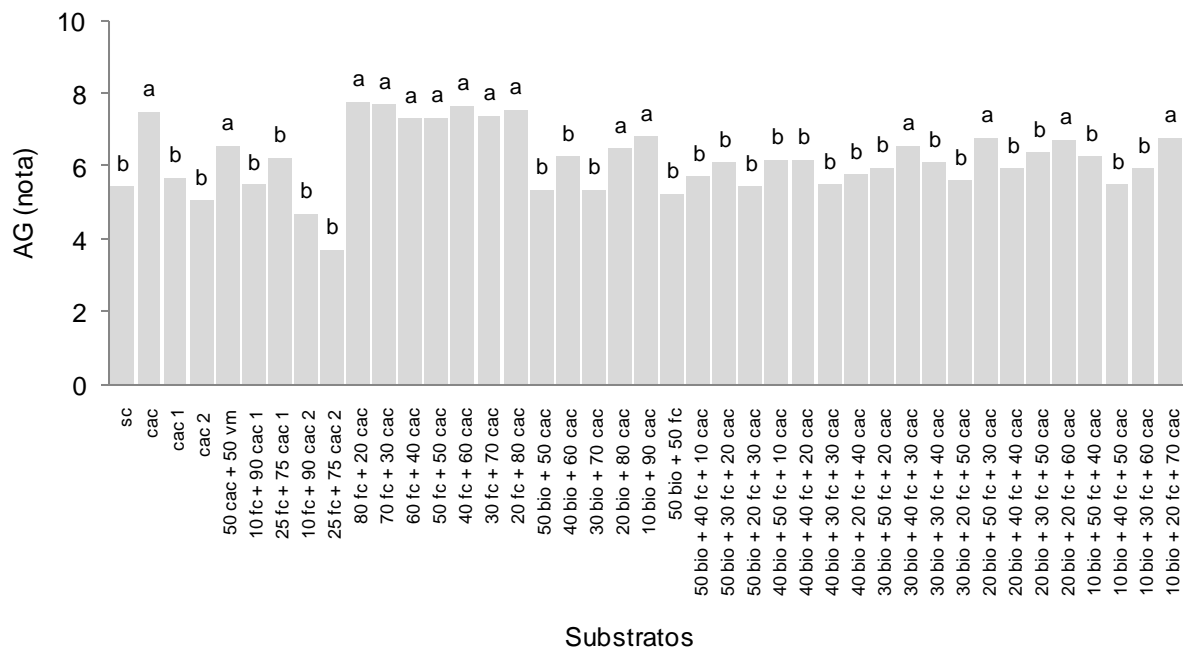


GRÁFICO 5 - AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG) DAS MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* AOS 90 DIAS, PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Resultados semelhantes foram encontrados por Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157) onde os tratamentos com maiores proporções de biossólido apresentaram torrão com qualidade inferior ao substrato comercial, devido ao menor enraizamento desses tratamentos.

Observa-se no Anexo 6, que existe correlação entre a altura da parte aérea, biomassa seca radicial e facilidade de retirada do tubete com a agregação das raízes ao substrato, onde a relação com a altura e biomassa radicial é bem evidente, conforme pode ser observada na Figura 2.

Segundo Wendling e Delgado (2008, p. 3 e 4), o substrato para produzir mudas em tubetes deve ser agregado o suficiente para que o torrão em volta da muda não se rompa quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte, ocasionando exposição das raízes ao ressecamento e dificultando a pega e a sobrevivência das mudas. No entanto, se o substrato for muito coeso haverá dificuldade em sua retirada da embalagem, podendo romper as raízes ou provocar danos no crescimento radicial das mudas.

Aguiar *et al.* (1989, p. 46) constataram bom estado de agregação em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substratos formulados a base de turfa palhosa combinada com bagaço de cana carbonizado, casca de arroz carbonizada, galho de eucalipto carbonizado, folha de eucalipto decomposta e vermiculita, na proporção de 50/50, superando a terra de subsolo quando combinada com os mesmos elementos.

4.1.8 Índices de qualidade de mudas - H/DC, IQD

Para a relação H/DC o substrato não apresentou efeito significativo, concluindo desta forma que, com base nesta variável, todos os substratos analisados são adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. Essa variável, segundo Carneiro (1995, p. 79) exprime o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, pois conjuga duas características em apenas um índice e deve situar-se entre 5,4 e 8,1, desta forma nenhum tratamento apresentou-se dentro da faixa considerada adequada (TABELA 8).

TABELA 8 - RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO (H/DC) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) AOS 90 DIAS DE MUDAS DE *Eucalyptus benthamii*.

Tratamentos	H/DC	IQD
SC	11,84 a	0,16 a
CAC	11,82 a	0,19 a
CAC 1 (0,5 - 1)	11,05 a	0,19 a
CAC 2 (0,25-0,5)	11,38 a	0,14 a
50 CAC + 50 VM	11,96 a	0,19 a
10 FC + 90 CAC 1	12,15 a	0,16 a
25 FC + 75 CAC 1	11,94 a	0,18 a
10 FC + 90 CAC 2	13,13 a	0,14 a
25 FC + 75 CAC 2	12,34 a	0,15 a
80 FC + 20 CAC	11,61 a	0,19 a
70 FC + 30 CAC	11,98 a	0,16 a
60 FC + 40 CAC	13,14 a	0,14 a
50 FC + 50 CAC	11,76 a	0,16 a
40 FC + 60 CAC	12,52 a	0,15 a
30 FC + 70 CAC	12,47 a	0,17 a
20 FC + 80 CAC	12,21 a	0,18 a
50 BIO + 50 CAC	11,59 a	0,15 a
40 BIO + 60 CAC	11,80 a	0,21 a
30 BIO + 70 CAC	12,16 a	0,15 a
20 BIO + 80 CAC	11,39 a	0,19 a
10 BIO + 90 CAC	12,32 a	0,19 a
50 BIO + 50 FC	12,05 a	0,16 a
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	11,60 a	0,21 a
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	11,70 a	0,18 a
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	12,11 a	0,18 a
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	11,63 a	0,19 a
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	11,98 a	0,18 a
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	12,60 a	0,15 a
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	11,67 a	0,14 a
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	11,46 a	0,19 a
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	10,89 a	0,18 a
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	11,93 a	0,16 a
30 BIO + 20 FC + 50 CAC	11,37 a	0,15 a
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	11,09 a	0,17 a
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	11,33 a	0,14 a
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	11,75 a	0,18 a
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	11,35 a	0,21 a
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	11,27 a	0,15 a
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	12,57 a	0,10 a
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	11,56 a	0,17 a
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	11,75 a	0,19 a

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC- Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM- Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 – 0,5 mm.

A recomendação de Carneiro (1996, p. 79) pode não ser a mais adequada para as espécies de eucalipto, visto que as mudas apresentavam vigor na última avaliação, estando aptas ao plantio em campo e também se pode observar que em outras pesquisas realizadas com diferentes espécies de eucalipto encontrou-se H/DC superior a faixa considerada adequada.

Bonnet (2001, p. 98) observou relação H/DC de 13 em mudas de *Eucalyptus viminalis* produzidas em substrato contendo 60 % de biossólido compostado combinado com 40 % de substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita e de 12,9 para o substrato comercial a base de casca de pinus.

Guerrini e Trigueiro (2003, p. 155) em mudas de *Eucalyptus grandis* observaram valores de H/DC superiores a faixa recomendada, o que segundo esses autores está relacionado ao maior incremento no crescimento em altura do que em diâmetro. Os índices observados por esses autores, entre 10,74 e 13,90, estão próximos aos encontrados nesse trabalho, indicando que talvez o H/DC indicado para o gênero *Eucalyptus* é maior que o recomendado por Carneiro.

Gomes *et al.* (2002, p. 663) observaram que a relação H/DC apresentou contribuição relativa de apenas 0,66 % para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo desta forma dispensável.

Quanto ao IQD, o substrato não apresentou efeito significativo, sendo desta forma todos os tratamentos testados viáveis tecnicamente para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*.

Gomes e Paiva (2004, p. 101) salientam que o IQD deve ter o valor mínimo de 0,20, desta forma apenas alguns tratamentos analisados estão dentro do ideal, segundo a Tabela 8. Porém, deve-se lembrar que este valor foi baseado na qualidade de mudas das espécies *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies*, podendo talvez não ser o mais indicado para a espécie em questão.

Binotto (2007, p. 34) observou IQD de 0,05 em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias, enquanto que Oliveira Junior (2009, p. 38) obteve IQD médio de 0,11 em mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato comercial aos 100 dias. Indicando desta forma, que o IQD ideal depende da espécie em questão.

4.2 *Mimosa scabrella*

4.2.1 Análise de variância

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo do substrato para as variáveis: Altura aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias, diâmetro de colo aos 60, 120 e 150 dias (TABELA 9), biomassa fresca aérea, biomassa fresca radicial, biomassa seca aérea, biomassa seca radicial, facilidade de retirada do tubete, agregação das raízes ao substrato, relação altura/diâmetro e Índice de qualidade de Dickson (TABELA 10).

TABELA 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS: ALTURA AOS 30, 60, 90, 120 E 150 DIAS (H 30, H 60, H 90, H 120 E H 150) E DIÂMETRO AOS 30, 60, 120 E 150 DIAS (D 60, D 90, D 120 E D 150) DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Causa da Variação	GL	Quadrados Médios								
		H 30 ¹	H 60	H 90	H 120	H 150	DC 60	DC 90	DC120	DC 150 ¹
Substrato	40	2,57**	3,01**	4,72*	56,98**	130,57**	0,08*	0,15**	0,35**	4,31**
Resíduo	164	0,50	0,50	0,84	2,23	2,64	0,01	0,01	0,02	0,18
Média	-	3,51	5,50	6,78	10,59	13,11	0,84	1,17	1,51	1,76
CV _{exp.} (%)	-	6,59	12,89	13,56	14,10	12,41	14,39	10,32	10,94	5,62

* e ** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F. ¹ dados transformados por arco seno $(x/100)^{0,5}$, onde x representa a variável resposta. GL - graus de liberdade, CV_{exp.} - coeficiente de variação experimental.

TABELA 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA BIOMASSA FRESCA AÉREA (BFA), BIOMASSA FRESCA RADICIAL (BFR), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BSR), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT), AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG), RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/DC) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Causa da Variação	GL	Quadrados Médios							
		BFA ¹	BFR ¹	BSA ¹	BSR ¹	FRT	AG	H/DC	IQD
Substrato	40	16,29**	17,12**	5,16**	2,23**	32,09**	26,56**	8,57**	0,00**
Resíduo	164	0,77	1,34	0,23	0,21	1,43	0,87	0,84	0,00
Média	-	1,02	0,87	0,45	0,27	7,00	5,00	7,24	0,07
CV _{exp.} (%)	-	16,01	23,52	13,15	16,14	17,94	18,61	12,71	31,62

** significativo ao nível 1% de probabilidade de erro, pelo teste F. ¹ dados transformados por arco seno $(x/100)^{0,5}$, onde x representa a variável resposta. GL = graus de liberdade, CV_{exp.} = coeficiente de variação experimental.

4.2.2 Altura da parte aérea

Na avaliação de crescimento em altura, as mudas de *Mimosa scabrella* mostraram diferença significativa entre os substratos avaliados, para todos os períodos de avaliação (30, 60, 90, 120 e 150 dias) (ANEXO 2), onde os materiais renováveis casca de arroz carbonizada e fibra de coco, juntamente com o substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita apresentaram-se adequados para produção de mudas desta espécie, enquanto que o componente bio-sólido apresentou resposta negativa ao crescimento das mudas quando utilizado para formulação de substratos (GRÁFICO 6).

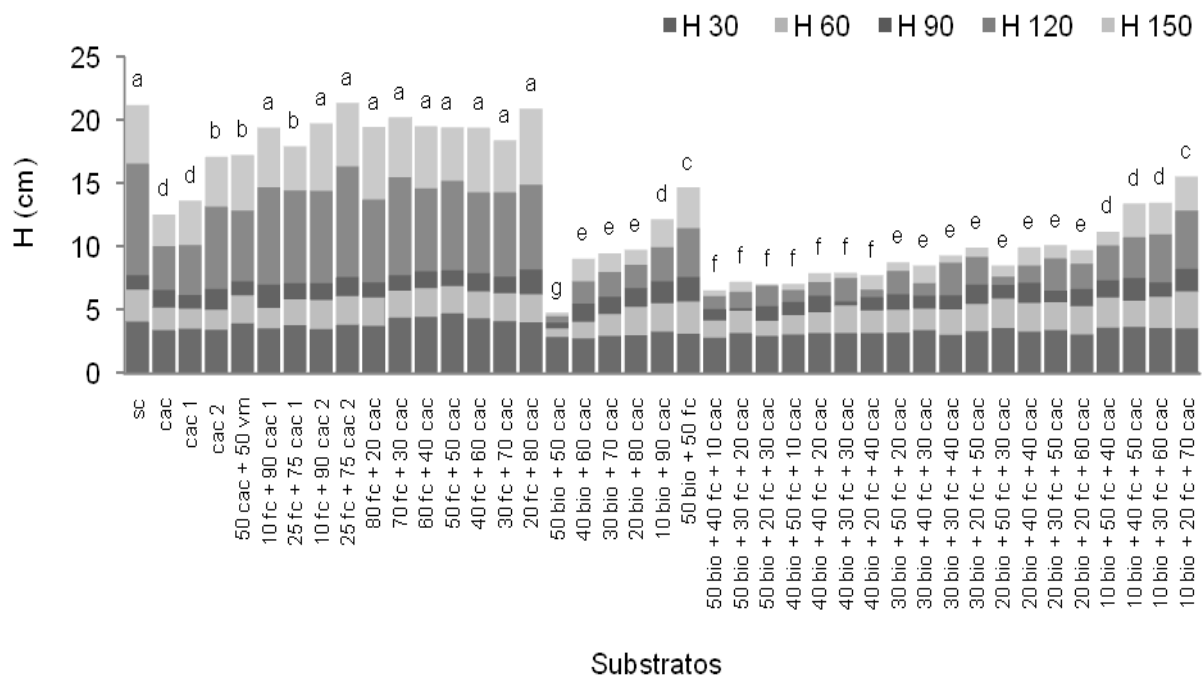


GRÁFICO 6 - ALTURA AOS 30, 60, 90, 120 E 150 DIAS DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro para a variável H 150. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Bio-sólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Pode-se observar claramente que diminuição da proporção de bio-sólido nos substratos provocou um pequeno incremento em altura nas mudas de *Mimosa scabrella* (GRÁFICO 6), porém apenas o tratamento contendo 10/20/70 dos

componentes bio sólido/fibra de coco/casca de arroz carbonizada apresentou altura de mudas (15,55 cm) considerada apta ao plantio em campo, a qual segundo Embrapa (1988, p. 28) e Wendling e Dutra (2010 p. 43) deve ser no mínimo 15 cm.

A casca de arroz carbonizada peneirada apresentou-se viável tecnicamente para a produção de mudas de *Mimosa scabrella* quando combinada com a fibra de coco, porém não se diferenciou dos tratamentos formulados a base de casca de arroz carbonizada em sua forma íntegra (GRÁFICO 6), não se justificando, desta forma, a utilização deste elemento, visto a menor praticidade de preparo.

Observa-se no Gráfico 6, que a maior diferença entre os tratamentos começa a ocorrer a partir do terceiro mês, sendo que esta foi ficando mais acentuada com o passar do tempo. Nota-se também um baixo incremento em altura nas mudas que continham bio sólido em sua composição, apresentando uma estagnação no crescimento após o quarto mês, não justificando desta forma, sua permanência no viveiro após esse período.

