



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

PAULO ANDRÉ TRAZZI

**SUBSTRATOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Tectona grandis Linn F.**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO - 2011

PAULO ANDRÉ TRAZZI

**SUBSTRATOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Tectona grandis Linn F.**

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

Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Co-orientador: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva


JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO - 2011

**SUBSTRATOS RENOVÁVEIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Tectona grandis LINN. F.**

Paulo André Trazzi

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

Aprovada em 25 Fevereiro de 2011.




Prof. Dr. Ivar Wendling
Embrapa - Florestas



Dr. Aderbal Gomes da Silva
CCA/UFES



Prof^a. Dr^a. Elzimar de Oliveira
Gonçalves
CCA/UFES



Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
CCA/UFES/ERU



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

Dissertação 0022

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

T783s Trazzi, Paulo André, 1986-
Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis*
Linn. F. / Paulo André Trazzi. – 2011.
84 f. : il.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.
Coorientador: Aderbal Gomes da Silva.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Teca (Árvore). 2. Viveiros florestais. 3. Química vegetal. 4.
Física – Análise. 5. Nutrição. 6. Mudas – Qualidade. I. Caldeira,
Marcos Vinicius Winckler. II. Silva, Aderbal Gomes da. III.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias.
IV. Título.

CDU: 630

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por dar-me saúde, paz e coragem suficientes para superar todos os obstáculos e chegar a mais uma conquista.

Aos meus pais por seus esforços no financiamento dos meus estudos, pela criação e princípios da vida. Ao meu pai pelo ensinamento da tranqüilidade. À minha mãe pelo conforto nos momentos difíceis. À minha irmã Daduxa pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

À minha avó Daia pela sabedoria e ensinamentos transmitidos desde a minha criação. Aos meus tios Leleto, Fernando, Pepenha, Aloísio, Tarcísio e Kirido, e suas respectivas esposas, namoradas, marido e também aos meus queridos primos pelo carinho, apoio, educação e diversão.

À Bia por ter passado todo ano de 2010 ao meu lado, sempre cuidando de mim com muito carinho.

Aos meus companheiros de república Alann, Leandro, Léo e Matheus, pela amizade e fidelidade, sempre transmitindo alegria e diversão. Aos meus amigos Nareba e Léo (Peroni) pela força nos trabalhos de campo e laboratório, ajudando diretamente na realização deste trabalho.

Ao professor Marcos Vinícius pela confiança e apoio na elaboração da dissertação e pela amizade que adquirimos. Ao professor e amigo Edvaldo, que me ajudou na elaboração do delineamento experimental, nas análises estatísticas e na concessão das análises químicas. Aos professores Renato, Aderbal e Elzimar, pelo auxílio para a elaboração da dissertação.

Ao Alexandro, Luiz e a Soninha pela ajuda nas análises químicas e físicas dos substratos. Ao senhor Edson e à Dona Maria que me deram total apoio na implantação do experimento.

Aos meus queridos amigos Javan, Marília, Roninho, Marcelo, Bof, Wendel, Rojão, Rafaella, Bitoca, Pompeu, Valéria e a todos aqueles que estiveram presentes na minha caminhada.

À Fibria S.A pela concessão da bolsa de estudos e alguns substratos relacionados a este trabalho. À Floresteca S.A. pela doação dos frutos de teca e a Foz do Brasil S.A. pela doação do biossólido, que assim permitiram que este estudo fosse desenvolvido. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.”

Roberto Shinyashiki

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Escala de valores para interpretação de características físicas e químicas de substratos usados para produção de mudas florestais	4
Tabela 2.	Substratos formulados (v:v) com biossólido (BIO), casca de arroz carbonizada (CAC) e fibra de coco triturada (FC).....	18
Tabela 3.	Substratos formulados (v:v:v) com esterco bovino (EB), cama de frango (CF) e esterco de codorna (EC) associados à terra de subsolo (TS) e ao substrato comercial florestal (SC).....	18
Tabela 4.	Concentração (mg.dm^{-3}) de metais pesados poluentes no biossólido doado pela Foz do Brasil S.A. na Estação de Tratamento de Esgoto de Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	19
Tabela 5.	Médias em percentagem para volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC) e em g.cm^{-3} para densidade aparente (DENS) dos substratos formulados com biossólido	24
Tabela 6.	Médias em percentagem para volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC) e em g.cm^{-3} para densidade aparente (DENS) dos substratos formulados com esterco de animais.....	27
Tabela 7.	Teores disponíveis de macronutrientes e das características químicas dos substratos formulados com biossólido	30
Tabela 8.	Teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos substratos formulados com biossólido.....	31
Tabela 9.	Médias dos teores disponíveis de macronutrientes e características químicas dos substratos formulados com esterco de animais	35
Tabela 10.	Médias dos teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos substratos formulados com esterco de animais	36
Tabela 11.	Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D) e relação altura/diâmetro (H/D) nas mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas com biossólido	39
Tabela 12.	Médias da massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR) nas mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas com biossólido	42
Tabela 13.	Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D) nas mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas com esterco de animais	48
Tabela 14.	Médias da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR) nas mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas com esterco de animais.....	51
Tabela 15.	Médias dos teores de nutrientes na parte aérea das mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas em substratos formulados com biossólido	56
Tabela 16.	Médias dos acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas em substratos formulados com	

	biossólido	57
Tabela 17.	Médias dos teores de nutrientes na parte aérea das mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas em substratos formulados com esterco de animais	61
Tabela 18.	Médias dos acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de <i>Tectona grandis</i> produzidas em substratos formulados com esterco de animais	62

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Índice de qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com bio sólido.....46
- Figura 2. Índice de qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com resíduos de animais.....54

LISTA DE ABREVIATURAS

Al	Alumínio
B	Boro
BIO	Biossólido
Ca	Cálcio
CAC	Casca de arroz carbonizada
CF	Cama de frango
CTC	Capacidade de troca de cátions efetiva
CV	Coeficiente de variação
D	Diâmetro do coletor
DENS	Densidade aparente
EB	Esterco bovino
EC	Esterco codorna
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FC	Fibra de coco triturada
Fe	Ferro
H	Altura
H+Al	Acidez potencial
IQD	Índice de qualidade de Dickson
K	Potássio
m	Saturação por alumínio
MAC	Macroporosidade
MIC	Microporosidade
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca radicular
MST	Massa seca total
N	Nitrogênio
Na	Sódio
P	Fósforo
S	Enxofre
SB	Soma de bases
SC	Substrato comercial florestal
TS	Terra de subsolo
V	Saturação por bases
VTP	Volume total de poros
Zn	Zinco

SUMÁRIO

RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO GERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. SUBSTRATOS	3
2.1.1. Características ideais para substratos	3
2.1.1.1. Atributos físicos.....	4
2.1.1.1.1. Densidade.....	4
2.1.1.1.2. Porosidade.....	5
2.1.1.2. Atributos químicos.....	6
2.1.1.2.1. Matéria orgânica e relação C/N	6
2.1.1.2.2. pH	6
2.1.1.2.3. CTC	7
2.1.2. Biossólido	8
2.1.3. Casca de arroz carbonizada	9
2.1.4. Fibra de coco	9
2.1.5. Resíduos orgânicos	10
2.2. <i>Tectona grandis</i>	11
2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	13
2.4. NUTRIÇÃO DE PLANTAS.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. LOCALIZAÇÃO	17
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	17
3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS.....	19
3.4. PRODUÇÃO DE MUDAS	20
3.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	21
3.6. ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO VEGETAL	22
3.7. ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS.....	22
3.8. ANÁLISE FÍSICA DOS SUBSTRATOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	24
4.1.1. Substratos formulados com biossólido	24
4.1.2. Substratos formulados com esterco de animais	27
4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	29
4.2.1. Substratos formulados com biossólido	29
4.2.2. Substratos formulados com esterco de animais	34
4.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	38
4.3.1. Substratos formulados com biossólido	38
4.3.1.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação entre altura e diâmetro.....	38
4.3.1.2. Massa seca da parte aérea, radicular, total e relação entre a massa seca aérea e radicular.....	42
4.3.1.3. Índice de qualidade de Dickson (IQD).....	45
4.3.2. Substratos formulados com esterco de animais	47
4.3.2.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura e diâmetro.....	47

4.3.2.2. Massa seca da parte aérea, radicular e relação entre as massas aérea e radicular.....	50
4.3.2.3. Índice de qualidade de Dickson (IQD)	53
4.4. ESTADO NUTRICIONAL DAS MUDAS.....	55
4.4.1. Teores e acúmulos de nutrientes das mudas produzidas em substratos formulados com biossólido.....	55
4.4.2. Teores e acúmulos de nutrientes das mudas produzidas em substratos formulados com esterco de animais.....	60
5. CONCLUSÕES	65
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICES	76

RESUMO

TRAZZI, Paulo André. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn. F.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-orientador: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva

Os resíduos industriais, urbanos ou agro-industriais podem ser utilizados como fonte de nutrientes visando contribuir para a redução dos custos de produção de mudas florestais. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de biossólido e esterco de animais como componente de substrato na produção de mudas de *Tectona grandis*. As mudas foram produzidas em tubetes com capacidade volumétrica de 280 cm³, preenchidos com dois grupos de resíduos e constituindo dois estudos. O primeiro constituiu em formular substratos com biossólido (BIO) associado à casca de arroz carbonizada (CAC) ou à fibra de coco triturada (FC) nas proporções 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 (v:v), e também com 100% de BIO, formando nove tratamentos a base de BIO submetidos à comparação do tratamento com o substrato comercial florestal. O segundo estudo se caracterizou por utilizar proporções (v:v:v) de 15, 25 ou 35% de esterco bovino (EB), cama de frango (CF) ou esterco de codorna (EC) associados à terra de subsolo (60, 50 ou 40%, respectivamente) e à 25% de substrato comercial florestal (volume fixo), formando um conjunto de nove tratamentos que foram comparados ao tratamento com substrato comercial florestal. Os substratos formados destes tratamentos foram submetidos às análises químicas e físicas. As mudas foram submetidas à avaliação de características morfológicas noventa dias após a repicagem. Para avaliar nutricionalmente as mudas, a parte aérea foi submetida à análise química. Os resultados da análise física mostraram que a CAC ou a FC associada ao BIO proporcionaram aumento no volume total de poros (VTP) e redução da densidade aparente (DENS). A CAC promoveu aumento na macroporosidade (MAC), enquanto que a FC aumento na microporosidade (MIC). A utilização de esterco de animais proporcionou aumento no VTP, na MAC e na MIC e uma diminuição na DENS. Para as análises químicas, os substratos formulados com BIO apresentaram altos teores totais e disponíveis de nutrientes. Os esterco de animais promoveram incremento nos teores totais e disponíveis dos substratos, principalmente P e K. Considerando os teores e acúmulos de nutrientes, os maiores foram obtidos no tratamento com 80% de BIO + 20% de CAC, para os tratamentos com biossólido. Para o estudo com esterco de animais, o maior acúmulo de nutrientes foi observado no tratamento com 35% de CF. O BIO com 60 e 80% associado à CAC ou a FC promoveu os maiores ganhos em altura, diâmetro, massa seca da parte aérea e radicular, no experimento com biossólido. As mudas produzidas com esterco de animais apresentaram maiores índices biométricos nos substratos formulados com CF. A utilização de substratos renováveis contribuiu na melhoria das características físicas e químicas dos substratos formados e conseqüentemente na nutrição das mudas e por isso pode ser indicada para produção de mudas florestais.

Palavras-chave: Teca, viveiro florestal, características morfológicas, análise química, análise física, nutrição.

ABSTRACT

TRAZZI, Paulo André. **Renewable substrates in the production of seedlings of *Tectona grandis* Linn. F.** 2011. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Advisor: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-advisor: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva

Industrial, urban or agro-industrial waste can be used as a source of nutrients to contribute to the reduction of production costs of forest seedlings. This study aimed to evaluate the use of biosolids and animal manure as a substrate component in the production of seedlings of *Tectona grandis*. Seedlings were produced in tubes with a volume capacity of 280 cm³, filled with two groups of waste, representing two studies. The first was to formulate substrates with biosolids (BIO) associated with rice hulls (CAC) or shredded coconut fiber (CF) in proportions 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 (v: v), and also with 100% BIO forming nine treatments based on BIO submitted to the comparison of treatment with the commercial forest substrate. The second study was characterized for using proportions (v: v: v) of 15, 25 or 35% of cattle manure (EB), poultry litter (CF) or quail manure (EC) associated with the subsoil earth (60, 50 or 40%, respectively) and to 25% of commercial forest substrate (fixed volume), forming a set of nine treatments that were compared to treatment with commercial growing forest. Substrates formed of these treatments were subjected to chemical and physical analysis. Seedlings were evaluated for morphological characteristics ninety days after transplanting. To evaluate nutritionally the seedlings, the shoot was subjected to chemical analysis. The results of physical analysis showed that the CAC or the FC associated with BIO provided an increase in total volume of pores (VTP) and reduction in apparent density (DENS). The CAC promoted an increase in macroporosity (MAC), while the FC increased the microporosity (MIC). The use of animal waste increased the VTP, the MAC and the MIC and decreased the DENS. For chemical analysis, substrates formulated with BIO showed high levels of total and available nutrients. The manure of animals promoted an increase in the content of total and available substrates, especially P and K. Considering the content and accumulation of nutrients, the higher were obtained in treatment with 80% of BIO + 20% of CAC for the treatments with biosolids. For the study with the animal manures, the largest accumulation of nutrients was observed in the treatment with 35% of CF. The BIO with 60 and 80% associated with CAC and FC promoted greater gains in height, diameter, dry mass of shoot and root, in the experiment with biosolids. The seedlings produced with animal manures had the highest growth in substrates formulated with CF. The utilization of renewable substrates contributed to the improvement of physical and chemical characteristics of formed substrates and consequently in the nutrition of seedlings and therefore may be suitable for production of forest seedlings.

Keywords: Teak, forest nursery, morphological characteristics, chemical analysis, physical analysis, nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional e do consumo tem conduzido à geração de grandes quantidades de resíduos, muitos deles passíveis de reciclagem ou de reutilização, com conseqüentes benefícios ambientais, contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

Estima-se que no Brasil sejam produzidas 230 mil toneladas de lixo por dia (IBGE, 2000), ou seja, quase noventa milhões de toneladas de resíduos urbanos anualmente. Da mesma forma, o setor agrícola é outra importante fonte geradora de subprodutos ou resíduos. Por outro lado, pela natureza e diversidade de operações, apresenta grande capacidade de aplicação de resíduos, cujo reaproveitamento pode ocorrer no próprio segmento produtivo.

A utilização de resíduos industriais, urbanos ou agro-industriais como fonte de nutrientes pode ser uma saída efetiva não só para contribuir para a redução dos altos custos de produção, mas também são interessantes soluções para problemas ambientais. Por isso, lodo de esgoto está cada vez mais sendo utilizado para fins agrícolas. Esse material, após sofrer estabilização biológica recebe o nome de biossólido, um resíduo de alto valor agrônômico (TRIGUEIRO, 2002).

O uso dos biossólidos e resíduos orgânicos na agricultura é uma forma consciente de promover a reutilização destes rejeitos. Além de apresentar altos teores de matéria orgânica, macro e micronutrientes, promovem o crescimento dos organismos, melhoram o nível de fertilidade e aumentam a capacidade de troca catiônica do material (JORGE et al., 1991; SILVA et al., 1998; SILVA et al., 2002a). Dessa forma, esses resíduos não só podem ser utilizados para adubação de solo, mas também como componentes de substratos para produção de mudas.

O substrato exerce uma influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas, afetando a qualidade das mudas. A produção empregando substratos é feita em recipientes de materiais e formas variadas. Por questão de racionalização no uso de insumos, normalmente essas embalagens apresentam tamanho reduzido, com pequeno espaço disponível para o desenvolvimento radicular, exigindo o controle preciso de água e de fertilizantes (SCIVITTARO et al., 2007). Para a composição de materiais específicos, é necessária a seleção de substratos

com características adequadas para cada espécie, racionalizando custos sem o comprometimento da qualidade das mudas.

Uma espécie com alto potencial silvicultural e para produção de madeira é teca (*Tectona grandis*), originária das florestas decíduas mistas da Índia, Mianmar, Tailândia e Laos. Foi introduzida na Indonésia há mais de 400 anos, e hoje é extensivamente plantada não só no Sudeste Asiático, mas em toda zona tropical das Américas, África e Pacífico. Apresenta grande porte, rápido crescimento, sendo produtora de madeira nobre (FIGUEIREDO et., 2005).

1.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de bio sólido e esterco de animais como substrato na produção de mudas de *Tectona grandis*.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar as características físicas e químicas dos substratos formulados com diferentes proporções de bio sólido e de esterco de animais;
- b) Avaliar as características morfológicas nas mudas de *Tectona grandis* de acordo com os substratos formulados com diferentes proporções de bio sólido e de esterco de animais;
- c) Avaliar o teor e o acúmulo de nutrientes nas mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com diferentes proporções de bio sólido e de esterco de animais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SUBSTRATOS

A legislação brasileira traz uma definição para substrato aquele “produto usado como meio de crescimento de plantas” (BRASIL, 2004). Para Carneiro (1995), “substrato é o meio em que as raízes proliferam-se, para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também as necessárias quantidades de água, oxigênio e nutrientes”.

2.1.1. Características ideais para substratos

De acordo com Gonçalves et al. (2000a), as seguintes características são consideradas essenciais para um bom substrato: boa estrutura e consistência, de forma a sustentar as sementes e estacas durante a germinação e enraizamento; boa porosidade, permitindo pronta drenagem do excesso de água durante as irrigações e chuvas, mantendo adequada aeração junto ao sistema radicular; boa capacidade de retenção de água, de maneira a evitar irrigações freqüentes, e ao mesmo tempo, não deve se contrair excessivamente após a secagem; isento de substâncias tóxicas, inóculos de doenças e de plantas invasoras, insetos e sais em excesso; prontamente disponível em quantidade adequada e custos economicamente viáveis; e deve ser padronizado, com características físicas e químicas pouco variáveis de lote para lote.