É importante ressaltar que aos 120 dias, alguns tratamentos já possibilitaram a obtenção de mudas aptas a serem levadas para plantio definitivo, ou seja, com altura mínima de 15 cm, conforme recomendado pela Embrapa (1988, p. 28) e Wendling e Dutra (2010 p. 43). Sendo esses os tratamentos: substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita com altura média de 16,57 cm, 25/75 de fibra de coco/casca de arroz carbonizada 0,25 - 0,5 mm com 16,34 cm, 70/30 e 50/50 de fibra de coco/casca de arroz carbonizada com 15,50 e 15,20 cm, respectivamente (ANEXO 2).

Knapik *et al.* (2005, p. 40) observaram em seu experimento com diferentes adubações na produção de mudas de *Mimosa scabrella* em substrato comercial a base de casca de pinus/fibra de coco (70/30), que aos 4 meses a melhor altura foi em média 13 cm, resultado próximo aos encontrados nesse estudo.

Nóbrega *et al.* (2007, p. 242) observaram um incremento na altura de mudas de aroeira produzidas em solo/bio sólido até a proporção de 35%, devido o acréscimo de nutrientes provocado pela adição de bio sólido no solo. Enquanto que Trigueiro e Guerrini (2003, p. 156) obtiveram bons resultados em altura para mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substrato composto com casca de arroz carbonizada/bio sólido (50/50), sendo este estatisticamente igual ao substrato comercial a base de casca de pinus.

4.2.3 Diâmetro de colo

Para o diâmetro de colo, observou-se comportamento semelhante à altura, sendo que as mudas de *Mimosa scabrella* mostraram diferença significativa entre os substratos avaliados, para todos os períodos de avaliação (ANEXO 3). Os materiais renováveis casca de arroz carbonizada, assim como suas diferentes granulometrias, fibra de coco e o substrato comercial a base de casca de pinus apresentaram-se adequados para produção de mudas dessa espécie, juntamente com o substrato não renovável vermiculita/casca de arroz carbonizada, enquanto que o componente bio-sólido não apresentou aptidão para produção de mudas de *Mimosa scabrella* (GRÁFICO 7).

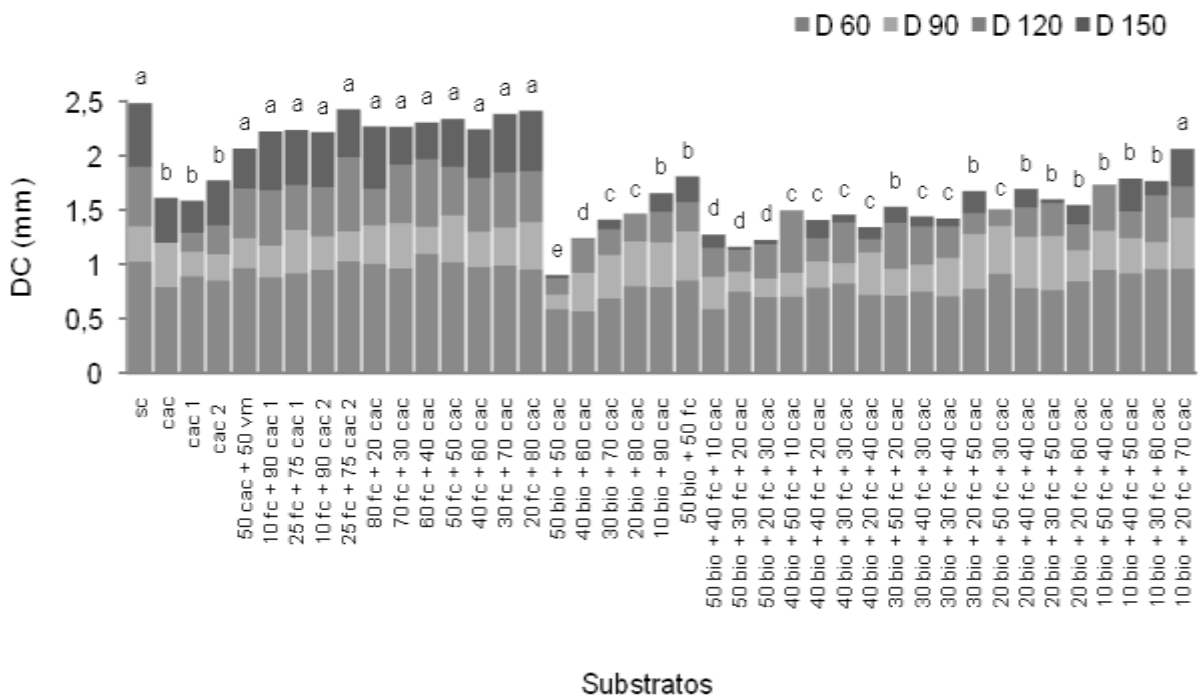


GRÁFICO 7 - DIÂMETRO DE COLO AOS 60, 90, 120 E 150 DIAS DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC- Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Bio-sólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Observa-se no Gráfico 7, que até os 60 dias a diferenciação entre os tratamentos foi baixa, já aos 90 dias a começa a ficar mais clara e, aos 120 e 150 dias, bem expressiva. Desta forma, ficou bem evidenciado que a presença do bio sólido provocou menor incremento em diâmetro nas mudas e que o aumento na proporção desse elemento provocou proporcional diminuição no crescimento em diâmetro de colo. Dentre os substratos formulados a base de bio sólido apenas o tratamento contendo 10/20/70 de bio sólido/fibra de coco/casca de arroz carbonizada apresentou um bom crescimento (GRÁFICO 7).

Apesar das diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada apresentarem resultados adequadas, quando combinada com fibra de coco, a sua utilização não é recomendada, visto que não acarretou em maior crescimento e também a maior praticidade da utilização da casca de arroz carbonizada em sua forma íntegra.

A combinação de bio sólido/fibra de coco apresentou resultado superior em relação ao bio sólido/casca de arroz carbonizada, porém mesmo assim não satisfatório (GRÁFICO 7).

Resultados semelhantes foram observados por Knapik (2005, p. 40), onde mudas de *Mimosa scabrella*, apresentaram diâmetros variando de 1,13 a 2,10 mm e Bonnet (2001, p. 98) mensurou 2,01 mm de diâmetro nas mudas produzidas a base de substrato comercial/bio sólido compostado (70/30).

Nóbrega *et al.* (2007, p. 242) observou uma tendência de aumento no diâmetro de colo de mudas de *Schinus terebinthifolius* com a adição de bio sólido ao solo até a proporção de 37% de bio sólido e Trigueiro e Guerrini (2003, p. 156) verificaram maior diâmetro de colo em mudas de *Eucalyptus grandis* nos substratos contendo de 40 e 50 % de BIO combinado com casca de arroz carbonizada. Desta forma, o bio sólido é viável para algumas espécies, porém não para a *Mimosa scabrella*.

4.2.4 Biomassa fresca e seca da parte aérea e radicial

Quanto a biomassa fresca e seca, o mesmo comportamento foi verificado para a parte aérea e radicial. Nos Gráficos 8 A e 8 B observa-se que os

componentes renováveis casca de arroz carbonizada, suas diferentes granulometrias e fibra de coco apresentaram-se adequados para produção de mudas de *Mimosa scabrella*, não diferindo-se do substrato comercial a base de casca de pinus e do substrato não renovável vermiculita/casca de arroz carbonizada. Enquanto que o componente bio sólido não foi considerado apto, visto o menor crescimento das mudas produzidas nos substratos formulados com esse material.

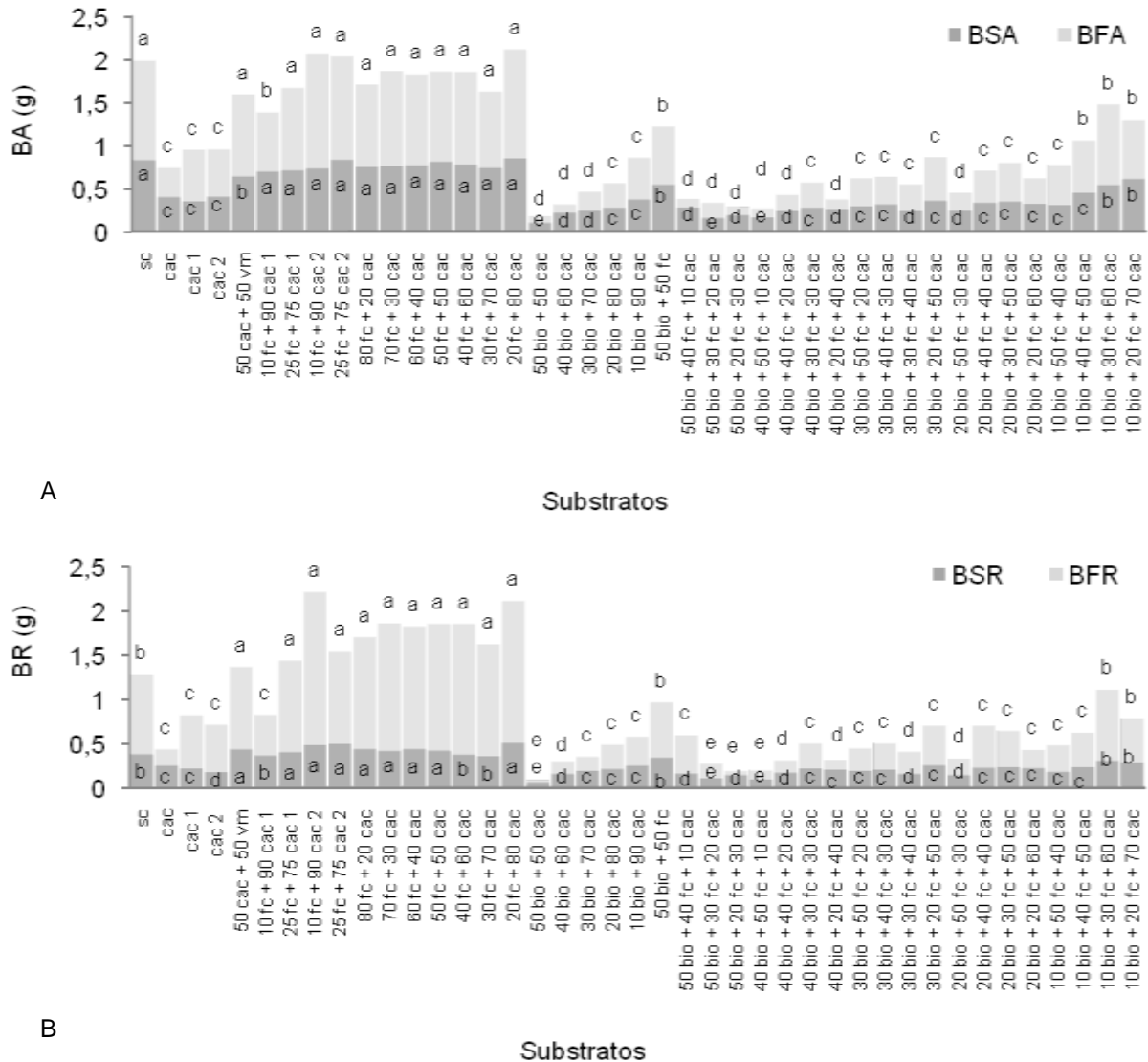


GRÁFICO 8 - BIOMASSA FRESCA E SECA AÉREA (BFA, BSA) DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS (A). BIOMASSA SECA E FRESCA RADICIAL (BSR, BFR) DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS (B).

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Bio sólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Trigueiro (2002, p. 42) observou que à medida que diminuiu a dose de bio sólido no substrato houve um efeito positivo no acúmulo de matéria seca de raiz até a proporção 50/50 (BIO/CAC) em mudas de *Pinus taeda*, obtendo-se, desta maneira, uma muda com maior probabilidade de sobrevivência no campo.

Cunha *et al.* (2006, p. 210) obtiveram bons resultados com bio sólido inoculado com *Rhizobium* como substrato para produção de mudas de *Acacia mangium*, enquanto que esse componente combinado com subsolo na proporção 1:3 não teve boa produtividade. Isso indica que o bio sólido quando utilizado puro é a forma mais viável tecnicamente para produzir mudas de acácia, concluindo desta forma que o substrato depende da espécie a ser produzida.

Bonnet (2001, p. 98) observou 1,81 e 2,78 g de biomassa seca aérea e radicial, respectivamente em mudas de *Mimosa scabrella* produzidas em lodo compostado, enquanto que mudas produzidas em lodo alcalinizado produziram biomassa aérea e radicial de 0,43 e 0,63 g, respectivamente. Esta resposta está relacionada a disponibilidade de nutrientes, onde o pH do lodo alcalinizado é de 5,0 e o compostado 8,8, além da estrutura física do substrato formulado, visto que o lodo compostado apresenta melhores condições físicas de crescimento da muda quando comparado com o lodo *in natura*.

4.2.5 Facilidade de retirada do tubete

Quanto à variável facilidade de retirada do tubete, os que apresentaram maior facilidade foram aqueles substratos que proporcionaram o menor crescimento das mudas, conforme pode ser observado na Figura 2 e no Anexo 7, sendo aqueles formulados a base de bio sólido (GRÁFICO 9).

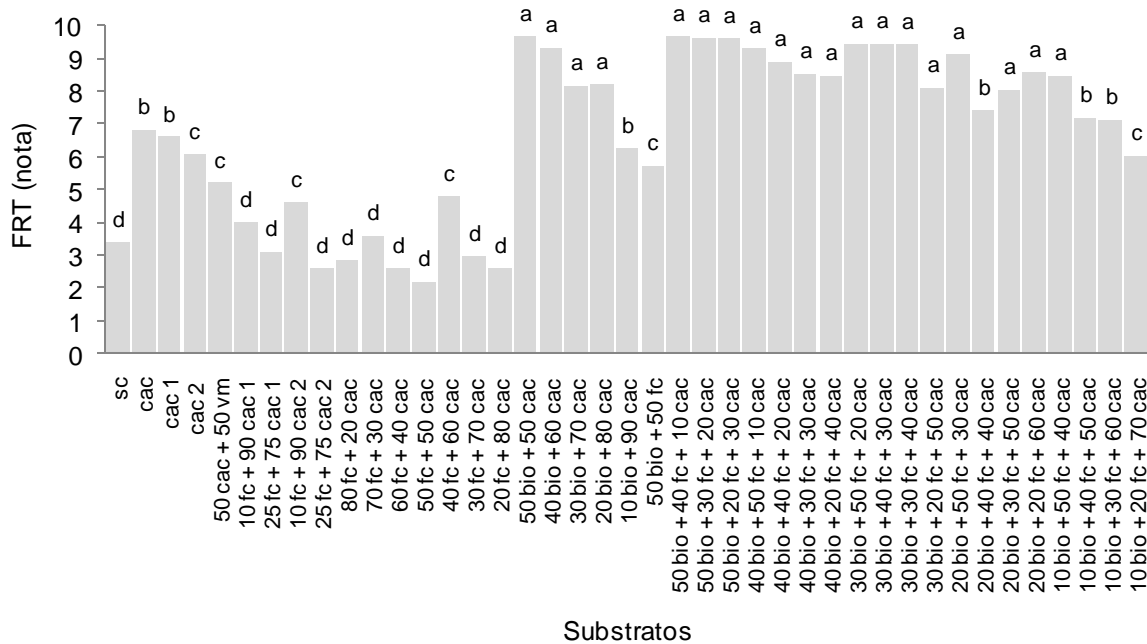


GRÁFICO 9 - FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

A dificuldade apresentada na extração da muda do tubete está relacionada a maior quantidade de raízes dentro do tubete, ocasionando maior compactação, dificultando a liberação do torrão. Para o *Eucalyptus benthamii* encontrou-se resultado contrário, onde as mudas com maior enraizamento apresentaram também maior facilidade de retirada, porém deve-se observar que a massa das raízes da *Mimosa scabrella* (0,27 g) é muito superior a massa do *Eucalyptus benthamii* (0,13 g), sendo que ambas as espécies foram produzidas em tubetes de 55 cm³.

Esta variável segundo Wendling, Guastala e Dedecek (2007, p. 215) é muito importante, visto que determina a rapidez de preparação das mudas no momento da expedição, além de que, em substratos difíceis de serem retirados da embalagem, pode ocorrer a desintegração do torrão formado. Porém, é preferível gastar um maior tempo no preparo das mudas para a expedição, do que ter mudas com baixo enraizamento e um torrão mal formado, o qual vai expor as raízes, causando o ressecamento das mesmas.

Trigueiro e Guerrini (2003, p. 157) observaram resultados semelhantes, onde o substrato comercial a base de casca de pinus, apresentou maior dificuldade na extração do torrão, visto maior enraizamento de mudas de eucalipto neste substrato quando comparado com os tratamentos que continham 80/20 e 60/40 de biofóssido/casca de arroz carbonizada.

4.2.6 Agregação das raízes ao substrato

Quanto à agregação das raízes ao substrato, os melhores resultados observados foram apresentados pelos materiais renováveis a base de casca de arroz carbonizada e fibra de coco e o substrato comercial a base de casca de pinus (GRÁFICO 10).

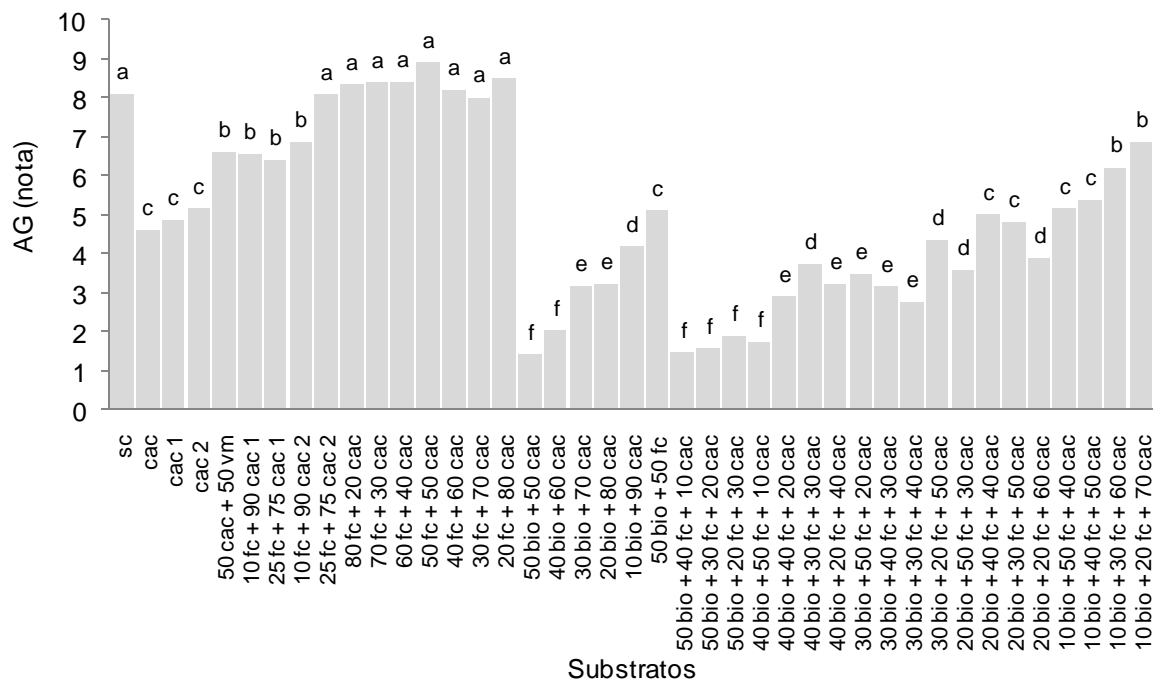


GRÁFICO 10 - AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG) DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biofóssido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Os substratos contendo as maiores concentrações de biossólido e as diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada combinada ou não com fibra de coco e o substrato vermiculita/casca de arroz carbonizada foram os que apresentaram maior esboroamento do torrão, devido à falta de agregação desses componentes (GRÁFICO 10).

A correlação entre as variáveis biométricas: altura, diâmetro e biomassa radicial e aérea com a agregação das raízes ao substrato pode ser observada na figura 3 (ANEXO 7).

Resultados semelhantes foram encontrados por Trigueiro (2002, p. 43) com mudas de Pinus, onde aquelas com enraizamento mais vigoroso apresentaram torrões mais firmes, sendo aqueles formulados com 70/30, 60/40 e 50/50 de biossólido/casca de arroz carbonizada, em contrapartida o substrato com 60 % de casca de arroz carbonizada notou-se falta de estrutura do substrato.

4.2.7 Índices de avaliação de qualidade das mudas - H/DC, IQD

Quanto à relação H/DC, os maiores valores foram observados nas mudas produzidas nos substratos renováveis formulados a partir de fibra de coco combinada com casca de arroz carbonizada em sua forma íntegra e nas diferentes granulometrias, não diferindo do substrato comercial a base de casca de pinus, assim como o tratamento não renovável vermiculita/casca de arroz carbonizada (GRÁFICO 11).

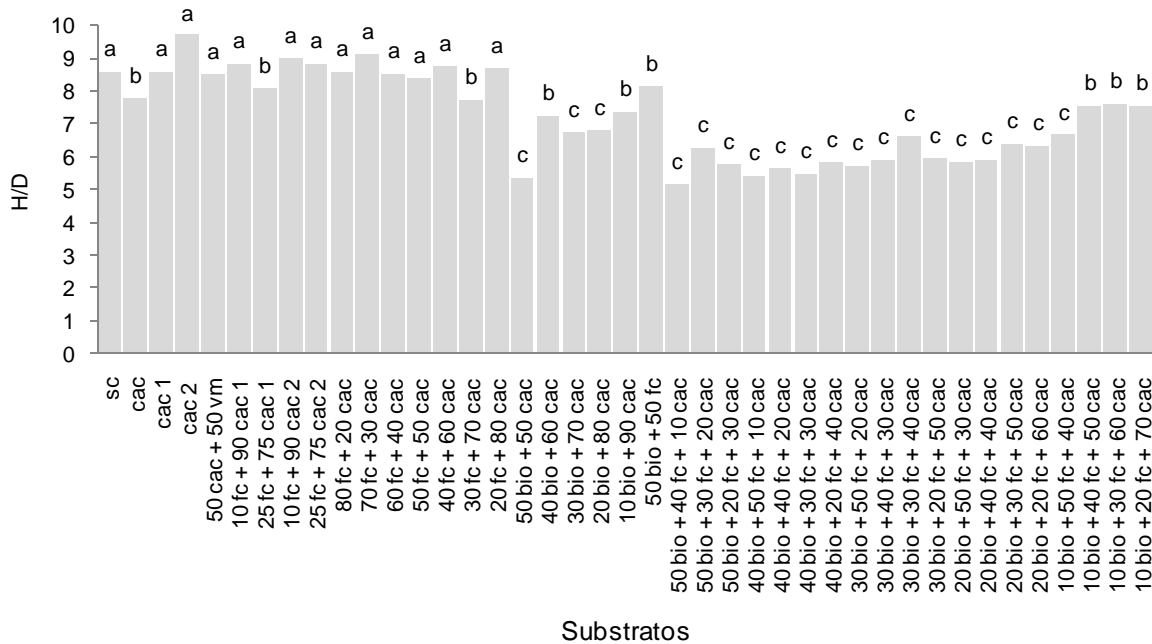


GRÁFICO 11 - RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/DC) AOS 150 DIAS DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS.

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Conforme a indicação de Carneiro (1995, p. 81), a relação H/DC deve situar-se entre 5,4 a 8,1. Desta forma apenas os piores tratamentos, em relação à altura, diâmetro e biomassa, enquadram-se dentro da faixa considerada adequada (GRÁFICO 11). Logo, deve-se ficar atento a faixa recomendada, visto que esta pode não ser a mais adequada para a espécie em questão, pois as mudas produzidas nos substratos com maior relação H/DC são também as que apresentavam maior aptidão ao plantio em campo, visualmente.

Bonnet (2001, p. 93) observou uma relação H/DC de 10,7 em mudas de *Mimosa scabrella* produzidas em substratos contendo 30% de lodo compostado e 70% de substrato comercial, enquanto que o substrato com 30% de lodo alcalinizado apresentou H/DC de 4,6, corroborando com os resultados encontrados nesse estudo, onde o biossólido utilizado in natura não se apresentou viável para a produção de mudas de *Mimosa scabrella*. Segundo esse autor a resposta ao lodo compostado esta relacionada a maior disponibilidade de nutrientes desse componente, visto que o pH do lodo alcalinizado é de 5,0 e do compostado 8,8.

Para o IQD, como para as outras características avaliadas os melhores tratamentos foram aqueles formulados a base dos componentes renováveis casca de arroz carbonizada e suas diferentes granulometrias combinadas com fibra de coco, e o substrato comercial a base de casca de pinus, assim como o tratamento não renovável vermiculita/casca de arroz carbonizada (GRÁFICO 12).

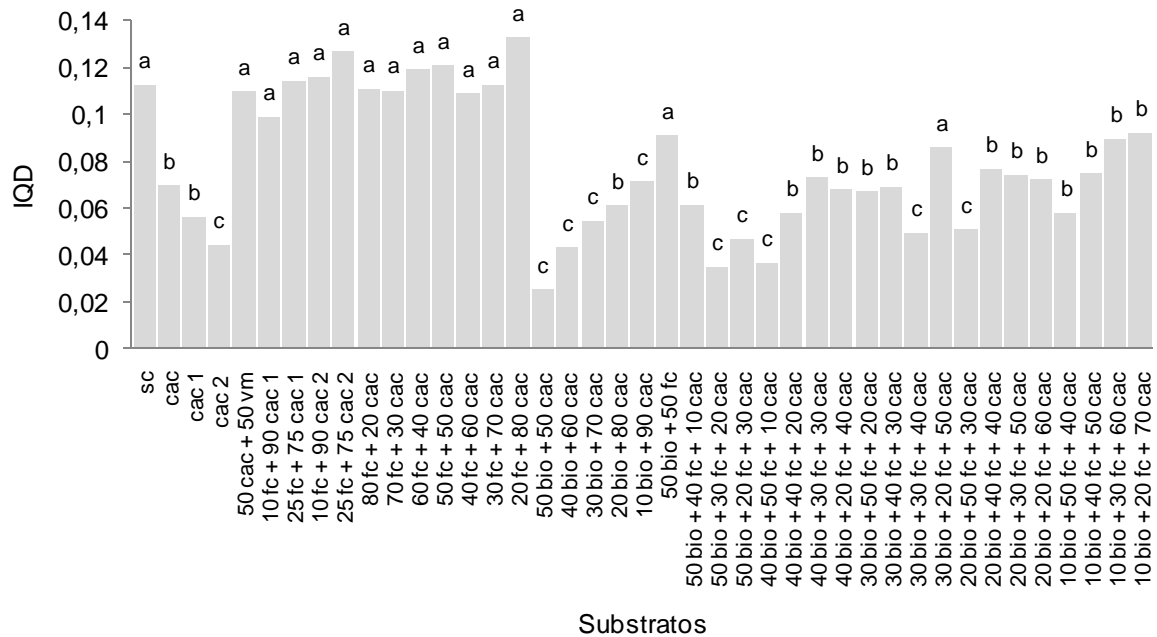


GRÁFICO 12 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) AOS 150 DIAS DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS AOS 150 DIAS. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada Original; CAC 1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 e 1 mm; CAC 2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,25 e 0,5 mm.

Vários autores citam um valor mínimo de 0,20 para o IQD, desta forma nenhum dos tratamentos estudados atingiu o valor mínimo recomendado (GRÁFICO 12). Porém deve-se lembrar que esse índice, segundo Gomes e Paiva (2004, p. 101) foi desenvolvido para mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*, podendo não ser aplicado para mudas de *Mimosa scabrella*, pois se observou alta qualidade das mudas nos melhores tratamentos e estes não atingiram o valor mínimo de IQD indicado.

4.3 ANÁLISE DE SUBSTRATOS

Os resultados das análises físico-químicas e de macronutrientes e matéria orgânica estão representados nos Anexos 3 e 4.

4.3.1 Densidade aparente

Segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4), nenhum dos substratos analisados ultrapassou o limite máximo de densidade ($> 500 \text{ kg m}^{-3}$), porém a maioria apresentou densidade abaixo da recomendada por esses autores ($< 250 \text{ kg m}^{-3}$) (ANEXO 4). Para Martínez (2002, p. 56) a densidade indica o peso do substrato, fator considerado importante para o transporte, manipulação dentro do viveiro e ainda na estabilidade das plantas. Deve-se lembrar que substratos muito leves não apresentam um bom suporte para as plantas, assim como substratos muito densos podem prejudicar o crescimento radicial das mudas, através da impedância mecânica. Porém, como pode ser observado os substratos com densidade considerada baixa, segundo a classificação de Gonçalves e Poggiani, apresentaram um bom crescimento das mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Mimosa scabrella*, não sendo este um fator limitante.

Observa-se no Anexo 4, que a densidade dos substratos aumentou na medida em que se acrescentou maiores proporções de biossólido aos componentes fibra de coco e casca de arroz carbonizada, assim como também ocasionou um aumento na microporosidade e teor de água facilmente disponível.

A combinação de diferentes proporções de fibra de coco/casca de arroz carbonizada proporcionou uma pequena mudança na densidade, porém o aumento do componente fibra de coco ocasionou ao substrato formulado maior microporosidade, porcentagem de água facilmente disponível, diminuindo o espaço de aeração, além de promover diminuição do pH (ANEXO 4).

Na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* a densidade teve correlação apenas com a agregação das mudas ao substrato ($R = -0,62^{**}$), sendo que quanto maior a densidade, menor foi a qualidade do torrão formado, conforme observado

nas mudas produzidas a base de biossólido (ANEXO 6). Para a *Mimosa scabrella*, por outro lado, observou-se correlação negativa entre a densidade e a altura das mudas aos 150 dias ($R = -0,65^{**}$), diâmetro de colo aos 150 dias ($R = -0,67^{**}$), biomassa seca aérea ($R = -0,64^{**}$), biomassa seca radicular ($R = -0,64^{**}$), agregação das mudas ao substrato ($R = 0,75^{**}$) e correlação positiva com a facilidade de retirada do tubete ($R = 0,65^{**}$).

4.3.2 Porosidade total, espaço de aeração, microporosidade

A porosidade total apresentou baixa variação entre os substratos formulados, diferentemente do espaço de aeração e da microporosidade. Os substratos a base de fibra de coco e biossólido foram os que apresentaram maior microporosidade e teor de água facilmente disponível (ANEXO 4).