Gonçalves e Poggiani (1996) propuseram uma escala de valores para substratos utilizados para produção de mudas de espécies florestais (Tabela 1).

Tabela 1. Escala de valores para interpretação de características físicas e químicas de substratos usados para produção de mudas florestais

Características	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Físicas				
Densidade global (g.cm ⁻³)	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50	0,45 - 0,55
Porosidade total (%)	< 55	55 - 75	> 75	75 - 85
macroporosidade (%)	< 20	20 - 40	> 40	35 - 45
microporosidade (%)	< 25	25 - 50	> 50	45 - 55
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 (mmol.dm ⁻³)	< 15	15 - 30	> 30	30 - 100
Ca trocável (mmol _c .dm ⁻³)	< 100	100 - 150	> 150	100 - 200
Mg total (mmol.dm ⁻³)	< 50	50 - 100	> 100	50 - 100
C.T.C. efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	< 10	10 -20	> 20	> 20

Fonte: Gonçalves e Poggiani (1996).

2.1.1.1. Atributos físicas

Dentre as principais características físicas para produção de mudas florestais estão a densidade e a porosidade (CARNEIRO, 1995).

2.1.1.1.1. Densidade

A densidade é a relação entre a massa e o volume de substrato. Segundo Martínez (2002) a densidade aparente é um fator considerado importante para o transporte, manipulação dentro do viveiro e ainda na estabilidade das plantas. Quanto mais alta a densidade, mais difícil o cultivo no recipiente, seja por limitações no crescimento das plantas, seja pela dificuldade no transporte dos vasos ou bandejas (KAMPF, 2000). O mesmo autor recomenda utilizar substratos com densidade de 100 a 300 kg.m⁻³ para bandejas de 250 a 400 kg.m⁻³ para vasos de até 15 cm de altura, de 300 a 500 kg.m⁻³ para vasos de 20 a 30 cm, e, de 500 a 800 kg.m⁻³ para vasos maiores de 30 cm. Fermino (2003) complementa que quanto menor o recipiente menor dever ser a densidade do substrato nele utilizado.

O valor da densidade é importante para a interpretação de outras características, como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água, além da salinidade e teor de nutrientes (FERMINO, 2003).

Segundo Carneiro (1995), a origem dos materiais presentes no substrato afeta na densidade do mesmo, sendo que altos níveis de matéria orgânica diminuem a densidade quando comparados a materiais minerais.

2.1.1.1.2. Porosidade

A porosidade total é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra. Fonteno (1989) define porosidade total como o volume não ocupado pela fração sólida e que pode ser quantificado pela medida da quantidade de água retida na saturação. O valor de 85% para a porosidade total (DE BOODT & VERDONCK, 1972) tornou-se referência para substratos com caráter orgânico.

A concentração de raízes formadas nos recipientes exige fornecimento de oxigênio e 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).

O grau de desenvolvimento estrutural do meio é estreitamente relacionado com sua porosidade (macro e microporos), conseqüentemente, com sua capacidade de drenagem, aeração e capilaridade, propriedades que regulam os processos de troca gasosa entre a atmosfera e o solo, bem como os processos de transferência de água e nutrientes do solo às raízes (GONÇALVES, 2002).

O espaço poroso total é importante, mas a forma e o tamanho dos poros são ainda mais, já que a relação entre o volume de água e de ar presente no substrato é determinada pelo tamanho e forma com que os poros se interligam (FERMINO, 2003). Martínez (2002) classifica microporos como aqueles poros de diâmetro inferior a 30 μm e que permanecem com água, ou seja, poros responsáveis pelo armazenamento de água. Drzal et al. (1999) define macroporos como poros responsáveis pela infiltração e drenagem da água e pela aeração do meio.

2.1.1.2. Atributos químicos

2.1.1.2.1. Matéria orgânica e relação C/N

Os substratos podem ser compostos por diferentes matérias-primas, sendo os resíduos orgânicos os mais utilizados, visto que a matéria orgânica é componente fundamental para que os substratos cumpram a sua finalidade básica, que seria aumentar a sua capacidade de reter água e nutrientes para as mudas, além de reduzir a densidade aparente e aumentar da porosidade do substrato (PADOVANI, 2006). De acordo com Meurer (2007), a matéria orgânica tem efeito direto e indireto sobre a fertilidade e é fonte de nutrientes para, principalmente de N, S e P, quando mineralizada pelos microorganismos.

Além dos teores de matéria orgânica, a relação carbono/nitrogênio (C/N) deve ser levada em consideração. De acordo com Cantarella (2007), a condição de equilíbrio, onde a mineralização é igual à imobilização, ocorre quando a relação C/N do substrato está na faixa de 20 a 30. Nos materiais orgânicos pobres em N (resíduos palhosos, por exemplo), faz com que os microorganismos recorram ao N disponível no substrato para sustentar o crescimento da população, competindo com as plantas por esse nutriente, e assim podendo causar deficiência do mesmo nas plantas.

Por outro lado, quando a relação C/N está baixa, a demanda por N dos microrganismos no processo de decomposição é satisfeita rapidamente, e o N em excesso passa a ser liberado rapidamente no substrato (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), aumentando a disponibilidade do nutriente para a planta em menor escala de tempo.

2.1.1.2.2. pH

A acidez ou a alcalinidade relativa da solução aquosa do meio é o que melhor conceitua o pH do substrato. O conhecimento do pH é importante pois este se relaciona diretamente com a disponibilidade de nutrientes, e também com as propriedades fisiológicas das plantas (KÄMPF, 2005).

Muitas reações físicas, químicas e biológicas do substrato dependem do pH, conseqüentemente alteram o desenvolvimentos das mudas. Seu valor é resultado da atividade dos íons H^+ no substrato, dependendo do complexo

coloidal e íons associados, CTC, conteúdo de umidade, época do ano, concentração de CO_2 e outros fatores. (CARNEIRO, 1995).

A acidez e a deficiência ou o excesso de nutrientes estão entre as características químicas que mais influenciam o desenvolvimento das raízes. Em condições de baixo pH, o alumínio tóxico se encontra em maior quantidade e muitos nutrientes em baixa disponibilidade na solução do solo, podendo restringir o crescimento de raízes de espécies sensíveis (SCHUMACHER et al., 2003).

Os valores de pH variam muito entre os componentes de substratos, desde os baixos, como turfas e xaxim, até os altos, como a vermiculita e casca de arroz carbonizada. Valores inadequados de pH podem causar desequilíbrios fisiológicos nas plantas, afetando a disponibilidade dos nutrientes. Para substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendada é de 5 a 5,8 e quando for à base de solo mineral, entre 6 e 6,5 (KAMPF, 2000). No setor florestal o pH deve situar-se acima de 4,5 para não tornar os nutrientes indisponíveis. Para as espécies florestais, o desenvolvimento no viveiro é satisfatório com pH entre 5 e 6 (CARNEIRO, 1995).

De acordo com Sousa et al. (2007), a concentração de H^+ na solução do substrato, mesmo com valor de $0,1 \text{ mmol.L}^{-1}$ que corresponde a pH 4,0, não é fator limitante para o crescimento das plantas, desde que haja suprimento adequado dos nutrientes e ausência de elementos tóxicos. No entanto, essa situação não acontece naturalmente, uma vez que os íons Al e Mn podem ocorrer em teores tóxicos para as plantas. Para os mesmos autores, a redução da acidez do solo promove a insolubilização de Al e Mn, aumenta a disponibilidade de P e Mo e diminui a disponibilidade de Zn, Mn, Cu e Fe.

2.1.1.2.3. CTC

A capacidade de troca de cátions (CTC) é a quantidade de cargas eletrostáticas carregadas negativamente de um substrato por unidade de peso ou volume. Essas cargas são balanceadas por cátions (nutrientes de carga positiva) que ficam retidos em forma trocável nessas superfícies, em equilíbrio com a solução (BRADY, 1989).

Considerando-se que muitos cátions presentes no substrato são nutrientes, a capacidade de troca de cátions (CTC) é um indicativo de capacidade de manutenção destes nutrientes e também valiosa informação do potencial de fertilidade do substrato (ALMEIDA, 2005).

O aumento da CTC está relacionado ao aumento do conteúdo de matéria orgânica e/ou à correção do pH do substrato (CARNEIRO, 1995). Matéria orgânica humificada apresenta alta CTC, contribuindo significativamente para a melhoria dessa propriedade no solo (KAMPF, 2000).

2.1.2. Biossólido

O biossólido é o lodo originado das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs, após sofrer processo de estabilização. Esse resíduo apresenta composição variável, no que diz respeito ao teor de matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes (SILVA et al., 2002a). Estudos com a finalidade de viabilizar sua utilização representam uma demanda atual, visto que os sistemas de produção são favorecidos pelo uso de insumos regionais e de baixo custo (AUGUSTO et al., 2003).