Noguera *et al.* (2000, p. 282 e 285) analisando as propriedades físicas e químicas de turfa e fibra de coco comprovaram que estes elementos apresentam características parecidas. Desta forma, a fibra de coco tem potencial para substituir a turfa, visto que esse material não é renovável. Apresenta porosidade total média de 95,9%, espaço de aeração de 45,3 %, água facilmente disponível de 18,6 % e pH 5,73; valores esses parecidos com os substratos analisados com maior concentração de fibra de coco (Noguera *et al.*, 2000, p. 284).

O acréscimo de casca de arroz carbonizada nos substratos ocasionou um aumento no espaço de aeração e diminuição na capacidade de retenção de água, enquanto que os componentes fibra de coco e biossólido manifestaram efeito contrário (ANEXO 4). Esse resultado corrobora com Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4), os quais citam que materiais com baixa densidade, como materiais incinerados, elevam a macroporosidade das misturas e reduzem a capacidade de retenção de água do substrato.

Guerrini e Trigueiro (2004, p. 1073) encontraram resultados semelhantes, onde o acréscimo de biossólido a casca de arroz carbonizada ocasionou um aumento na microporosidade e capacidade de retenção de água. Segundo esses autores a utilização de altas doses de casca de arroz carbonizada torna-se inviável, em virtude do alto consumo de água para irrigação.

Schmitz, Souza e Kämpf (2002, p. 942) observaram que a adição de casca de arroz carbonizada à turfa reduziu o excesso de água, amenizando os problemas com excesso de umidade apresentados por esse material orgânico.

Conforme os valores indicados como adequados para porosidade total dos substratos por Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4), a maioria dos substratos são considerados adequados, estando estes na faixa de 75 a 85 % (ANEXO 4). Essa característica segundo, Kämpf (2005, p. 48) é de fundamental importância para o crescimento das plantas, visto que a alta concentração de raízes formadas nos recipientes exigem elevado fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado. Desta forma o substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de oxigênio para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio.

Para o espaço de aeração ou macroporosidade apenas os substratos contendo 100 % de casca de arroz carbonizada, acima de 50% de casca de arroz carbonizada combinada com fibra de coco, mais de 70 % de casca de arroz carbonizada combinado com biossólido, 20/20/60, 10/40/50, 10/30/60 e 10/20/70 (biossólido/fibra de coco/ casca de arroz carbonizada) tiveram valores considerados altos (acima de 50 %) por Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4). No entanto, estão próximos da faixa considerada adequada (35 - 45 %) (ANEXO 4).

Quanto à microporosidade apenas o substrato contendo 100 % de casca de arroz carbonizada apresentou baixo valor, enquanto que aqueles contendo 10/90, 25/75 (fibra de coco/casca de arroz carbonizada 0,5 - 1mm), 10/90, 25/75 (fibra de coco/casca de arroz carbonizada 0,25 - 0,5 mm) e aqueles formulados com doses acima de 40 % de biossólido, combinado com fibra de coco/casca de arroz carbonizada apresentaram alta microporosidade (acima de 55 %) (ANEXO 4).

Observa-se que os substratos formulados a partir de casca de arroz carbonizada peneirada apresentaram maior microporosidade, o que corrobora com os resultados de Fermino (2003, p. 48), o qual cita que o tamanho das partículas tem influência determinante sobre o volume de água e ar do substrato, onde altas proporções de partículas maiores tornam o meio com grande espaço de aeração, enquanto que partículas menores fecham os poros, aumentando a capacidade de retenção de água e diminuindo o espaço de aeração.

Com base nos resultados de macro e microporosidade, observa-se que a maioria dos substratos estudados enquadraram-se como adequados quanto essas

características, com base no proposto por Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4). Para Ferrari (2003) a porosidade deve apresentar um bom equilíbrio entre os microporos que retêm água, e os macroporos que retêm ar.

A microporosidade e o espaço de aeração influenciaram na qualidade do torrão formado nas mudas de *Eucalyptus benthamii*, onde os substratos que apresentaram em média maior espaço de aeração proporcionaram maior agregação das mudas ao substrato sendo aqueles formulados a base de fibra de coco/casca de arroz carbonizada. Logo aqueles com maior microporosidade, ou seja, os substratos formulados a base do componente renovável bio-sólido apresentaram qualidade do torrão formado inferior aqueles formulados apenas pelos componentes fibra de coco/casca de arroz carbonizada. Enquanto que para a *Mimosa scabrella* nenhuma correlação foi observada (ANEXO 7).

4.3.3 Água facilmente disponível

Quanto à água facilmente disponível observa-se uma amplitude de variação de 6 % (casca de arroz carbonizada) a 45 % (25/75 – fibra de coco/casca de arroz carbonizada 0,25 - 0,5 mm), onde os substratos formulados a partir de casca de arroz carbonizada peneirada apresentaram valores muito superiores aos demais substratos estudados (ANEXO 4). Zanetti *et al.* (2003, p. 529) observaram que o aumento da granulometria dos substratos comerciais a base de fibra de coco proporcionou uma diminuição no teor de água disponível, proporcionada pela rápida drenagem em materiais com maior granulometria. Nesses casos, segundo os mesmos autores, deve-se priorizar uma maior frequência de irrigação, para evitar prejuízos em vista de possíveis ocorrências de estresse hídrico.

Observa-se no Anexo 4, que a microporosidade e o teor de água facilmente disponível aumentaram na medida que aumentaram os teores de bio-sólido e fibra de coco no substrato formulado.

Segundo De Boodt e Verdonck (1972, p. 40) o teor de água facilmente disponível para as plantas deve representar de 75 a 90 % do valor total de água disponível, devendo desta forma, ser de 20 a 30 %. A partir desta recomendação, a

maioria dos substratos estudados estão localizados dentro da faixa considerada ideal ou então próximos a ela (ANEXO 4).

Para o *Eucalyptus benthamii*, observou-se correlação negativa entre o teor de água facilmente disponível com a altura das mudas ($R = -0,45^*$), diâmetro de colo ($R = -0,42^*$), facilidade de retirada do tubete ($R = -0,58^*$) e agregação das mudas ao substrato ($R = -0,58^{**}$). Estes dados podem demonstrar que a maioria dos substratos com menor crescimento em altura apresentaram maiores teores de água disponível, revelando que aqueles com maior espaço de aeração permitiram um maior crescimento do sistema radicial.

4.3.4 pH

Quanto ao pH, observa-se que segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4), apenas o substrato comercial, 80/20 e 70/30 (fibra de coco/casca de arroz carbonizada) estão dentro da faixa adequada (5,5-6,5) (ANEXO 4). Segundo Valeri e Corradini (2000, p. 174), em substratos com pH abaixo de 5.0 pode ocorrer a deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto que em pH acima de 6.5 são esperados deficiências de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre.

Mesmo com pH acima da faixa considerada adequada, as mudas produzidas nesses substratos apresentaram crescimento satisfatório das mudas de *Eucalyptus benthamii*. Porém, para a *Mimosa scabrella* o aumento do pH teve efeito negativo para a altura das mudas aos 150 dias ($R = -0,80^{**}$), diâmetro de colo ($R = -0,80^{**}$), biomassa seca aérea ($R = -0,80^{**}$), biomassa seca radicular ($R = -0,74^{**}$), facilidade de retirada do tubete ($R = 0,79^{**}$) e agregação das raízes ao substrato ($R = -0,81^{**}$). Contudo, deve-se enfatizar que o pH influencia indiretamente nas variáveis facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato, visto que estas estão relacionadas a qualidade do sistema radicular e propriedades físicas dos substratos.

Nesse estudo as mudas de *Mimosa scabrella* que apresentaram maior crescimento foram produzidas em pH variando de 5,47 (SC) a 7,59 (20 FC/80 CAC). A resposta ao pH pode estar relacionada com a ecologia da espécie, visto que os

bracatingais, segundo Carvalho (1994, p. 338) ocorrem em solos pobres, ácidos (pH variando entre 3,5 e 5,5) e bem drenados.

Bonnet (2001, p. 103) trabalhando com diferentes substratos a base de lodo anaeróbico observou no melhor tratamento, a base casca de pinus e lodo compostado (70/30) uma altura média de mudas de *Mimosa scabrella* de 22,08 cm, enquanto que seu pior tratamento, a base de casca de pinus e composto de lodo anaeróbico calado (70/30) apresentou altura média de 6,33 cm. Esse resultado segundo o autor, deve-se ao alto pH do lodo anaeróbico (8,8), o qual diminui a disponibilidade de nutrientes, enquanto que o lodo compostado (pH 5,0) apresenta maior concentração de nutrientes, devido a sua fração orgânica.

4.3.5 Condutividade elétrica e teor total de sais disponíveis

Verifica-se no Anexo 4, que o aumento da dose de biossólido acarreta em um aumento da condutividade elétrica e no teor total de sais solúveis, lembrando que a salinidade é influenciada pela condutividade elétrica e densidade do material, logo os substratos com maior concentração de biossólido são mais salinos devido também a maior densidade.

Guerrini e Trigueiro (2004, p. 1074), observaram que o aumento da concentração de biossólido provocou um aumento na condutividade elétrica, visto a alta concentração de sais deste material. Nesse estudo, os autores observaram que apenas em doses inferiores a 20 % de biossólido, combinado com casca de arroz carbonizada a condutividade elétrica ficou dentro da faixa considerada adequada (1 mS cm⁻¹).

Resultados semelhantes foram encontrados por Maas *et al.* (2010, p. 2), onde a adição de biossólido ao substrato comercial a base de casca de pinus aumentou a condutividade elétrica do substrato, resposta que, segundo os autores está diretamente ligada a alta concentração de micronutrientes encontrados no biossólido.

Segundo Martinez (2002, p. 59) a salinidade inicial do substrato pode afetar o crescimento das plantas, onde valores de condutividade elétrica acima de 3,5 mS cm⁻¹ são considerados excessivos para a maioria das espécies. Desta forma, dentre

os substratos analisados apenas o tratamento contendo 50/20/30 de biossólido/fibra de coco/casca de arroz carbonizada apresentou condutividade elétrica excessiva (ANEXO 4).

Deve-se lembrar que a salinidade presente no momento do cultivo é maior do que a analisada, visto que, a análise dos substratos foi realizada sem a adubação de base, com exceção do substrato comercial, logo a salinidade e a condutividade elétrica presente no substrato durante a produção de mudas foi maior, visto a as adubações realizadas semanalmente. Desta forma, recomenda-se realizar as análises físicas e químicas antes do cultivo.

Segundo a classificação de Röber e Schaller ⁵ (1985) *apud* Kämpf (2005, p. 59), observa-se no Anexo 4, que o substrato comercial apresentou salinidade extremamente alta (5,86 g L⁻¹) e que parte dos substratos contendo biossólido apresentaram salinidade considerada tóxica (> 7,0 g.L⁻¹), extremamente alta (5,0 a 7,0 g L⁻¹), muito alta (4,0 a 5,0 g L⁻¹) e alta (2,0 a 4,0 g L⁻¹). Já os substratos que continham apenas fibra de coco e casca de arroz apresentaram salinidade dentro da faixa considerada baixa (< 1,0 g L⁻¹) e normal (1,0 a 2,0 g L⁻¹).

Os altos níveis de salinidade não prejudicaram o crescimento das mudas de *Eucalyptus benthamii*, demonstrando que esta espécie suporta concentrações mais elevadas de salinidade. Enquanto que para a *Mimosa scabrella*, apenas o substrato comercial com alta salinidade apresentou crescimento satisfatório das mudas, enquanto que nos demais substratos salinos esta propriedade influenciou negativamente o crescimento das mudas.

A salinidade, para a *Mimosa scabrella*, apresentou correlações negativas com a altura das mudas aos 150 dias (R= - 0,76**), diâmetro de colo aos 150 dias (R= - 0,73**), biomassa seca aérea (R= - 0,68**), biomassa seca radicial (R= - 0,65**), agregação das mudas ao substrato (R= - 0,77**) e positiva com a facilidade de retirada do tubete (R= 0,72**) (ANEXO 7). Porém, em relação à agregação das raízes ao substrato e facilidade de retirada do tubete, a salinidade apresenta influência indireta, visto que a qualidade do torrão está relacionada diretamente com a qualidade do sistema radicial e propriedades físicas do substrato.

O menor crescimento das mudas de *Mimosa scabrella* nos substratos com alta condutividade elétrica e salinidade está relacionada ao fato que altos valores de

⁵ RÖBER, R. SCHALLER, K. **Plantzenernährung im Gerbau**. 3 ed. Sttugart. Ulmer, 1985. 352 p.

condutividade elétrica, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pêlos radicial, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica, conseqüentemente diminuindo o crescimento das plantas (RODRIGUES, 2002).

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido consideradas tolerantes à salinidade, pois Mendonça *et al.* (2010, p. 261) verificou que mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta* apresentaram-se resistentes a salinidade até a condutividade elétrica de $8,33 \text{ dS m}^{-1}$, observando que a mesma não provocou redução no teor de clorofila, o que em plantas sensíveis a salinidade causa degradação deste elemento.

4.3.6 Macronutrientes

Os resultados das análises de nutrientes apresentados no Anexo 5, mostram que a presença do componente biossólido acarreta em um aumento na concentração de Ca, Mg, S e diminuição na concentração de P e K.

Resultados semelhantes foram encontrados por Guerrini e Trigueiro (2004, p. 1075), onde o acréscimo de biossólido à casca de arroz carbonizada ocasionou um aumento da concentração de N, P, Ca, Mg, S e na quantidade de matéria orgânica. Nesse estudo a biossólido apresentou baixa concentração de P, comprovando desta forma, que é um material heterogêneo, e que sua composição varia segundo as características dos esgotos e sua forma de tratamento.

Comportamento semelhante foi verificado por Nóbrega *et al.* (2007, p. 247) onde o acréscimo de biossólido a dois tipos de solo (Neossolo e Latossolo) proporcionou um aumento P, K, Ca e Mg, assim como no teor de matéria orgânica.

A casca de arroz carbonizada apresentou baixa concentração de todos os elementos analisados, quando comparada com os demais substratos e quando adicionada aos demais componentes ocasionou a diminuição de todos os nutrientes (ANEXO 5).

Segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4) a maioria dos substratos analisados apresentam baixa concentração de K ($<1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Apenas os substratos contendo concentrações de até 70 % de casca de arroz

carbonizada combinada com fibra de coco apresentaram níveis adequados de potássio (3,0 - 10,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Observa-se também que os substratos formulados com diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada apresentaram maior concentração deste elemento, quando comparado com a casca de arroz carbonizada em sua forma íntegra.

Para o *Eucalyptus benthamii* o K apresentou correlação negativa com as variáveis morfológicas: altura da parte aérea aos 90 dias ($R = -0,48^*$) e diâmetro de colo aos 90 dias ($R = -0,48^*$) (ANEXO 6). Enquanto que para a *Mimosa scabrella* verificou-se correlação positiva com a altura da parte aérea aos 150 dias ($R = 0,61^{**}$), diâmetro de colo aos 150 dias ($R = 0,55^*$), biomassa seca aérea ($R = 0,52^*$), biomassa seca radicial ($R = 0,52^*$), agregação das raízes ao substrato ($R = 0,53^*$) e correlação negativa com a facilidade de retirada do tubete ($R = -0,56^*$) (ANEXO 7).

A concentração de cálcio foi adequada apenas para o substrato comercial a base de casca de pinus e os demais substratos analisados apresentaram baixa concentração ($< 10 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), segundo Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4). Observa-se que o incremento de bio-sólido e fibra de coco ao componente casca de arroz carbonizada proporcionou um pequeno aumento no teor de cálcio (ANEXO 5).

O substratos formulados a partir de 20 % de bio-sólido apresentaram altos níveis de Mg ($> 10 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), doses inferiores a 20 % de bio-sólido combinado com fibra de coco/casca de arroz carbonizada e o substrato comercial a base de casca de pinus enquadraram-se na faixa considerada adequada (5 -10 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) (ANEXO 5). Enquanto que os tratamentos formulados com apenas fibra de coco/casca de arroz carbonizada mostraram baixos níveis de Mg ($< 5 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4) (ANEXO 5).

O magnésio apresentou correlação negativa com a altura das mudas de *Mimosa scabrella* aos 150 dias ($R = -0,83^{**}$), diâmetro de colo ($R = -0,79^{**}$), biomassa seca aérea ($R = -0,76^{**}$) e biomassa seca radicial ($R = -0,73^{**}$) (ANEXO 7). Fato que pode estar ligado à alta concentração de magnésio nos substratos a base de bio-sólido, o qual foi um dos fatores que prejudicaram o crescimento das mudas.

A concentração de fósforo (P) foi adequada apenas para o substrato comercial a base de casca de pinus, tendo os demais substratos analisados apresentado baixa ($< 200 \text{ mg dm}^{-3}$) e média (200-400 mg dm^{-3}) concentração, segundo Gonçalves e Poggiani (1996, p. 4) (ANEXO 5). Observa-se que os maiores teores de P, são encontrados nos substratos com maiores proporções de fibra de

coco, seguida de casca de arroz carbonizada (ANEXO 5). A adição de biossólido ocasionou decréscimo na concentração de P nos substratos formulados (ANEXO 5).

O P apresentou correlação positiva no crescimento em altura aos 150 dias ($R= 0,72^{**}$), diâmetro de colo aos 150 dias ($R= 0,72^{**}$) e biomassa seca aérea ($R= 0,68^{**}$) de mudas de *Mimosa scabrella* (ANEXO 7).

No que se refere, a concentração de nitrogênio disponível, observou-se que o aumento nas proporções de fibra de coco nos substratos, proporcionou um pequeno aumento na concentração deste elemento, seguido dos componentes casca de arroz carbonizada e biossólido.

Quanto à concentração de enxofre, o substrato comercial e aqueles formulados a base de biossólido apresentaram as maiores concentrações deste elemento, quando comparado com os substratos a base de fibra de coco e casca de arroz carbonizada (ANEXO 5). Para a *Mimosa scabrella*, verificou-se correlação negativa com a altura da parte aérea aos 150 dias ($R= -0,58^{**}$), diâmetro de colo aos 150 dias ($R= -0,55^{*}$), biomassa seca aérea ($R= -0,51^{*}$) e biomassa seca radicial ($R= -0,53^{*}$), indicando desta forma, que quanto maior a concentração de enxofre, menor foi o crescimento das mudas (ANEXO 7)

Porém deve-se observar que as mudas de *Mimosa scabrella* produzidas no substrato comercial apresentaram um bom crescimento, sendo este um dos melhores tratamentos analisados, e este apresentou concentrações de S superior ao biossólido, desta forma não se pode afirmar que este elemento foi prejudicial ao crescimento das mudas de *Mimosa scabrella*.

4.3.7 Matéria orgânica

Os maiores teores de matéria orgânica foram observados nos substratos a base de biossólido, apresentando estes valores variando de 43,18 a 65,88 %, seguido do substrato comercial a base de casca de pinus com 48,55 %. Os substratos a base de casca de arroz carbonizada e fibra de coco apresentaram os menores teores de matéria orgânica, variando de 15,25 a 26,92 % (ANEXO 5).

A matéria orgânica, conforme observado no Anexo 7, apresentou correlação negativa no crescimento das mudas de *Mimosa scabrella*. Porém, deve-se observar

que o substrato comercial apresentou teores de matéria orgânica similares aos substratos a base de bio sólido, logo não se pode afirmar que apenas os altos teores de matéria orgânica foram prejudiciais ao crescimento das mudas de *Mimosa scabrella*.

A resposta apresentada pelas mudas de *Mimosa scabrella* ao teor de matéria orgânica associada ao alto pH, pode estar relacionada com a ecologia da espécie, visto que os bracatingais, segundo Carvalho (1994, p. 338) ocorrem em solos pobres, ácidos (pH variando entre 3,5 e 5,5) e bem drenados. E conforme pode ser observado no Anexo 4, o pH do substrato comercial foi de 5,47, propiciando um bom crescimento das mudas mesmo com altos teores de matéria orgânica, enquanto que o pH dos substratos a base de bio sólido variou de 7,76 a 9,06 associada a altos níveis de matéria orgânica.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com base nos resultados obtidos, observou-se respostas diferentes para as duas espécies estudadas, comprovando desta forma a necessidade de se avaliar o substrato antes de utilizá-lo em escala comercial. Para o *Eucalyptus benthamii* todos os componentes renováveis foram viáveis tecnicamente, enquanto que para a *Mimosa scabrella*, o biossólido apresentou-se inviável, visto a baixa produtividade alcançada com a adição deste elemento para a composição dos substratos.

De maneira geral, para a altura das mudas de *Eucalyptus benthamii*, todos os substratos formulados foram viáveis tecnicamente, pois mesmo aqueles que proporcionaram menor crescimento apresentaram altura média de 18,39 cm, superior aos 15 cm, mínimo exigido para o plantio em campo de eucalipto. No entanto, os substratos a base de fibra de coco/casca de arroz carbonizada, biossólido/casca de arroz carbonizada e doses de 40 e 50 % de biossólido combinado com diferentes proporções de fibra de coco/casca de arroz carbonizada proporcionaram maior crescimento das mudas de *Eucalyptus benthamii*, apresentando altura média de 21,31 cm.

Para a *Mimosa scabrella* o componente biossólido apresentou-se inviável para produção de mudas, visto ao baixo crescimento obtido neste componente. O substrato comercial a base de casca de pinus e as diferentes combinações de fibra de coco/casca de arroz carbonizada apresentaram crescimento satisfatório das mudas de *Mimosa scabrella*, sendo os demais substratos analisados inviáveis para produção de mudas desta espécie. Para o *Eucalyptus benthamii* o substrato não apresentou influência significativa sobre o diâmetro de colo. Enquanto que para a *Mimosa scabrella* a resposta do diâmetro ao substrato foi a mesma que a observada para a altura das mudas.

Quanto à facilidade de retirada do tubete das mudas de *Eucalyptus benthamii* observou-se de média a alta facilidade, não havendo diferenças destacadas entre os tratamentos. Já para *Mimosa scabrella* os substratos que apresentaram maior facilidade foram aqueles que proporcionaram o menor crescimento das mudas, sendo aqueles formulados com biossólido. A diferente resposta obtida pelas espécies está relacionada ao volume de raiz presente no substrato, onde a massa das raízes da *Mimosa scabrella* (0,27 g) é muito superior a massa do *Eucalyptus*

benthamii (0,13 g), sendo que ambas as espécies foram produzidas em tubetes de 55 cm³.

Quanto à agregação das raízes ao substrato de *Eucalyptus benthamii* os substratos a base de casca de arroz peneirada, substrato comercial e a maioria dos tratamentos contendo bio sólido proporcionaram menor índice de agregação, devido à falta de estrutura do substrato. Resultados semelhantes foram encontrados para a *Mimosa scabrella*, onde se observou claramente que os substratos que apresentaram maior crescimento foram os que tiveram maior qualidade do torrão formado.

Os índices de avaliação de qualidade da muda, relação altura e diâmetro de colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IDQ), para as duas espécies não se mostraram adequados para a avaliação da qualidade, visto que os valores não se enquadram dentro do indicado como ideal pela literatura e, conforme observado no viveiro, as mudas com maior crescimento apresentavam-se aptas ao plantio definitivo.

As propriedades físicas e químicas dos diferentes substratos estudados foram adequadas para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*, enquanto que para a *Mimosa scabrella* a densidade, matéria orgânica, pH, condutividade elétrica, salinidade, concentração de magnésio e fósforo influenciaram no crescimento das mudas.

6 CONCLUSÕES

- Para ambas as espécies, os melhores substratos estudados foram aqueles formulados a base de materiais renováveis, fibra de coco e casca de arroz carbonizada, nas diferentes proporções analisadas.
- O substrato comercial a base de casca de pinus apresentou melhor desempenho apenas para a *Mimosa scabrella*.
- Todos os substratos renováveis analisados foram adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*.
- O peneiramento da casca de arroz não se justifica, quando comparado com a casca de arroz carbonizada na sua forma íntegra, para ambas as espécies.
- A casca de arroz carbonizada pura apresentou-se viável para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*, enquanto que para *Mimosa scabrella* a mesma deve ser combinada com fibra de coco.
- Para *Mimosa scabrella* apenas o componente renovável bio-sólido apresentou-se inviável para a produção de mudas.
- Para *Eucalyptus benthamii* o bio-sólido e as diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada apresentaram baixa agregação das raízes ao substrato.
- Para *Eucalyptus benthamii* quanto maior a agregação do substrato às raízes, maior a facilidade de retirada das mudas do tubete, enquanto que para a *Mimosa scabrella*, se observou um efeito contrário.
- Mensurações de altura e diâmetro anteriores a avaliação final não são correlacionáveis para predição do resultado final.
- A quantificação da biomassa fresca não se faz necessária, visto a não predição da biomassa seca.
- O *Eucalyptus benthamii* mostrou maior plasticidade ao substrato em relação à *Mimosa scabrella*.

REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2010, ano base 2009/ ABRAF**. Brasília, 2010. 140 p.

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

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**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Revista Ambiência**, Irati, v. 5, n. 2 Maio/Ago. 2009.

ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 93-121.

BAITEL, D. P.; CALDEIRA, M. V. W.; LOMBARDI, K. C. Carbonização de casca de arroz para uso em substratos: influência do tempo de processamento na variação de pH. In: FERTIBIO 2008, Londrina. **Resumo expandido...** Londrina: Editora Universidade Estadual de Londrina, 2008.

BIANCHETTI, A. Comparação de tratamentos para superar a impermeabilidade do tegumento de sementes de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, (2), p. 57-68, jun. 1981.

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

BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus viminalis* Lambill. (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbio digerido alcalinizado e compostado**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº375, de 29 de agosto de 2006**. Disponível em: <http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/res37506.pdf>

BRONDANI, G. E. *et al.* Ambiente inicial de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.

BUTCHER, P. A.; SKINNER, A. K.; GARDINER, C. A. Increased inbreeding and inter-species gene flow in remnant populations of the rare *Eucalyptus benthamii*. **Conservation Genetics**, v. 6, n. 2, p. 213-226, 2005.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e Controle de Qualidade de Mudanças Florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.

CARVALHO, P. E. R. *Mimosa scabrella* Benth: bracatinga. In: CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPf / Brasília: EMBRAPA-SPI, p.337-343, 1994.

COUTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; QUEZADA, A. C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29c (*Prunus cerasifera* Ehrh.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 125-128, abr./jun. 2003.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Florestas plantadas avançam Brasil afora. **Campo e Negócio**. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/anteriores/10-09/index.php?referencia=reportagemesp01>>. Acesso em: 20/12/2010.

CUNHA, A. M. *et al.* Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp.* **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.207-214, 2006.

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

EMBRAPA. **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)**. Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1988. 70 p. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 20).

FAUSTINO, R. *et al.* Lodo de esgoto como substrato na produção de Senna siamea Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v 9, (Suplemento), p.278-282, 2005.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 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. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, p.29-37, 2002.

FERRARI, M P. **Cultivo do Eucalipto: Produção de Mudás. Sistemas de Produção** 4. Versão Eletrônica. 2003. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/03_producao_de_mudas.htm>. Acesso em: 16/09/2009.

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

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. (Caderno didático, 72).

GONÇALVES, J.L.M. *et al.* Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.309-350, 2000.

GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia, 1996. **Resumos...** Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CD-ROM, 1996.

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, p. 1069-1076, 2004.

GUIMARÃES, M. M. B. *et al* **Produção de muda de mamoneira em substratos contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizante mineral**. 2º Congresso Brasileiro de Mamona. 2006. Disponível em:
<www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/.../086.pdf> Acesso em: 10/09/2009.

HIGA, R. C. V.; PEREIRA, J. C. D. **Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Comunicado Técnico, 100. Embrapa Florestas, Colombo, Paraná. 4 p. 2003.

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

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores (Paraná). **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n. 4, 30 p, 1962.

KLEIN, V. A. *et al*. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI *et al*. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2002. p. 95.

KNAPIK, J. G. *et al*. 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, p. jul./dez. 2005.

LACERDA, M. R. B. *et al*. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.163-170, 2006.

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.

LIMA, E. A. *Eucalipto benthamii* – Uma alternativa energética para áreas de ocorrência de geadas severas. **Painel Florestal**. 2007. Disponível em:
<http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=410&cod_editoria=4&url_back=news.php&pag=0&busca=>> Acesso em: 20/10/2009.

MAAS, K. D. B. *et al.* Efeito de doses de bio-sólido em substrato para produção de mudas: pH e condutividade elétrica. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas-FERTBIO 2010, Guarapari. **Resumo expandido...** Guarapari, 2010.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. IN: FURLANI, A. M. C. *et al.* **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2002. p. 53-76.

MARTINS FILHO, S. *et al.* Diferentes substratos afetando o desenvolvimento de mudas de palmeiras. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 311, p. 80-86. 2007.

MELO G. H. B.; BORTOLOZZO, A. R.; VARGAS, L. Substratos. In: **Produção de Morangos no Sistema Semi-hidropônico.** Sistemas de Produção, 15. Versão Eletrônica. Ago./2006. Disponível em: <<http://www.cnpqv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/substratos.htm>> Acesso em: 26/09/2009.

MENDONÇA *et al.* Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, abr./jun., 2010.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de plantas. In: NOVAIS, R.F. *et al.* **Fertilidade do solo.** Viçosa, SBCS, 2007. p. 65-90.

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.

MORAIS, S.M.J. *et al.* Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Revista Sanare**, Curitiba, v. 6, p. 44-49, 1997.

MULVANEY, R. L. Nitrogen: Inorganic forms. In: SPARKS, D. L. *et al* (Ed.). **Methods of Soil Analysis.** Madison: SSA Book, 1996. p. 1123 - 1184.

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

NÓBREGA, R. S. *et al.* Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*/Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2. mar./abr. 2007.

NOGUEIRA, A. R. de A.; SOUZA, G. B. de (Ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

NOGUERA, P. A. *et al.* Coconut coir waste, a new viable ecologically - Friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 517, p, 279-286, 2000.

NOVAES, A.B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 118f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

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

OLIVEIRA, R. B. *et al.* 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.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2006. 45 p. (Documentos, 129).

PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125. 1999.

PIO, R. *et al.* Substratos na produção de mudas de jaboticaba. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 425-427, out-dez, 2005.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

ROSA, M. F. *et al.* **Utilização da Casca de Coco como Substrato Agrícola.** Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical.** 2002. 24p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 52).

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y.M.M. de. **Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*).** in: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4.: Bracatinga uma alternativa para reflorestamento, Curitiba, 1981. *Anais...*Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 1-24.

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.

SOUZA, F. X. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 406, p 11. jan/fev, 1993.

SPIER, M. *et al.* Obtenção da curva de retenção de água pelo método da pressão positiva. In: VI Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, Fortaleza. **Resumo expandido...** Fortaleza: Embrapa/CNPAT, 2008. v. 1.

STRINGHETA, A. C. O. *et al.* Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 155-159, 1997.

STURION, J. A. Produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4.: Bracatinga uma alternativa para reflorestamento, Curitiba, 1981. *Anais...*Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 39-52.