O biossólido é comprovadamente um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo (JORGE et al., 1991), rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes presentes em quantidades menos significativas (SILVA et al., 1998). No entanto, a utilização do biossólido no meio agrícola apresenta algumas restrições. Uma delas é a presença de metais pesados, que não apenas exercem efeito negativo sobre o crescimento das plantas, mas também afetam os processos bioquímicos que ocorrem no solo (HATTARI & BROADVENT, 1991). Os metais pesados predominantes no biossólido são: Cu, Ni, Cd, Zn, Pb e Cr. A concentração desses metais varia em função da maior ou menor participação de esgotos industriais (ANDRÉ, 1996).

Resultados promissores tendo o biossólido como fornecedor de nutrientes foram relatados por Trigueiro e Guerrini (2003), que, ao avaliarem o desenvolvimento de mudas de eucalipto em substrato contendo 50% de biossólido e 50% de casca de arroz carbonizada, verificaram resultados semelhantes aos da testemunha cultivada com substrato comercial. Cunha et al. (2006), trabalhando com lodo de esgoto como substrato para mudas de

Acacia sp., verificaram que o substrato composto de 100% desse resíduo com sementes inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio proporcionou maior desenvolvimento às mudas de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformes*.

Existem várias formas de distribuição deste material no ambiente, como incineração, disposição oceânica, reuso industrial e disposição em aterros sanitários (SILVA et al., 2000), assim, em cidades que possuam ETEs, o uso agrícola do biossólido na produção de mudas destinadas ao reflorestamento poderá, assim, constituir uma alternativa para sua disposição, além de ser fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as mudas (CUNHA et al., 2006).

2.1.3. Casca de arroz carbonizada

É um produto originado da carbonização (e não da queima) da casca de arroz, que é extremamente leve, estéril, de fácil manuseio, de alta porosidade, boa aeração e baixa capacidade de retenção de água (COSTA, 2003).

A casca de arroz carbonizada pode ser considerada um bom substrato para germinação de sementes e enraizamento de estacas permitir a troca de ar na base das raízes, ser suficientemente firme e densa para fixar a semente ou estaca, ser leve e porosa permitindo boa aeração e drenagem, ter volume constante seja seca ou úmida, ser livre de plantas daninhas, nematóides e patógenos e não necessitar de tratamento químico para esterilização, devido a carbonização (SOUZA, 1993).

Segundo Puchalski e Kämpf (1999), possui espaço de aeração superior a 42% e porosidade total acima de 80%, características ideais para substratos utilizados em recipientes com pequeno volume. Klein et al. (2002), avaliando as alterações nas propriedades físico-hídricas de substratos comerciais, com a mistura de casca de arroz carbonizada em diferentes proporções, concluíram que a casca de arroz pode ser utilizada para otimizar as propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas, melhorando a disponibilidade de água às plantas e a porosidade de aeração.

A baixa densidade da casca de arroz carbonizada é uma característica importante quando se deseja aumentar a porosidade total do substrato,

permitindo maior drenagem da água de irrigação e melhor aeração do sistema radicular da muda (COUTO et al., 2003).

2.1.4. Fibra de coco

A fibra de coco aparece como uma alternativa para a produção de substratos, sendo de fácil obtenção e baixo custo, por ser resíduo da exploração comercial da água de coco, existente em abundância (KÄMPF, 2000).

A fibra de coco triturada é o nome dado ao resíduo oriundo do material fibroso que constitui o mesocarpo do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), de onde são retiradas fibras longas utilizadas na fabricação de cordas, tapetes e muitos outros produtos; desse processamento resultam uma mistura de fibras curtas e uma considerável quantidade de pó. O pó de coco possui grande porcentagem de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) e uma pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fração vulnerável ao ataque de microrganismos. Essas características conferem ao substrato de fibra de coco grande durabilidade, sendo, dessa maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo como ornamentais, assim como o cultivo de hortícolas sem o solo, pois não sofre o processo de degradação acelerado causado pela intensa aplicação de água e fertilizantes (NOGUERA et al., 2000).

Conforme Nunes (2000), o pó de coco é um excelente material orgânico para formulações de substratos devido as suas propriedades de retenção de água, aeração do meio de cultivo e estimulador do enraizamento. Segundo Wendling e Gatto (2002) a fibra de coco apresenta ótima aeração aliada a uma boa capacidade de retenção de água, apresentando ainda alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e apresenta alta molhabilidade, isto é, não repele a água quando está seco.

Atualmente, o resíduo ou pó da casca de coco maduro tem sido indicado como substrato agrícola, principalmente por apresentar uma estrutura física vantajosa proporcionando alta porosidade, alto potencial de retenção de umidade e por ser biodegradável. É um meio de cultivo 100% natural e indicado para germinação de sementes, propagação de plantas em viveiros e no cultivo de flores e hortaliças (ROSA et al., 2001).

2.1.5. Resíduos orgânicos

Os compostos orgânicos podem ser utilizados como fonte importante de matéria orgânica e nutrientes na formulação de um substrato adequado. O composto estimula o desenvolvimento de microrganismos benéficos, proporcionam aumento da capacidade de retenção de água e de nutrientes, melhoram o arejamento e a agregação do substrato às raízes das plantas e aumentam a disponibilidade de nutrientes para a muda. O composto atua, também, no aumento do pH e nos teores de cátions trocáveis (WENDLING e GATTO, 2002).

Dentro deste contexto, o esterco estabilizado biologicamente pode ser uma alternativa viável para misturas com outros substratos, podendo proporcionar resultados semelhantes ao do composto orgânico. A adubação orgânica com esterco bovino é uma prática milenar, tendo perdido prestígio com a introdução da adubação mineral, em meados do século 19, e retomado a importância, nas últimas décadas, com o crescimento da preocupação com o ambiente, com a alimentação saudável e com a necessidade de dar um destino apropriado às grandes quantidades produzidas em alguns países (BLAISE et al., 2005).

Muito rico em nitrogênio, este tipo de esterco de aves é aplicado normalmente junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos em aviários. Este material quando bem curtido, apresenta-se bem farelado, escuro e frio, sem excesso de amônia. A madeira da maravalha se decompõe quase totalmente devido a grande quantidade de nitrogênio do esterco (WEINÄRTNER et al., 2006).

2.2. *Tectona grandis*

Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) é uma espécie arbórea decídua de floresta tropical, atualmente reconhecida como espécie da família Lamiaceae, era anteriormente pertencente à família Verbenaceae (SOUZA e LORENZI, 2008).

T. grandis apresenta inflorescências que surgem entre os meses de junho a setembro, na Amazônia Ocidental, e os frutos amadurecem entre 3 e 22 meses após sua formação. Seus frutos, recobertos por uma grossa camada marrom, apresentam aproximadamente 1,2 centímetro de diâmetro, possuindo

uma a três sementes e raramente quatro, sendo que as plântulas advindas do fruto apresentam tamanhos distintos e, às vezes, nem todas conseguem germinar. A espécie apresenta uma raiz pivotante grossa e larga, que próxima à extremidade, sua aparência é esbranquiçada e delicada, podendo depois, no sentido do colo da árvore, tornar-se de cor pardo-clara e lenhosa. Na base do tronco pode ocorrer a formação de sapopemas que aparecem em diversas estratégias de manejo em função do material genético empregado (FIGUEIREDO et., 2005).

A madeira de *T. grandis* é de excepcional qualidade, de elevado valor e alta procura no mercado internacional, representando uma combinação de beleza, estabilidade, durabilidade, resistência, além de ser facilmente trabalhada. Pode ser utilizada na construção naval, construção de móveis, estruturas, pisos, chapas, painéis, postes e dormentes, mas especialmente na produção de peças e de usos nobres e móveis finos devido a sua resistência à ação do sol, calor, frio, água de chuva e do mar (GOMES, 2002). As propriedades físico-mecânicas da madeira caracterizam-se pela facilidade de secagem e estabilidade dimensional, possibilitando estabelecê-la como um padrão para avaliar as madeiras de todas as outras espécies de folhosas (FIGUEIREDO et., 2005). A durabilidade do cerne compara-se à da aroeira, sendo por isso, empregada no meio rural como poste, moirão esticador, vara de curral e outros. Postes de teca, incluindo alburno tratado com preservativo, encontram boa colocação na transmissão de energia elétrica, por serem leves, resistentes e duráveis (CRUZ, 2005).

Estima-se que os reflorestamentos com *T. grandis*, no mundo, já somam mais de três milhões de hectares, e no Brasil, a superfície plantada vem crescendo nos últimos anos, tendo atualmente pouco mais que 65 mil hectares, sendo na sua maioria localizada no estado de Mato Grosso (ABRAF, 2010). O estado apresenta condições adequadas para o desenvolvimento da espécie, o que proporciona taxas de crescimento superiores às dos plantios da maioria dos países produtores dessa madeira (PASSOS et al., 2006).

A primeira introdução da espécie na América Latina ocorreu na região do Caribe por volta de 1880, nos Jardins Botânicos Reais em Trinidad. Os plantios comerciais em Trinidad somente foram estabelecidos a partir de 1913, por meio de incentivos do poder público. No final da década de 1970, as

regiões com maiores áreas plantadas com teca na América Latina eram: Trinidad, Porto Rico, Colômbia, Brasil, Venezuela, Costa Rica, El Salvador, Cuba e Nicarágua. Em 1971, a Serraria Cáceres S.A. iniciou o plantio de teca, no Sítio Castiçal do Jauru, em Cáceres, Mato Grosso (FIGUEIREDO et., 2005).