TETTO, A. F. Produtos Florestais. In: PARANÁ, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (Org.). **Análise da conjuntura agropecuária safra 2008/09.** Curitiba, 2008, v. 1, 15 p. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/produtos_florestais_0809.pdf> Acesso em: 17/01/2011.

TRIGUEIRO, R. de M. **Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto.** 94 F. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio De 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.

VALERI, S. V., CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.167-.189.

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

WEBER, K. S. **Manejo da bracatinga (*Mimosa scabrella* benth.) baseado no crescimento diamétrico de árvores individuais**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2007.

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.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

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.

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. **Produção de mudas de araucária em tubetes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).

ZANETTI, M. *et al.* Características físicas de substratos para produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n.2, p.507-518, 2003.

ANEXOS

ANEXO 1 - ALTURA AOS 30, 60 E 90 (H 30, H 60 E H 90) DE MUDAS *Eucalyptus benthamii* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Tratamentos	H 30	H 60	H 90
SC	1,75 b	7,70 b	18,93 b
CAC	1,56 b	7,28 b	18,69 b
CAC (0,5 - 1)	1,54 b	6,75 b	17,20 b
CAC (0,25-0,5)	1,8 a	6,86 b	16,62 b
50 CAC + 50 VM	1,47 b	7,80 b	20,74 a
10 FC + 90 CAC (0,5 -1 mm)	1,68 b	7,74 b	18,30 b
25 FC + 75 CAC (0,5-1 mm)	1,5 b	7,44 b	19,05 b
10 FC + 90 CAC (0,25- 0,5 mm)	1,54 b	6,45 b	16,87 b
25 FC + 75 CAC (0,25-0,5 mm)	1,55 b	5,43 b	17,82 b
80 FC + 20 CAC	1,52 b	8,63 b	21,81 a
70 FC + 30 CAC	1,65 b	8,56 b	21,71 a
60 FC + 40 CAC	1,3 b	7,04 b	20,01 a
50 FC + 50 CAC	1,52 b	7,96 b	19,64 a
40 FC + 60 CAC	1,37 b	7,80 b	20,82 a
30 FC + 70 CAC	1,76 b	8,50 b	21,64 a
20 FC + 80 CAC	1,61 b	6,80 b	23,11 a
50 BIO + 50 CAC	1,64 b	7,19 b	20,22 a
40 BIO + 60 CAC	1,6 b	9,09 a	21,98 a
30 BIO + 70 CAC	1,79 b	8,13 b	18,93 b
20 BIO + 80 CAC	1,71 b	7,86 b	20,30 a
10 BIO + 90 CAC	1,33 b	8,71 b	21,08 a
50 BIO + 50 FC	2,25 a	10,47 a	22,51 a
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	1,99 a	10,07 a	22,95 a
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	2,13 a	9,48 a	20,65 a
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	2,03 a	9,40 a	21,72 a
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	2,30 a	11,30 a	23,58 a
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	2,10 a	9,62 a	22,01 a
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	2,19 a	10,43 a	21,56 a
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	1,85 a	9,32 a	20,14 a
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	2,04 a	10,69 a	20,86 a
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	1,92 a	8,09 b	18,69 b
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	2,06 a	7,27 b	19,54 b
30 BIO + 20 FC +50 CAC	1,92 a	8,29 b	18,68 b
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	1,82 a	8,27 b	19,77 b
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	2,12 a	8,13 b	17,99 b
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	1,73 b	8,52 b	19,12 b
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	2,35 a	8,78 b	20,45 a
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	1,51 b	8,27 b	18,97 b
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	1,60 b	6,57 b	17,65
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	1,82 a	7,92 b	18,34 b
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	1,66 b	8,50 b	20,74 a

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada.

ANEXO 2 - ALTURA AOS 30, 60, 90, 120 E 150 DIAS (H 30, H 60, H 90, H 120 E H 150) DE MUDAS *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Tratamentos	H 30	H 60	H 90	H 120	H 150
SC	4,09 b	6,63 a	7,75 a	16,57 a	21,21 a
CAC	3,42 c	5,21 c	6,61 b	10,04 c	12,56 d
CAC (0,5 - 1)	3,53 c	5,12 c	6,19 c	10,13 c	13,65 d
CAC (0,25-0,5)	3,45 c	5,03 c	6,68 b	13,18 b	17,11 b
50 CAC + 50 VM	3,97 b	6,17 b	7,27 b	12,87 b	17,25 b
10 FC + 90 CAC (0,5 -1)	3,57 c	5,18 c	7,01 b	14,71 a	19,41 a
25 FC + 75 CAC (0,5-1)	3,83 b	5,86 b	7,13 b	14,45 a	17,93 b
10 FC + 90 CAC (0,25- 0,5)	3,52 b	5,79 b	7,13 b	14,41 a	19,75 a
25 FC + 75 CAC (0,25-0,5)	3,84 c	6,10 b	7,62 a	16,34 a	21,37 a
80 FC + 20 CAC	3,76 d	5,99 b	7,20 b	13,73 a	19,47 a
70 FC + 30 CAC	4,41 a	6,54 a	7,76 a	15,50 a	20,24 a
60 FC + 40 CAC	4,46 a	6,74 a	8,05 a	14,63 a	19,52 a
50 FC + 50 CAC	4,74 a	6,91 a	8,16 a	15,20 a	19,43 a
40 FC + 60 CAC	4,35 a	6,47 a	7,92 a	14,30 a	19,40 a
30 FC + 70 CAC	4,12 a	6,33 a	7,65 a	14,30 a	18,42 a
20 FC + 80 CAC	4,06 b	6,26 a	8,20 a	14,90 a	20,92 a
50 BIO + 50 CAC	2,88 b	3,56 d	4,01 d	4,51 e	4,80 g
40 BIO + 60 CAC	2,78 b	4,08 d	5,51 c	7,28 e	9,06 e
30 BIO + 70 CAC	2,98 d	4,69 c	6,07 c	8,01 e	9,48 e
20 BIO + 80 CAC	3,03 d	5,26 c	6,73 b	8,57 d	9,76 e
10 BIO + 90 CAC	3,30 c	5,55 b	7,28 b	9,98 c	12,19 d
50 BIO + 50 FC	3,14 d	5,68 b	7,62 a	11,47 b	14,70 c
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	2,83 d	4,19 d	5,08 d	6,12 e	6,56 f
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	3,19 d	4,96 c	5,14 d	6,46 e	7,24 f
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	2,96 d	4,15 d	5,31 d	6,94 e	7,04 f
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	3,08 d	4,60 c	5,66 c	6,60 e	7,08 f
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	3,20 d	4,83 c	6,13 c	7,22 e	7,92 f
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	3,21 d	5,39 c	5,70 c	7,52 e	7,96 f
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	3,21 d	4,96 c	6,04 c	6,61 e	7,75 f
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	3,23 d	5,03 c	6,24 c	8,08 e	8,79 e
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	3,42 c	5,11 c	6,13 c	7,14 e	8,51 e
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	3,05 d	5,05 c	6,16 c	8,74 d	9,33 e
30 BIO + 20 FC +50 CAC	3,33 c	5,50 b	7,02 b	9,20 d	9,93 e
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	3,60 c	5,91 b	7,00 b	7,64 e	8,52 e
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	3,32 c	5,59 b	7,17 b	8,53 d	9,97 e
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	3,41 c	5,62 b	6,53 b	9,10 d	10,14 e
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	3,07 d	5,32 c	6,68 b	8,66 d	9,76 e
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	3,62 c	6,00 b	7,35 b	10,12 c	11,19 d
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	3,69 b	5,76 b	7,54 a	10,77 c	13,42 d
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	3,59 c	6,05 b	7,17 b	10,98 c	13,48 d
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	3,57 c	6,48 a	8,26 a	12,86 b	15,55 c

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada

ANEXO 3 - DIÂMETRO DE COLO AOS 60, 90, 120 E 150 DIAS (DC 30, DC 60, DC 90, DC 120 e DC 150) DE MUDAS *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

Tratamentos	DC 60	DC 90	DC 120	DC 150
SC	1,02 a	1,35 a	1,90 a	2,48 a
CAC	0,79 b	1,20 b	1,17 d	1,61 b
CAC (0,5 - 1)	0,89 a	1,12 c	1,29 d	1,58 b
CAC (0,25-0,5)	0,85 a	1,09 c	1,36 c	1,77 b
50 CAC + 50 VM	0,96 a	1,24 b	1,70 b	2,06 a
10 FC + 90 CAC (0,5 -1)	0,88 a	1,17 b	1,68 b	2,22 a
25 FC + 75 CAC (0,5-1)	0,92 a	1,31 a	1,73 b	2,23 a
10 FC + 90 CAC (0,25- 0,5)	0,95 a	1,26 b	1,71 b	2,21 a
25 FC + 75 CAC (0,25-0,5)	1,03 a	1,30 a	1,99 a	2,43 a
80 FC + 20 CAC	1,00 a	1,36 a	1,69 a	2,27 a
70 FC + 30 CAC	0,96 a	1,38 a	1,92 a	2,26 a
60 FC + 40 CAC	1,10 a	1,34 a	1,97 a	2,30 a
50 FC + 50 CAC	1,02 a	1,45 a	1,90 a	2,34 a
40 FC + 60 CAC	0,97 a	1,30 a	1,79 a	2,24 a
30 FC + 70 CAC	0,99 a	1,34 a	1,84 a	2,38 a
20 FC + 80 CAC	0,95 a	1,39 a	1,86 a	2,41 a
50 BIO + 50 CAC	0,59 c	0,72 e	0,87 e	0,90 e
40 BIO + 60 CAC	0,57 c	0,92 d	1,23 d	1,24 d
30 BIO + 70 CAC	0,68 b	1,08 c	1,32 c	1,41 c
20 BIO + 80 CAC	0,80 b	1,21 b	1,47 c	1,45 c
10 BIO + 90 CAC	0,79 b	1,20 b	1,48 c	1,65 b
50 BIO + 50 FC	0,85 a	1,30 a	1,57 b	1,81 b
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	0,59 c	0,89 d	1,15 d	1,27 d
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	0,75 b	0,93 d	1,13 d	1,16 d
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	0,70 b	0,87 d	1,18 d	1,22 d
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	0,70 b	0,92 d	1,50 c	1,31 d
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	0,78 b	1,03 c	1,24 d	1,41 c
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	0,82 b	1,01 c	1,38 c	1,45 c
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	0,72 b	1,11 c	1,23 d	1,34 c
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	0,71 b	0,96 d	1,38 c	1,53 b
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	0,75 b	1,00 c	1,35 c	1,44 c
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	0,71 b	1,06 c	1,35 c	1,42 c
30 BIO + 20 FC +50 CAC	0,77 b	1,28 b	1,47 c	1,67 b
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	0,91 a	1,35 a	1,51 c	1,46 c
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	0,78 b	1,25 b	1,52 c	1,69 b
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	0,76 b	1,26 b	1,56 b	1,60 b
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	0,84 a	1,13 c	1,37 c	1,54 b
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	0,95 a	1,31 a	1,73 b	1,69 b
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	0,91 a	1,24 b	1,49 c	1,79 b
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	0,95 a	1,20 b	1,63 b	1,77 b
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	0,96 a	1,43 a	1,72 b	2,06 a

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC - Substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada

ANEXO 4 - RESULTADO DA ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DE SUBSTRATOS. DENSIDADE APARENTE (Da), POROSIDADE TOTAL (PT), ESPAÇO DE AERAÇÃO (EA), MICROPOROSIDADE (Micro), ÁGUA FACILMENTE DISPONÍVEL (AFD), ÁGUA TAMPONANTE (AT), ÁGUA DISPONÍVEL (AD), pH (EM ÁGUA), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE), TEOR TOTAL DE SAIS SOLÚVEIS (TTSS).

Tratamentos	Da	PT	EA	Micro	AFD	AT	AD	pH	CE	TTSS
	Kg m ³	%						(H ₂ O)	mS cm ⁻¹	g L ⁻¹
SC	398	79	19	60	24	3	27	5,47	1,53	5,86
CAC	101	72	57	15	6	0	7	8,07	0,08	0,08
CAC (0,5 - 1)	200	85	21	64	45	3	47	8,11	0,23	0,38
CAC (0,25-0,5)	239	80	11	69	45	5	50	8,05	0,3	0,59
50 CAC + 50 VM	183	72	37	35	9	1	10	7,92	0,06	0,09
10 FC + 90 CAC (0,5 -1)	180	85	23	62	42	2	44	7,75	0,38	0,54
25 FC + 75 CAC (0,5-1)	174	85	24	61	41	2	43	7,47	0,49	0,65
10 FC + 90 CAC (0,25- 0,5)	237	83	15	68	42	5	47	7,77	0,41	0,70
25 FC + 75 CAC (0,25-0,5)	204	83	11	72	45	5	50	7,33	0,62	1,00
80 FC + 20 CAC	89	85	36	49	20	3	23	6,23	1,09	1,12
70 FC + 30 CAC	86	84	38	46	18	3	21	6,39	0,96	1,21
60 FC + 40 CAC	89	86	45	41	17	2	19	6,7	0,73	0,90
50 FC + 50 CAC	96	90	57	33	13	2	15	7,12	0,54	0,63
40 FC + 60 CAC	93	90	55	35	14	2	16	7,00	0,62	0,76
30 FC + 70 CAC	96	90	54	36	15	2	17	7,06	0,62	0,74
20 FC + 80 CAC	101	89	62	27	12	1	13	7,59	0,36	0,41
50 BIO + 50 CAC	389	82	36	46	15	3	18	8,75	2,74	8,78
40 BIO + 60 CAC	362	84	40	44	16	3	19	8,88	2,34	6,90
30 BIO + 70 CAC	289	82	50	32	10	2	12	8,79	1,67	4,34
20 BIO + 80 CAC	229	86	56	30	12	1	13	9,06	1,25	2,67
10 BIO + 90 CAC	184	90	65	25	10	1	11	9,13	0,85	1,48
50 BIO + 50 FC	338	79	15	64	23	4	28	8,81	2,66	8,58
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	359	79	20	59	21	4	26	8,96	2,72	9,24
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	375	81	23	58	20	4	24	8,91	5,56	8,90
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	381	78	24	54	19	4	23	8,89	2,61	9,09
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	298	84	21	63	23	5	27	8,67	2,34	6,98
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	319	85	26	59	21	5	25	8,34	2,12	6,48
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	319	84	30	54	19	4	23	8,31	2,35	7,13
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	330	84	33	51	18	4	21	8,35	2,26	6,85
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	238	82	26	56	21	4	25	8,21	1,99	4,91
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	267	84	29	55	19	4	23	8,19	1,92	5,11
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	270	86	39	47	17	3	20	8,89	2,03	5,30
30 BIO + 20 FC +50 CAC	276	86	41	45	16	3	19	9,01	1,98	5,26
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	218	87	36	51	19	3	22	8,81	1,93	4,58
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	229	87	38	49	18	3	21	8,9	1,85	4,38
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	213	89	45	44	17	3	20	9,01	1,65	3,66
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	234	89	49	40	14	3	17	9,04	1,7	4,02
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	163	89	44	45	17	3	20	7,76	1,34	2,45
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	159	91	48	43	16	3	19	8,12	1,24	2,21
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	170	90	51	39	15	2	17	8,32	1,23	2,28
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	179	89	52	37	15	2	16	8,51	1,12	2,10

SC – Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada.

ANEXO 5 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES SUBSTRATOS ESTUDADOS.
 POTÁSSIO (K), CÁLCIO (CA), MAGNÉSIO (MG), FÓSFORO (P), NITROGÊNIO
 DISPONÍVEL (N DISP), ENXOFRE (S) E MATÉRIA ORGÂNICA (MO).