T. grandis, juntamente com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, domina cerca de 90% das plantações florestais nos trópicos. No sudeste asiático, a espécie leva de 60 a 80 anos para atingir dimensões de corte, enquanto no Brasil o seu ciclo de corte é por volta 25 anos (FERNANDES et al., 2009).

A espécie tolera uma grande variedade de climas, porém desenvolve melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes. Grande parte da área de distribuição natural da *T. grandis* se caracteriza por climas do tipo monzonal, com precipitação entre 1.300 e 2.500 mm.ano⁻¹ e uma estação seca de 3 a 5 meses. Porém, a espécie suporta precipitações de 500 até 5.100 mm.ano⁻¹. O desenvolvimento é melhor em solos profundos, bem drenados e férteis. O pH ótimo do solo é de 6,5 a 7,5. A disponibilidade de cálcio é também um fator limitante, visto que a falta desse nutriente ocasiona raquitismo das árvores (FIGUEIREDO et., 2005).

2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

As características morfológicas são atributos determinados física ou visualmente, devendo ser ressaltado que algumas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de mostrar que os critérios que adotam essas características são importantes para o sucesso do desempenho das mudas após o plantio em campo (FONSECA, 2000).

Estas características são as mais utilizadas na determinação do padrão de qualidade das mudas, tendo uma compreensão de forma mais intuitiva por parte dos viveiristas, mas ainda carente de uma definição mais acertada para responder às exigências, quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio. Sua utilização tem sido justificada pela facilidade de medição e/ou visualização em condição de viveiro (GOMES, 2001).

Para a determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies arbóreas têm sido a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (D), massa seca total (MST), a massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca

radicular (MSR). Algumas relações entre estes parâmetros têm sido usadas para avaliar a qualidade de mudas. Dentre estas, estão a relação da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto (H/D), a relação da altura da parte aérea com a massa seca da parte aérea (H/MSPA), a relação da massa seca da parte aérea com a massa seca radicular (MSPA/MSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), que leva em consideração a produção de massa seca da parte aérea, das raízes e total, bem como a altura e o diâmetro do coleto das mudas (CHAVES e PAIVA, 2004).

De acordo com Silva et al. (2002b), a qualidade das mudas garantirá o sucesso do plantio, assim como um menor índice de mortalidade e, conseqüentemente, de replantio. Mudanças de baixo padrão de qualidade apresentam menores taxas de incremento $\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (CARNEIRO, 1995). Este mesmo autor afirma, ainda, que atraso no desenvolvimento implica em redução de ganhos de volume de madeira, assim como uma tendência de apresentar menor uniformidade e pior qualidade de fuste do povoamento.

As características morfológicas utilizadas para avaliação da qualidade das mudas não devem ser utilizadas isoladamente para classificação do padrão da qualidade das mudas, a fim de que não corra o risco de selecionar mudas mais altas, porém fracas, descartando as menores, mas com vigor (FONSECA et al., 2002).

2.4. NUTRIÇÃO DE PLANTAS

De acordo com Meurer (2007), existem dezessete elementos considerados essenciais ao crescimento das plantas: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni.

Os elementos C, H e O são supridos à planta essencialmente via CO_2 , na fotossíntese e via H_2O absorvida do meio de crescimento e convertidos em carboidratos simples. Os demais quatorze elementos essenciais são classificados em macro e micronutrientes e esta classificação é baseada na sua abundância na planta (MEURER, 2007).

Cada nutriente tem função específica no metabolismo da planta. O N é necessário para a síntese de clorofila, e é componente das vitaminas, dos sistemas energéticos e componente dos aminoácidos. Portanto, o N é diretamente responsável pelo incremento do conteúdo de proteínas (DECHEN

e NACHTIGALL, 2007). Para o mesmo autor, o P desempenha papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular.

O K funciona em processos osmóticos, na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na abertura e fechamento dos estômatos, na permeabilidade da membrana e no controle do pH (MALAVOLTA et al., 1997).

Para Carneiro (1995), Ca está envolvido no metabolismo do N e é necessário para o crescimento dos tecidos meristemáticos, apropriado desenvolvimento das mudas e importante para as funções das raízes. O mesmo autor cita que o Mg é utilizado na formação de clorofila além de estar envolvido em reações enzimáticas. Malavolta et al. (1997) complementa que o Ca tem muito efeito no crescimento e desenvolvimento da planta e comenta que a principal função do Mg na planta refere-se à sua presença na clorofila.

O S é um elemento importante para produção de aminoácidos, proteínas e clorofila e é um componente de vitaminas e de alguns hormônios, além de melhorar o crescimento das raízes promovendo seu vigor e robustez (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O fornecimento de micronutrientes é de extrema importância para que possa ocorrer o aproveitamento dos macronutrientes (CARNEIRO, 1995). Para o autor, os micronutrientes são fornecidos às mudas em quantidades suficientes pela própria composição química dos substratos, água de irrigação, atmosfera e outras fontes naturais. Geralmente a disponibilidade dos micronutrientes é reduzida com o aumento do pH, com exceção do Mo (MEURER, 2007).

O cobre é um nutriente exigido em pequenas quantidades pelas culturas, sendo um dos últimos a desenvolver sintomas visuais de deficiência, quando seu suprimento não atende à demanda das plantas (GRANGUEIRO, et al. 2003), participando de diversos processos metabólicos (MARSCHNER, 1995).

A importância do boro está ligada a formação da parede celular, mais especificamente na síntese de componentes, como a pectina, a celulose e a lignina (MARSCHNER, 1995; MORAES et al., 2002).

O manganês faz parte da molécula de clorofila e está diretamente envolvido no mecanismo da fotossíntese, por ser constituinte de uma proteína

envolvida na quebra da molécula da água durante o processo fotossintético (MARSCHNER, 1995).

O ferro é um elemento essencial às plantas, envolvido no mecanismo de transferência de elétrons nas reações de oxi-redução, participa no metabolismo dos ácidos nucléicos, faz parte na constituição de várias enzimas e regula vários processos bioquímicos como síntese de clorofila, fotossíntese e respiração, apresentando também funções na redução de nitritos e de sulfatos (FERRAREZI, 2006).

O elemento zinco é essencial para o crescimento das plantas quando em níveis adequados, desenvolvendo importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas, uma vez que forma grupo prostético de enzimas ou faz parte da estrutura de moléculas importantes (MARSCHNER, 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO

Os experimentos foram desenvolvidos no Viveiro Florestal do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (DEF/CCA-UFES), Alegre/ES, apresentando coordenadas geográficas de 20°45' S e 41°31' W, com altitude média de 277 m. O clima enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação anual média de 1104 mm e temperatura média anual de 24,1°C, com máximas diárias de 31°C e mínimas de 20,2°C (MAIA et al., 2007).

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As mudas foram produzidas em dois grupos de substratos, onde os tratamentos a serem testados foram constituídos com biossólido ou com esterco de animais, constituindo dois experimentos instalados concomitantemente.

Para cada experimento, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado constituindo dez tratamentos, com seis repetições por tratamento sendo cada repetição constituída por quatro plantas.

Os parâmetros analisados foram submetidos à análise estatística através de comparação de médias pelo teste Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade, por meio do software SAEG®.

No primeiro experimento optou-se por trabalhar usando diferentes proporções de biossólido (BIO) com casca de arroz carbonizada (CAC) ou fibra de coco triturada (FC). Utilizou-se o substrato comercial florestal (SC) como tratamento testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Substratos formulados (v:v) com biossólido (BIO), casca de arroz carbonizada (CAC) e fibra de coco triturada (FC)

Tratamentos ¹	BIO	CAC	FC
B1	100%	-	-
B2	80%	20%	-
B3	60%	40%	-
B4	40%	60%	-
B5	20%	80%	-
B6	80%	-	20%
B7	60%	-	40%
B8	40%	-	60%
B9	20%	-	80%
S10	100% Substrato comercial florestal		

¹ “B” – para evidenciar “biossólido”

No segundo experimento, foram utilizados esterco de animais: esterco de codorna (EC), esterco bovino (EB) e cama de frango (CF). Estes foram associados a diferentes proporções de terra de subsolo (TS). Para dar mais consistência e porosidade ao substrato, foi utilizada uma fração de 25% de substrato comercial florestal para todas as combinações entre esterco de animais e terra de subsolo (Tabela 3).

Tabela 3. Substratos formulados (v:v:v) com esterco bovino (EB), cama de frango (CF) e esterco de codorna (EC) associados à terra de subsolo (TS) e ao substrato comercial florestal (SC)

Tratamentos	SC	TS	EB	CF	EC
M1	25%	40%	35%	-	-
M2	25%	50%	25%	-	-
M3	25%	60%	15%	-	-
M4	25%	40%	-	35%	-
M5	25%	50%	-	25%	-
M6	25%	60%	-	15%	-
M7	25%	40%	-	-	35%
M8	25%	50%	-	-	25%
M9	25%	60%	-	-	15%
S10	100% Substrato comercial florestal				

¹ M – para evidenciar “manure” (esterco, no idioma inglês)

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

O biossólido utilizado no experimento foi doado pela Foz do Brasil S.A. (ETE de Cachoeiro de Itapemirim-ES). Na Tabela 4, observa-se que as quantidades de metais pesados poluentes presentes no biossólido são baixas, e de acordo com a resolução CONAMA – 375/2006, esse material está apto para uso em ambientes agrícolas.

Tabela 4. Concentração ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) de metais pesados poluentes no biossólido doado pela Foz do Brasil S.A. na Estação de Tratamento de Esgoto de Cachoeiro de Itapemirim-ES

Parâmetros	Resultados Analíticos ¹	Resolução CONAMA - 375/2006
Ar	<0,5	41
Ba	156	1300
Cd	<0,053	300
Pb	29	1500
Cu	98	1000
Cr	26	50
Mb	3,5	420
Ni	11	100
Se	<0,5	2800

¹ Análise realizada pela Foz do Brasil S.A.

Antes de ser utilizado na formulação dos substratos, o biossólido foi peneirado sobre malha de 3mm depois de permanecer por cerca de 30 dias em ambiente aberto.

A casca de arroz carbonizada e a fibra de coco triturada foram doadas pela Fibria Celulose S.A. (Unidade Aracruz-ES). Esses materiais são normalmente utilizados como componentes de substratos para produção de mudas das atividades da empresa.

O esterco bovino e o esterco de codorna foram coletados na Área Experimental do CCA/UFES. A cama de frango foi doada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus de Alegre-ES. O esterco bovino, a cama de frango e o esterco de codorna passaram por processo de estabilização biológica no próprio viveiro, durante cerca de 30, 60 e 90 dias, respectivamente, onde permaneceram depositados em local aberto. Depois de curtidos passaram por peneiras de 3mm de malha.

A terra de subsolo utilizada como componente de substrato foi um Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999b) coletado na profundidade de 20-40cm, na Área Experimental do CCA/UFES. Para compor o substrato, a terra de subsolo foi peneirada em malha de 3mm.

3.4. PRODUÇÃO DE MUDAS

Os experimentos foram instalados no dia 15 de dezembro de 2009, sendo as mudas avaliadas no dia 15 de março. Estas foram produzidas a partir de sementes, cujos frutos foram obtidos através de doação da empresa Floresteca S.A.

Para quebra de dormência, estes frutos foram colocados imersos em água por três noites e postos em pleno sol durante três dias, segundo recomendações de Figueiredo et al. (2005). Em seguida, os frutos foram colocados em canteiro de areia lavada para germinação.

Seguindo os tratamentos estabelecidos, foram realizadas as misturas utilizando-se proveta graduada para medir os volumes dos componentes a serem misturados. Os substratos formados foram homogeneizados e, em seguida, amostras de cada tratamento foram separadas para posteriores análises químicas e físicas.

Os recipientes usados para a produção de mudas foram cilindros cônicos de polipropileno com dimensões de 19 cm de comprimento, 5,2 cm de diâmetro de abertura superior, 1,3 cm de diâmetro de abertura inferior, e capacidade volumétrica de 280 cm³.

Com os substratos de cada tratamento homogeneizados e umedecidos, os tubetes foram preenchidos realizando leve compactação manual, de forma que o substrato se acomodasse dentro do tubete, tornando-o consistente.

Após atingirem altura entre cinco e sete centímetros, as plântulas foram repicadas para os tubetes, preenchidos com substratos de seus respectivos tratamentos. Os tubetes foram acondicionados, na casa de sombra (com sombrite de 50%), em bandejas de polipropileno com capacidade de 54 tubetes, sendo estas bandejas dispostas em bancadas suspensas a 80 cm do solo.

Após a repicagem, cada bandeja foi constituída de seis repetições (24 plantas). Sessenta dias depois, foi realizado um espaçamento das mudas, ficando então cada bandeja com três repetições (12 plantas). Com isso

aumentou-se o espaço entre as mudas, reduzindo a competição por luz, aumentando a aeração e melhorando a eficiência da irrigação.

As mudas permaneceram na casa de sombra durante 90 dias, sendo irrigadas quatro vezes ao dia, por sistema de irrigação automático. Para dias chuvosos, a irrigação foi cessada.

Visando avaliar somente a influência dos substratos na nutrição das mudas, não houve qualquer adubação de base e de cobertura.

3.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Os experimentos foram encerrados, noventa dias após a repicagem, com a avaliação das seguintes características:

- a) diâmetro do coleto (D), em mm, medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital;
- b) altura da parte aérea (H), em cm, determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em milímetros;
- c) massa seca radicular (MSR), em g.planta^{-1} : as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas em peneiras e, em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C até a obtenção de peso constante;
- d) massa seca da parte aérea (MSPA), em g.planta^{-1} : cortado ao nível do substrato, obtido a partir do material seco em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C até atingir peso constante;
- e) massa seca total (MST), em g.planta^{-1} , obtida através da soma da MSPA e MSR;
- f) relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D);
- g) relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca do radicular (MSPA/MSR).
- h) Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960; citado por FONSECA et al., 2002), calculado através da fórmula:

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST}}{\text{H/D} + \text{MSPA/MSR}}$$

3.6. ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO VEGETAL

Ao final do ciclo das mudas no viveiro (noventa dias após a repicagem), foi realizada a análise química da parte aérea das mudas para determinação dos teores dos nutrientes. A parte aérea de cada tratamento foi triturada, separada e identificada.

A determinação dos teores totais de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn, B) foi realizada no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) do DEF/CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES, segundo a metodologia descrita por EMBRAPA (1999a). Foram separadas três repetições por tratamento (sorteio entre as seis repetições dos tratamentos de cada experimento) do material triturado que posteriormente foram submetidas à análise estatística.

Para o cálculo do acúmulo de nutrientes da parte aérea das mudas, foi levado em consideração os teores de nutrientes multiplicando-se por sua respectiva massa.

3.7. ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS

Não existindo um padrão para análises químicas de substratos, e considerando que os compostos formados são orgânicos optou-se por realizar dois tipos de análises químicas dos substratos: método que determina os teores totais dos elementos contidos nos materiais e método que determina a quantidade de nutrientes disponível nos substratos.

Para determinação dos teores totais de nutrientes presentes no substrato foi utilizada a mesma metodologia de determinação dos teores totais do tecido vegetal, conforme EMBRAPA (1999a), realizada no LAFARSOL. Sendo que os substratos foram submetidos às análises antes do plantio das mudas.

A determinação dos teores disponíveis de nutrientes nos substratos foi realizada através do método descrito pela EMBRAPA (1999a), antes da repicagem, também no LAFARSOL.

3.8. ANÁLISE FÍSICA DOS SUBSTRATOS

As análises físicas realizadas corresponderam à determinação da densidade do substrato (densidade aparente), macroporosidade, microporosidade e porosidade total (volume total de poros).

Para as análises físicas foram separados três tubetes de cada tratamento, preenchidos com suas respectivas formulações, sem que houvesse repicagem das plântulas. Esses substratos permaneceram na casa de sombra durante 90 dias (15 de dezembro de 2009 a 15 de março de 2010), passando por condições iguais às que as mudas se desenvolveram, simulando condições reais de estruturação dos substratos.

Após esse período de tempo, os tubetes foram identificados, serrados com serra de arco, formando anéis de altura por volta de 5 cm e contidos com tecido tipo “filó” de malha fina enlaçados com elástico de borracha.

No LAFARSOL, os anéis foram saturados, colocados em placas de cerâmica e submetidos à pressão de -6kPa no extrator de Richards, até atingir a drenagem máxima da água proporcionada por esta pressão (EMBRAPA, 1999a). Os parâmetros físicos foram determinados seguindo as seguintes fórmulas:

- Macroporosidade (%) = $[(A-B) / C] \times 100$
- Microporosidade (%) = $[(B-D-E) / C] \times 100$
- Porosidade total (%) = Macroporosidade + Microporosidade
- Densidade aparente do substrato = $(D-E) / C$

Em que:

A = massa do substrato saturado; B = massa do substrato drenado (-6kPa); C = volume do anel; D = massa do substrato seco; E = massa do anel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a influência dos substratos na produção de mudas de *T. grandis*, foram avaliadas as características físicas e químicas dos substratos formulados com biossólido e esterco de animais, as características morfológicas e nutricionais das mudas produzidas nos diferentes substratos renováveis.

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

4.1.1. Substratos formulados com biossólido

Os valores médios em percentagem do volume total de poros, macro e microporosidade e os valores médios em g.cm^{-3} da densidade aparente são encontrados na Tabela 5. A análise de variância apresentou resultados significativos ($P < 0,01$) para a macroporosidade, microporosidade e densidade aparente, e não significativo ($P > 0,05$) para o volume total de poros (VTP).