Tratamentos	K	Ca	Mg	P	N disp	S	MO
	cmol/dm ³			mg/dm ³			%
SC	1,36	14,46	6,45	577,75	23,39	1705,59	48,55
CAC	1,44	0,33	0,15	66,35	19,47	3,58	24,73
CAC (0,5 - 1)	4,29	0,89	0,53	209,00	19,22	16,03	26,92
CAC (0,25-0,5)	3,89	1,11	0,60	215,40	30,74	21,36	27,47
50 CAC + 50 VM	1,07	1,89	3,21	66,85	19,71	3,58	7,05
10 FC + 90 CAC (0,5 -1)	3,64	1,01	0,55	146,00	20,45	25,39	26,25
25 FC + 75 CAC (0,5-1)	3,55	1,69	0,70	174,00	23,39	43,32	25,42
10 FC + 90 CAC (0,25- 0,5)	4,00	1,44	0,76	147,25	20,69	24,59	27,26
25 FC + 75 CAC (0,25-0,5)	4,36	2,14	0,71	212,75	31,97	28,23	26,22
80 FC + 20 CAC	3,55	2,94	0,79	312,75	106,01	62,42	15,25
70 FC + 30 CAC	3,11	3,44	0,86	267,75	97,92	55,64	15,68
60 FC + 40 CAC	2,18	2,85	0,60	206,05	70,71	45,17	18,39
50 FC + 50 CAC	2,69	2,61	0,56	193,50	62,37	52,56	19,83
40 FC + 60 CAC	2,23	1,69	0,45	209,90	29,27	48,56	20,59
30 FC + 70 CAC	1,95	1,16	0,34	190,45	24,12	69,20	21,63
20 FC + 80 CAC	1,30	1,11	0,44	83,50	21,18	73,51	21,89
50 BIO + 50 CAC	0,55	2,80	14,34	18,65	31,48	926,21	62,81
40 BIO + 60 CAC	0,65	3,01	15,94	13,75	30,25	904,65	61,80
30 BIO + 70 CAC	0,74	2,90	11,55	10,70	27,80	841,50	54,08
20 BIO + 80 CAC	0,97	2,31	8,14	27,55	26,82	285,76	51,70
10 BIO + 90 CAC	0,90	1,44	3,08	107,80	26,82	96,00	43,18
50 BIO + 50 FC	1,75	3,49	18,41	26,30	59,67	1274,32	62,38
50 BIO + 40 FC + 10 CAC	1,58	3,33	17,30	25,20	53,30	1349,79	65,88
50 BIO + 30 FC + 20 CAC	1,32	3,48	17,70	16,40	52,32	1143,39	64,73
50 BIO + 20 FC + 30 CAC	1,03	3,18	16,16	15,00	57,22	1015,55	64,91
40 BIO + 50 FC + 10 CAC	1,55	3,21	17,54	21,55	40,06	910,81	62,02
40 BIO + 40 FC + 20 CAC	1,25	3,33	16,50	39,75	57,96	963,18	60,44
40 BIO + 30 FC + 30 CAC	1,20	2,84	13,99	28,65	49,13	909,27	58,82
40 BIO + 20 FC + 40 CAC	1,21	2,91	14,49	14,40	46,68	804,53	60,28
30 BIO + 50 FC + 20 CAC	2,00	3,19	11,96	34,95	43,74	733,68	55,99
30 BIO + 40 FC + 30 CAC	1,95	3,09	11,58	35,55	39,81	764,48	56,61
30 BIO + 30 FC + 40 CAC	1,43	2,88	11,45	35,75	47,66	727,52	58,63
30 BIO + 20 FC +50 CAC	1,17	2,58	10,53	22,35	40,80	519,58	57,94
20 BIO + 50 FC + 30 CAC	2,01	3,34	9,89	147,75	41,78	454,89	49,57
20 BIO + 40 FC + 40 CAC	1,70	2,86	11,33	125,20	41,29	360,93	51,04
20 BIO + 30 FC + 50 CAC	1,73	2,68	8,46	84,70	44,23	575,03	51,29
20 BIO + 20 FC + 60 CAC	1,16	2,48	7,59	135,20	40,80	396,35	48,62
10 BIO + 50 FC + 40 CAC	2,18	2,78	6,25	157,00	44,72	216,14	50,12
10 BIO + 40 FC + 50 CAC	2,13	2,69	7,36	211,40	34,67	214,60	44,79
10 BIO + 30 FC + 60 CAC	1,68	2,60	6,93	153,70	33,69	272,82	48,90
10 BIO + 20 FC + 70 CAC	1,41	1,98	7,38	166,65	61,14	189,34	45,76

SC - Substrato florestal comercial a base de casca de pinus e vermiculita; BIO - Biossólido; VM - Vermiculita média; FC - Fibra de Coco; CAC - Casca de arroz carbonizada.

ANEXO 6 - CORRELAÇÕES ENTRE AS PROPRIEDADES DOS SUBSTRATOS E AS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DAS MUDAS DE *Eucalyptus benthamii*.
 ALTURA AOS 90 DIAS (H 90), DIÂMETRO DE COLO AOS 90 DIAS (DC 90), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BSR), AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT), DENSIDADE APARENTE (Da), POROSIDADE TOTAL (PT), ESPAÇO DE AERAÇÃO (EA), MICROPOROSIDADE (MICRO), ÁGUA FACILMENTE DISPONÍVEL (AFD), PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE), TEOR TOTAL DE SAIS SOLÚVEIS (TTSS), POTÁSSIO (K), CÁLCIO (CA), MAGNÉSIO (MG), FÓSFORO (P), MATÉRIA ORGÂNICA (MO), NITROGÊNIO DISPONÍVEL (N DISP) E ENXOFRE (S).

	H 90	D 90	FRT	AG	BSA	BSR	Da	PT	EA	Micro	AFD	pH	CE	TTSS	K	Ca	Mg	P	M.O.	N disp	S	
H 90	1,00 **																					
D 90	0,82 **	1,00 **																				
FRT	0,50 *	0,49 *	1,00 **																			
AG	0,42 *	0,33 ns	0,65 **	1,00 **																		
BSA	0,87 **	0,81 **	0,45 *	0,29 ns	1,00 **																	
BSR	0,60 **	0,66 **	0,41 *	0,42 *	0,70 **	1,00 **																
DS	0,14 ns	0,31 ns	-0,04 rs	-0,62 **	0,33 ns	0,06 ns	1,00 **															
PT	-0,05 rs	-0,09 rs	0,03 ns	0,27 ns	-0,18 rs	-0,13 rs	-0,40 *	1,00 **														
EA	0,14 ns	0,02 ns	0,37 ns	0,68 **	-0,03 rs	0,01 ns	-0,54 *	0,49 *	1,00 **													
Micro	-0,18 rs	-0,05 rs	-0,40 *	-0,67 **	-0,03 rs	-0,06 rs	0,47 *	-0,21 rs	-0,95 **	1,00 **												
AFD	-0,45 *	-0,42 *	-0,58 *	-0,58 **	-0,35 rs	-0,17 rs	0,09 ns	-0,10 rs	-0,76 **	0,82 **	1,00 **											
pH	0,07 ns	0,26 ns	0,00 ns	-0,28 rs	0,22 ns	0,05 ns	0,48 *	-0,01 rs	0,05 ns	-0,06 rs	-0,20 rs	1,00 **										
CE	0,36 ns	0,53 *	0,17 ns	-0,23 rs	0,51 *	0,21 ns	0,74 **	-0,13 rs	-0,27 rs	0,26 ns	-0,20 rs	0,49 *	1,00 **									
TTSS	0,42 *	0,58 *	0,14 ns	-0,35 rs	0,55 *	0,17 ns	0,89 **	-0,26 rs	-0,36 rs	0,32 ns	-0,18 rs	0,50 *	0,90 **	1,00 **								
K	-0,48 *	-0,48 *	-0,49 *	-0,17 rs	-0,47 *	-0,15 rs	-0,44 *	0,08 ns	-0,44 *	0,52 *	0,81 **	-0,50 *	-0,50 *	-0,57 *	1,00 **							
Ca	0,06 ns	0,14 ns	0,17 ns	-0,16 rs	0,12 ns	0,04 ns	0,46 *	-0,17 rs	-0,26 rs	0,23 ns	-0,06 rs	-0,35 rs	0,31 ns	0,40 *	-0,23 rs	1,00 **						
Mg	0,41 *	0,60 **	0,18 ns	-0,33 rs	0,54 *	0,16 ns	0,83 **	-0,20 rs	-0,28 rs	0,25 ns	-0,25 rs	0,64 **	0,88 **	0,95 **	-0,62 **	0,27 ns	1,00 **					
P	-0,31 rs	-0,33 rs	-0,12 rs	0,12 ns	-0,37 rs	-0,08 rs	-0,37 rs	0,16 ns	-0,05 ns	0,12 ns	0,28 ns	-0,81 **	-0,46 *	-0,48 *	0,49 *	0,50 *	-0,61 **	1,00 **				
M.O.	0,26 ns	0,48 *	0,20 ns	-0,38 rs	0,38 ns	0,10 ns	0,80 **	-0,29 rs	-0,20 rs	0,13 ns	-0,31 rs	0,69 **	0,72 **	0,81 **	-0,70 **	0,27 ns	0,89 **	-0,60 **	1,00 **			
N disp	0,39 ns	0,45 *	0,16 ns	0,32 ns	0,38 ns	0,28 ns	-0,10 rs	0,09 ns	-0,05 ns	0,08 ns	-0,18 rs	-0,21 rs	0,28 ns	0,20 ns	0,06 ns	0,12 ns	0,17 ns	0,09 ns	-0,07 rs	1,00 **		
S	0,37 ns	0,48 *	0,17 ns	-0,35 rs	0,49 *	0,18 ns	0,88 **	-0,33 rs	-0,39 rs	0,32 ns	-0,15 rs	0,29 ns	0,79 **	0,92 **	-0,54 *	0,65 **	0,85 **	-0,25 rs	0,74 **	0,11 ns	1,00 **	

(*) (*) significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

ANEXO 7 - CORRELAÇÕES ENTRE AS PROPRIEDADES DOS SUBSTRATOS E AS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella*.
 ALTURA AOS 150 DIAS (H150), DIÂMETRO AOS 150 DIAS (D 150), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BSR),
 AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO (AG), FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE (FRT), DENSIDADE APARENTE (Da),
 POROSIDADE TOTAL (PT), ESPAÇO DE AERAÇÃO (EA), MICROPOROSIDADE (MICRO), ÁGUA FACILMENTE DISPONÍVEL (AFD), PH,
 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE), TEOR TOTAL DE SAIS SOLÚVEIS (TTSS), POTÁSSIO (K), CÁLCIO (CA), MAGNÉSIO (Mg), FÓSFORO
 (P), MATÉRIA ORGÂNICA (MO), NITROGÊNIO DISPONÍVEL (N DISP) E ENXOFRE (S).

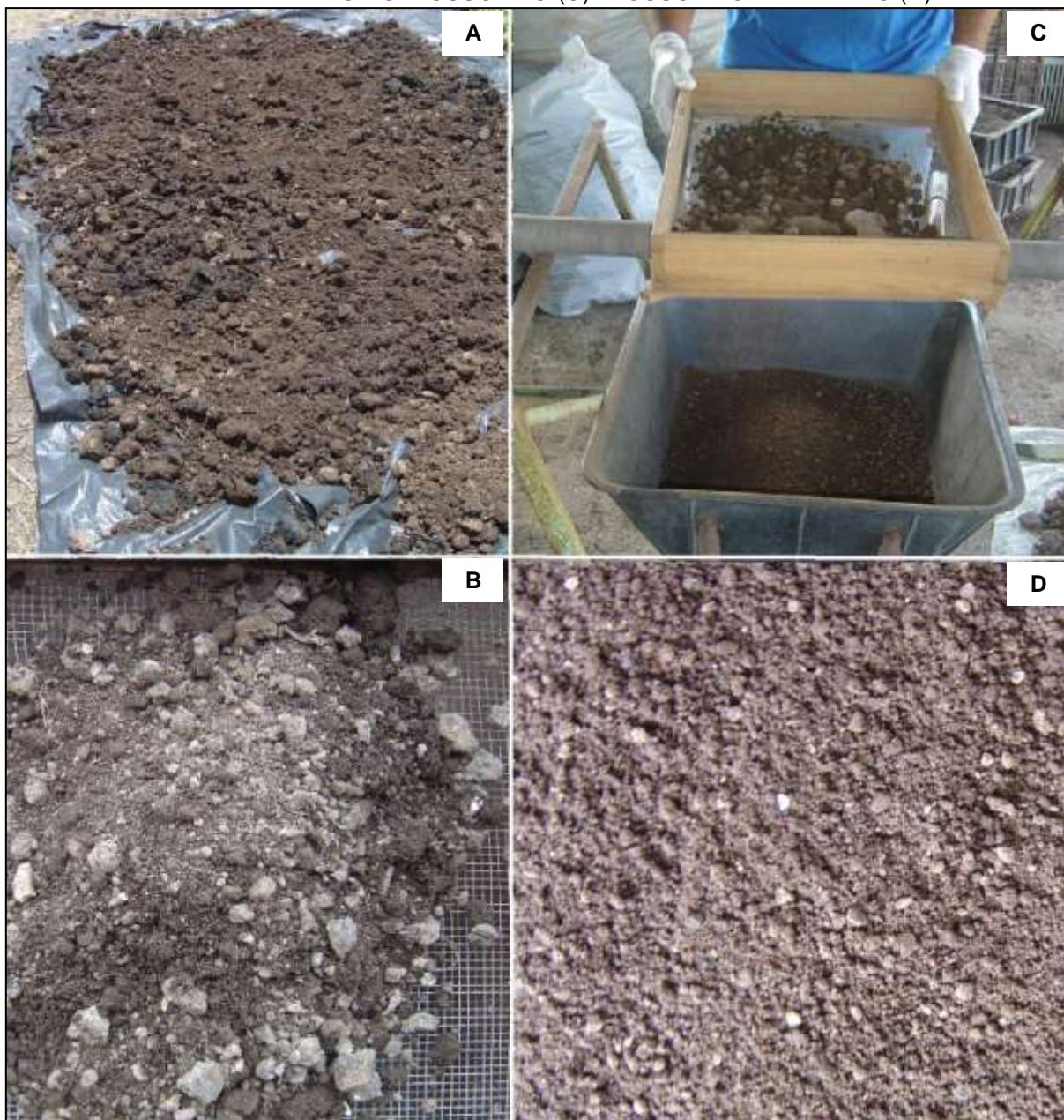
	H 150	D 150	BSA	BSR	AG	FRT	Da	PT	EA	Micro	AFD	pH	CE	TTSS	K	Ca	Mg	P	MO	N disp	S	
H 150	1,00 **																					
D 150	0,97 **	1,00 **																				
BSA	0,97 **	0,98 **	1,00 **																			
BSR	0,90 **	0,90 **	0,93 **	1,00 **																		
AG	0,95 **	0,97 **	0,96 **	0,91 **	1,00 **																	
FRT	-0,96 **	-0,95 **	-0,96 **	-0,90 **	-0,94 **	1,00 **																
DS	-0,65 **	-0,67 **	-0,64 **	-0,64 **	-0,75 **	0,65 **	1,00 **															
PT	0,10 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,13 ^{rs}	-0,40 [†]	1,00 **														
EA	0,05 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,10 ^{rs}	-0,54 [†]	0,49 [†]	1,00 **													
Micro	-0,02 ^{rs}	-0,05 ^{rs}	-0,06 ^{rs}	-0,06 ^{rs}	-0,14 ^{rs}	0,07 ^{ns}	0,47 [†]	-0,21 ^{rs}	-0,95 **	1,00 **												
AFD	0,32 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,26 ^{rs}	0,09 ^{ns}	-0,10 ^{rs}	-0,76 **	0,82 **	1,00 **											
pH	-0,80 **	-0,80 **	-0,80 **	-0,74 **	-0,81 **	0,79 **	0,48 [†]	-0,01 ^{rs}	0,05 ^{ns}	-0,06 ^{rs}	-0,20 ^{rs}	1,00 **										
CE	-0,71 **	-0,69 **	-0,66 **	-0,60 **	-0,71 **	0,68 **	0,74 **	-0,13 ^{rs}	-0,27 ^{rs}	0,26 ^{ns}	-0,20 ^{rs}	0,49 [†]	1,00 **									
TTSS	-0,76 **	-0,73 **	-0,68 **	-0,65 **	-0,77 **	0,72 **	0,89 **	-0,26 ^{rs}	-0,36 ^{rs}	0,32 ^{ns}	-0,18 ^{rs}	0,50 [†]	0,90 **	1,00 **								
K	0,61 **	0,55 [†]	0,52 [†]	0,53 [†]	0,54 [†]	-0,56 [†]	-0,44 [†]	0,08	-0,44 [†]	0,52 [†]	0,81 **	-0,57 [†]	1,00 **	-0,57 [†]	1,00 **							
Ca	0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,04	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,46 [†]	-0,17 ^{rs}	-0,26 ^{rs}	0,23 ^{ns}	-0,06 ^{rs}	0,40 [†]	-0,23 ^{rs}	1,00 **	-0,23 ^{rs}	1,00 **						
Mg	-0,83 **	-0,79 **	-0,76 **	-0,73 **	-0,82 **	0,81 **	0,83 **	-0,20 ^{rs}	-0,28 ^{rs}	0,25 ^{ns}	-0,25 ^{rs}	0,95 **	-0,62 **	0,27 ^{ns}	-0,62 **	0,27 ^{ns}	1,00 **					
P	0,72 **	0,72 **	0,68 **	0,56 [†]	0,72 **	-0,67 **	-0,37 ^{rs}	0,16 ^{ns}	-0,05 ^{rs}	0,12 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,48 [†]	0,49 [†]	0,50 [†]	0,49 [†]	0,50 [†]	-0,61 **	1,00 **				
MO	-0,80 **	-0,76 **	-0,75 **	-0,75 **	-0,80 **	0,82 **	0,80 **	-0,29 ^{rs}	-0,20 ^{rs}	0,13 ^{ns}	-0,31 ^{rs}	0,81 **	-0,70 **	0,27 ^{ns}	-0,70 **	0,27 ^{ns}	0,89 **	-0,60 **	1,00 **			
Ndisp	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,05 ^{rs}	-0,10 ^{rs}	0,09 ^{ns}	-0,05 ^{rs}	0,08 ^{ns}	-0,18 ^{rs}	0,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,07 ^{rs}	1,00 **		
S	-0,58 [†]	-0,55 [†]	-0,51 [†]	-0,53 [†]	-0,61 **	0,57 [†]	0,88 **	-0,33 ^{rs}	-0,39 ^{rs}	0,32 ^{ns}	-0,15	0,92 **	-0,54 [†]	0,65 **	-0,54 [†]	0,65 **	0,85 **	-0,25 ^{rs}	0,74 **	0,11 ^{ns}	1,00 **	