Tabela 5. Médias em percentagem para volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC) e em g.cm^{-3} para densidade aparente (DENS) dos substratos formulados com biossólido

Tratamentos ²	VTP	MAC	MIC	DENS
	-----	% -----	-----	g.cm^{-3}
B1	64,20 a ¹	22,51 c	41,69 b	0,58 a
B2	65,21 a	23,85 c	41,36 b	0,52 b
B3	67,80 a	37,40 b	30,39 c	0,47 b
B4	74,18 a	49,80 a	24,39 d	0,39 c
B5	72,94 a	50,38 a	22,57 d	0,33 d
B6	67,05 a	32,30 b	34,75 c	0,47 b
B7	71,75 a	20,07 c	51,68 a	0,41 c
B8	72,38 a	31,61 b	40,76 b	0,36 c
B9	75,59 a	25,82 c	49,78 a	0,24 e
S10	75,30 a	29,65 b	45,65 b	0,32 d
CV (%)	9,93	19,54	8,40	7,82

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ² BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 – Substrato comercial florestal.

Os tratamentos formados com biossólido, biossólido e casca de arroz carbonizada, biossólido e fibra de coco triturada, e o tratamento com substrato comercial florestal, não apresentaram diferenças estatísticas para o volume total de poros, alcançando valores entre 64,20 a 75,59%. Kampf (2001) considera que a porosidade total de substratos deve estar estabelecida dentro de uma faixa ideal (75% a 90%), na qual estes apresentam melhor aeração, infiltração de água e capacidade de drenagem. Para Gonçalves e Poggiani (1996) a faixa da porosidade total deve estar situada entre 75 e 85%. Nesse sentido, os valores dos tratamentos com biossólido do presente estudo ficaram abaixo da faixa considerada ideal pelos autores, com exceção do tratamento B9 (20%BIO + 80%FC).

Os valores de macroporosidade ficaram entre 20,07 a 50,38%, sendo os maiores obtidos nos tratamentos B4 (40%BIO + 60%CAC) e B5 (20%BIO + 80%CAC). Já os menores índices foram determinados pelos tratamentos B7 (60%BIO + 40%FC) e B9 (20%BIO + 80%FC), juntamente com o tratamento B1 (100% BIO) e o tratamento B2 (80%BIO + 20%CAC).

As médias de microporosidade ficaram entre 22,57 a 51,68%, onde os tratamentos B7 (60%BIO + 40%FC) e B9 (20%BIO + 80%FC) proporcionaram os maiores valores. Já os tratamentos B4 (40%BIO + 60%CAC) e B5 (20%BIO + 80%CAC) demonstraram as menores médias deste parâmetro.

Nota-se que a casca de arroz carbonizada associada ao biossólido proporcionou aumento na macroporosidade ao substrato, enquanto que a fibra de coco triturada proporcionou aumento na microporosidade. Trigueiro (2002) reporta que a casca de arroz carbonizada, por ser um material leve e inerte, ocorre um acréscimo na porosidade do substrato à medida que se eleva a dosagem deste material na mistura, principalmente pela elevação no percentual de macroporos. Gonçalves & Poggiani (1996) citam que substratos leves, de baixas densidades como materiais incinerados e vermiculita, tendem a elevar a macroporosidade das misturas e reduzir a capacidade de retenção de água do substrato.

A fibra de coco triturada proporcionou um efeito positivo nas propriedades físicas do substrato, uma vez que apresentou uma maior quantidade de microporos que macroporos na sua porosidade total, e de

acordo com Fermino (2003), na medida em que se aumenta a proporção de microporos, diminui-se o espaço de aeração e aumenta-se a retenção de água e nutrientes.

Pode-se observar que quanto maior a quantidade de bio-sólido, independente se associado à casca de arroz carbonizada ou à fibra de coco triturada, ocorreu um aumento na densidade aparente do substrato. Os valores variaram entre 0,24 a 0,58 g.cm⁻³. O maior valor foi encontrado no tratamento B1 (100% BIO), diferenciando-se dos demais. Os tratamentos com 20% e 40% de CAC (T2 e T3) e 20% de FC (T6) apresentaram valores entre 0,45 e 0,55 g.cm⁻³, que de acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), é a faixa ideal para produção de mudas em substratos. Os tratamentos B4 (40%BIO + 60%CAC), B7 (60%BIO + 40%FC) e B8 (40%BIO + 60%FC) obtiveram valores de densidade aparente pouco abaixo do considerado ideal pelos autores. Já o tratamento B9 (20%BIO + 80%FC), apresentou isoladamente a média mais baixa dos tratamentos, devido à uma baixa proporção de bio-sólido no substrato formado.

Em estudo com substratos formulados com diferentes misturas entre casca de pinus com vermiculita, casca de arroz carbonizada, fibra de coco granula ou mista e vermicomposto, Almeida (2005) encontrou valores de porosidade total entre 69,1 a 87,6% e de macroporosidade entre 32,1 a 65,0%, sendo os maiores valores para substratos com 100% de casca de arroz carbonizada e os menores para 100% de casca de pinus com vermiculita. O mesmo autor constatou valores de microporosidade entre 22,6 a 41,7% e de densidade aparente entre 0,21 a 0,38%, em que o substrato formado apenas com casca de arroz carbonizada apresentaram as menores médias e o formado com 70% casca de pinus com vermiculita + 20% de casca de arroz carbonizada + 10% de vermicomposto apresentaram os maiores valores.

Schirmer (2010), trabalhando com lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Pinus elliottii*, encontrou valores de porosidade total igual a 83,5%, de macroporosidade igual a 22,0%, de microporosidade igual 61,5% e de densidade aparente igual 0,55 g.cm⁻³ para o substrato formado apenas com lodo de esgoto. Os valores de macroporosidade e de densidade aparente encontrados no B1 (100% BIO) do presente estudo foram próximos aos encontrados por Schirmer (2010).

Assim como o esperado, o volume total de poros e a densidade aparente dos substratos formulados com biossólido apresentaram correlação negativa ($R = -0,95^{**}$), assim como a macro e microporosidade, que também apresentaram correlação negativa ($R = -0,92^{**}$) (Apêndice 1).

4.1.2. Substratos formulados com esterco de animais

A análise de variância revelou que a utilização de esterco bovino ou cama de frango ou esterco de codorna como componente de substrato apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para o volume total de poros, macroporosidade, microporosidade e densidade aparente. Os valores médios em do volume total de poros, macro e microporosidade e da densidade aparente são encontrados na Tabela 6.

Tabela 6. Médias em percentagem para volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC) e em g.cm^{-3} para densidade aparente (DENS) dos substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos ²	VTP	MAC	MIC	DENS
	----- % -----	%	----- % -----	g.cm^{-3}
M1	58,12 b ¹	27,76 a	30,36 c	0,80 a
M2	56,79 b	21,33 b	35,46 b	0,81 a
M3	50,15 b	18,63 b	31,53 c	0,84 a
M4	53,69 b	23,85 a	29,84 c	0,71 b
M5	58,08 b	22,17 b	35,90 b	0,75 b
M6	49,42 b	18,64 b	30,78 c	0,87 a
M7	51,81 b	19,26 b	32,55 c	0,89 a
M8	58,87 b	21,84 b	37,03 b	0,81 a
M9	49,80 b	13,12 c	36,68 b	0,84 a
S10	75,30 a	29,65 a	45,65 a	0,32 c
CV (%)	9,35	14,34	10,16	6,72

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ² TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 - substrato comercial florestal (SC).

O fato de estes tratamentos serem constituídos por 40, 50 e 60% de terra de subsolo e uma quantidade fixa de 25% de substrato comercial,

proporcionou a estes substratos atributos físicos semelhantes entre os tratamentos.

Os valores do volume total de poros para os substratos produzidos com os esterco de animais ficaram entre 49,42 e 58,87%, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento S10 (substrato comercial florestal) foi superior a todos os demais tratamentos apresentando média de VTP igual a 75,30%.

A macroporosidade foi maior estatisticamente nos tratamentos M1 (40%TS + 35%EB) e com M4 (40%TS + 35%CF), juntamente com o tratamento S10 (substrato comercial florestal). Os demais tratamentos obtiveram médias inferiores à estes tratamentos, no entanto, não diferenciando-se entre si. Os valores de macroporosidade permaneceram entre 13,12 a 29,65%.

A microporosidade variou de 29,84 a 37,03%, sendo que os maiores valores foram obtidos nos tratamentos com 25% de cada esterco (M12, M15 e M18), juntamente com o tratamento com M9 (60%TS + 15%EC), diferenciando estatisticamente dos demais. A microporosidade no substrato comercial florestal (S10) foi estatisticamente superior aos tratamentos com resíduos de animais, apresentando média igual a 45,65%.

Apesar da alta relação entre a macro e a microporosidade, observa-se, no Apêndice 5, que a correlação entre ambos mostrou-se não significativa ($R=0,30^{ns}$). Possivelmente pelo de que o volume total de poros (MAC+MIC) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos formulados apenas com os esterco de animais.

Com relação à densidade do substrato, os valores ficaram entre 0,71 a 0,89 g.cm^{-3} para os substratos formados com os esterco de animais. As menores médias para estes tratamentos foram obtidas quando o substrato foi formado com 25 e 35% de CF (T15 e T14), mostrando que este resíduo é capaz de promover a redução da densidade do substrato. O substrato comercial apresentou média igual a 0,32 g.cm^{-3} , sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos.

De acordo com Fageria et al. (1999), o decréscimo da densidade e aumento da porosidade total, a mudança na distribuição do tamanho dos agregados e o aumento da capacidade de adsorção do solo (substrato) é um dos principais efeitos da matéria orgânica na mudança das características de

retenção de água para o substrato. A porosidade total aumenta com aplicação de matéria orgânica, aumentando as cargas negativas e assim a capacidade de retenção de água pelo substrato (EMERSON et al., 2003).

A correlação mostrou-se negativa ($R = -0,91^{**}$) entre o volume total de poros e densidade aparente (Apêndice 5) para os substratos formulados com esterco de animais.

4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Em vista da não padronização de análise química de substratos orgânicos, foram utilizados os métodos de determinação dos nutrientes pelos teores totais e pelos teores disponíveis. Em trabalhos avaliando substratos, alguns autores optaram pelo método de determinação dos teores totais, como Guerrini e Trigueiro (2004), Faustino et al. (2005) e Krolow (2007). Outros autores, como Almeida (2005), Lucena et al. (2007) e Schirmer (2010), preferiram trabalhar com os teores disponíveis de nutrientes para análise dos substratos.

4.2.1. Substratos formulados com bio sólido

Os resultados da determinação de pH, dos teores totais e disponíveis de macro e micronutrientes, da acidez potencial (H+Al), da capacidade de troca de cátions (CTC), da soma de bases (SB), da saturação por bases (V) e por Al (m) para os substratos formulados com bio sólido são apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Os teores de Ca disponíveis aumentaram com a redução da proporção de casca de arroz carbonizada ou fibra de coco triturada associada ao bio sólido no substrato. Enquanto que os teores disponíveis de Mg foram semelhantes em para os substratos formulados com fibra de coco triturada (B6, B7, B8 e B9) e diminuíram em razão do aumento de casca de arroz ao substrato, ou seja, os teores de Mg disponíveis nos tratamentos com casca de arroz carbonizada (B2, B3, B4 e B5), foram disponibilizados principalmente pelo bio sólido presente nesses substratos. Gonçalves e Poggiani (1996) indicam que os teores disponíveis de Ca e Mg em CAC são muito baixos, quase nulos, concordando com os resultados aqui obtidos.

Tabela 7. Teores disponíveis de macronutrientes e das características químicas dos substratos formulados com biossólido

Tratamentos ¹	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m
		----- mg.dm ⁻³ -----			----- cmol _c .dm ⁻³ -----				----- % -----			
B1	5,0	195	68	17	16,3	2,1	0,1	9,8	28,5	18,7	65,5	0,3
B2	5,1	193	290	17	15,4	2,1	0,1	8,2	26,5	18,3	69,2	0,3
B3	5,2	180	435	13	9,9	1,5	0,1	7,7	20,4	12,6	61,9	0,4
B4	5,4	182	726	13	4,9	0,9	0,1	6,2	13,9	7,6	55,2	0,6
B5	5,9	146	1005	20	4,6	0,9	0,1	2,8	11,1	8,2	74,4	0,6
B6	4,8	208	321	22	13,9	2,2	0,1	14,3	31,4	17,1	54,4	0,6
B7	4,6	171	637	27	11,1	2,2	0,1	11,2	26,3	15,1	57,3	0,7
B8	4,5	154	945	30	8,1	2,1	0,2	17,8	30,6	12,8	41,8	1,2
B9	4,9	152	1455	55	7,2	2,5	0,2	20,2	33,7	13,6	40,3	1,5
S10	4,6	337	399	15	10,2	6,6	0,3	10,3	28,2	17,9	63,4	1,6
CAC	7,6	61	1030	8	0,3	0,3	0,0	0,0	3,27	3,3	100	0,0
FC	5,4	65	1035	35	2,3	1,8	0,2	29,4	36,3	6,9	19,1	2,8

¹BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 – Substrato comercial florestal.

Tabela 8. Teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos substratos formulados com biossólido

Tratamentos ¹	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	C/N
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹					g.kg ⁻¹	
B1	13,3	2,5	0,8	8,9	2,4	0,14	231	17480	157	53	8	65,5	2,9
B2	13,0	2,9	1,3	8,2	2,1	0,17	247	17200	185	58	6	97,2	4,3
B3	9,8	2,8	1,6	6,2	1,9	0,19	209	17280	184	43	6	130,6	7,7
B4	10,5	2,3	2,7	4,0	1,7	0,11	183	12560	277	37	5	170,4	9,4
B5	7,0	1,7	3,6	5,5	1,6	0,11	241	11040	322	28	16	241,1	19,9
B6	11,2	2,3	1,2	5,5	1,8	0,14	225	15560	128	51	6	79,6	4,1
B7	12,3	2,7	2,6	9,2	3,1	0,12	265	17000	178	65	12	124,8	5,9
B8	10,5	2,7	3,1	7,7	2,6	0,14	240	15000	148	92	15	153,8	8,5
B9	9,8	2,5	7,4	6,3	4,9	0,16	230	12080	158	64	24	151,9	9,0
S10	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	44	9200	199	10	14	145,9	9,6
CAC	4,6	1,1	6,5	2,1	1,0	0,06	44	506	492	8	6	320,5	40,4
FC	5,3	1,3	12,2	10,9	5,2	0,18	87	1130	78	50	50	213,3	23,3

¹BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 – Substrato comercial florestal.

Os valores de pH dos tratamentos formulados com biossólido podem ser considerados de baixa acidez, de acordo com Alvarez V. et al. (1999), e variaram de 4,5 a 5,9. Constatou-se que o aumento na proporção de casca de arroz aos substratos proporcionou elevação do pH dos mesmos.

Os substratos apresentaram P disponível entre 146 a 337 mg.dm³, sendo o maior valor no substrato comercial florestal (S10). De acordo com a classificação de interpretação proposta por Gonçalves e Poggiani (1996), os valores de P podem ser considerados “baixos”, com exceção dos tratamentos B6 (80%BIO + 20%FC) e S10 (substrato comercial florestal), que devem ser classificados como “médios” (tabela 1). Para os mesmo autores, os teores disponíveis de K em todos os tratamentos podem ser considerados “altos”. É possível observar que, tanto a CAC quanto a FC, contribuíram significativamente para os aumentos dos teores de K disponíveis nos substratos.

A CTC dos tratamentos pode ser classificada como “alta” ou “adequada” para todos os tratamentos, com exceção do tratamento B4 (40%BIO + 60%CAC) e B5 (20%BIO + 80%CAC), que devem ser classificada como “média” (GONÇALVES e POGGIANI, 1996). Os valores de CTC ficaram entre 11,1 e 33,7 cmol_c.dm⁻³, e para os mesmos autores, a CTC “adequada” deve ser maior que 20 cmol_c.dm⁻³ (tabela 1).

Os tratamentos com a casca de arroz carbonizada, proporcionaram aumento de pH e com isso diminuição da acidez potencial (H+Al), aumento na saturação por bases(V) e diminuição na saturação por Al (m).

Os teores totais de N e P foram de 7,0 a 13,3, e 1,7 a 2,9 g.kg⁻¹, respectivamente, sendo os menores encontrados no tratamento T5 (20%BIO + 80%CAC) e os maiores no tratamento T1 (100% BIO). Os teores totais de N e P apresentaram correlação positiva significativa (R= 0,71**) (Apêndice 2). De acordo com Guerrini e Trigueiro (2004), o biossólido contém teores razoáveis de nutrientes, mas em destaque N e P. Estes autores encontraram para o tratamento constituído apenas por biossólido valores iguais a 57,2 e 25,3 g.kg⁻¹ de N e P, respectivamente, ou seja, valores maiores que os encontrados neste estudo.

Assim como os para teores disponíveis, os teores totais de K cresceram em função do aumento de CAC ou FC associada ao substrato. Já

os teores totais de Ca, Mg e S não variaram muito em razão da maior ou menor quantidade de casca de arroz carbonizada ou fibra de coco triturada no substrato. Para Costa et al. (2007), a FC apresentou teores de K, Ca, Mg e S iguais a 11,5; 4,5; 2,0 e 0,2 g.kg⁻¹, respectivamente, indicando valores próximos para K e S deste estudo.

Na análise dos micronutrientes, é possível observar que o aumento da CAC associada ao biofóssido proporcionou diminuição dos teores de Fe e Cu, e elevação dos teores de Mn. Trigueiro (2002) observou que os teores totais de Fe, Cu e Mn diminuíram com o aumento de CAC ao substrato.

A FC associada ao biofóssido proporcionou aumento nos teores de B em razão de seu acréscimo ao substrato, os demais micronutrientes analisados, praticamente se mantiveram constantes se comparados aos teores do tratamento apenas com biofóssido (B1). Rosa et al. (2001), em caracterização do pó da casca de coco como substrato, encontrou teores totais de Zn, Mn e Cu (31,8; 23,3 e 6,6 mg.kg