(**) (*) significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

ANEXO 8 - CARBONIZAÇÃO DA CASCA DE ARROZ. CARBONIZADOR (A). CASCA DE ARROZ A CARBONIZAR (B). CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (C).



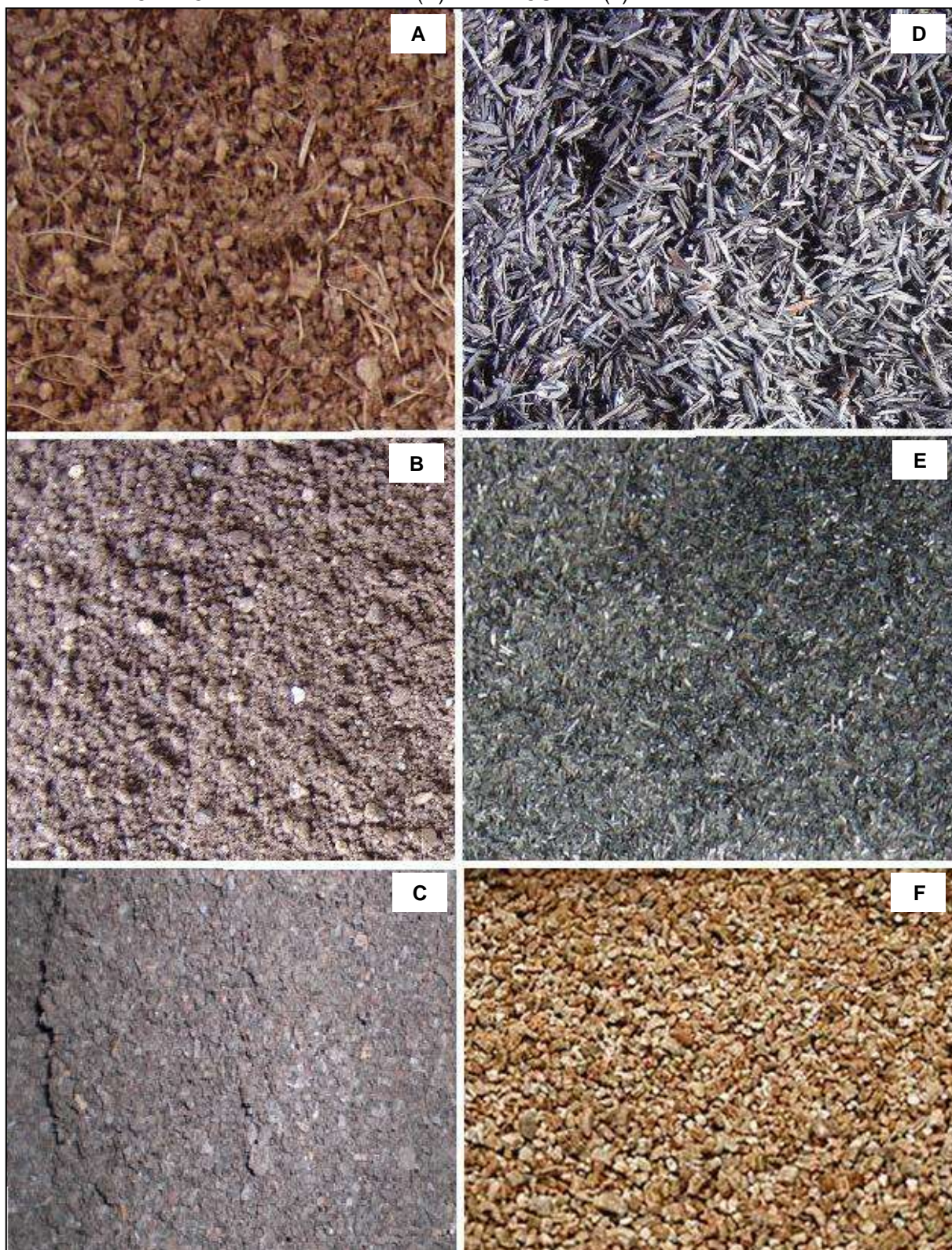
ANEXO 9 - BIOSSÓLIDO SECANDO SOB AR LIVRE (A). BIOSSÓLIDO A PENEIRAR (B). PENEIRAMENTO DO BIOSSÓLIDO (C). BIOSSÓLIDO PENEIRADO (D).



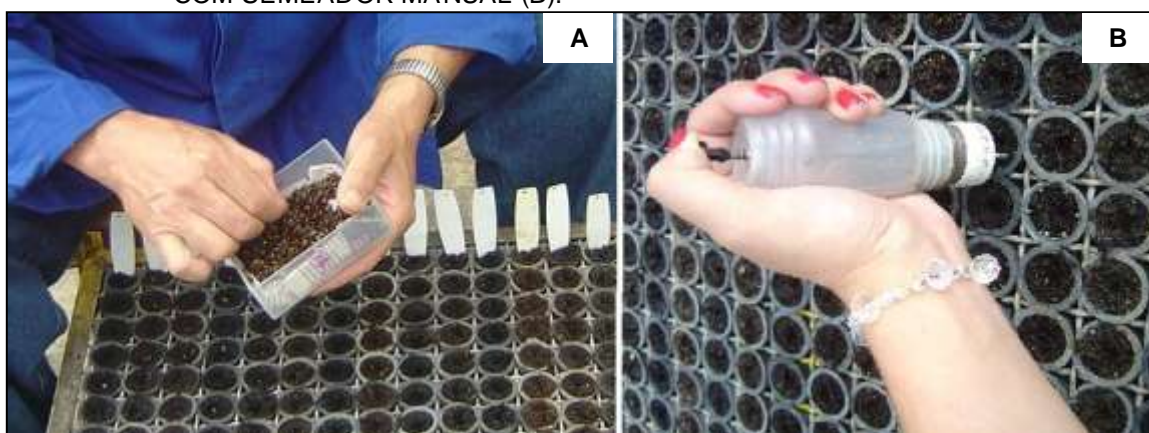
ANEXO 10 - JOGO DE PENEIRAS UTILIZADAS PARA A OBTENÇÃO DAS DIFERENTES GRANULOMETRIAS DE CASCA DE ARROZ CARBONIZADA.



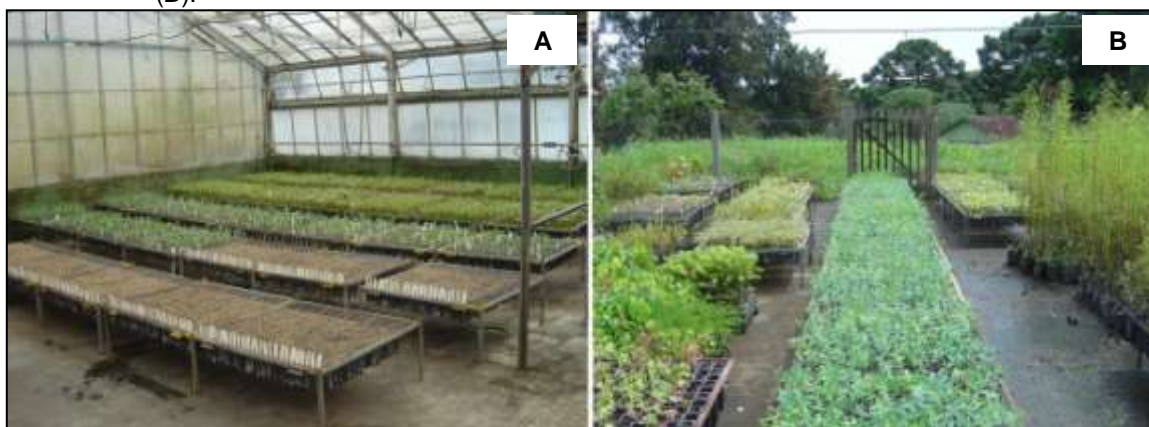
ANEXO 11 - COMPONENTES UTILIZADOS PARA FORMULAÇÃO DOS SUBSTRATOS. FIBRA DE COCO (A). BISSÓLIDO (B). SUBSTRATO FLORESTAL COMERCIAL A BASE DE CASCA DE PINUS (C). CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (D). CASCA DE ARROZ CARBONIZADA PENEIRADA (E). VERMICULITA (F).



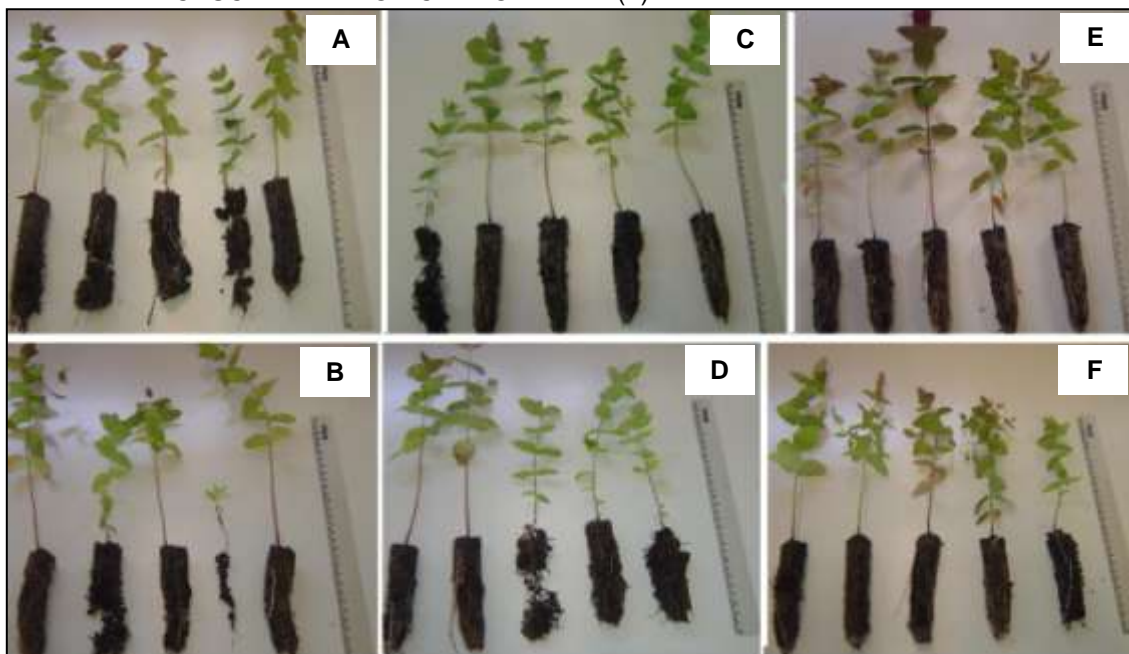
ANEXO 12 - SEMEADURA DE *Mimosa scabrella* (A). SEMEADURA DE *Eucalyptus benthamii* COM SEMEADOR MANUAL (B).



ANEXO 13 - AMBIENTES DE CULTIVO. ESTUFA DE VIDRO (A). AREA DE RUSTIFICAÇÃO (B).



ANEXO 14 - MUDAS DE *Eucalyptus benthamii* AOS 90 DIAS PRODUZIDAS NOS DIFERENTES SUBSTRATOS. SUBSTRATO FLORESTAL COMERCIAL A BASE DE CASCA DE PINUS (A). 30 % BISSÓLIDO + 70 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (B). CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (C). 40 % BISSÓLIDO + 20 % FIBRA DE COCO + 40 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (D). 60 % FIBRA DE COCO + 40 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (E). 10 % BISSÓLIDO + 30 % FIBRA DE COCO + 60 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (F).



ANEXO 15 - MUDAS DE *Mimosa scabrella* AOS 150 DIAS PRODUZIDAS NOS DIFERENTES SUBSTRATOS. SUBSTRATO FLORESTAL COMERCIAL A BASE DE CASCA DE PINUS (A). 30 % BISSÓLIDO + 70 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (B). CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (C). 40 % BISSÓLIDO + 20 % FIBRA DE COCO + 40 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (D). 60 % FIBRA DE COCO + 40 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (E). 10 % BISSÓLIDO + 30 % FIBRA DE COCO + 60 % CASCA DE ARROZ CARBONIZADA (F).

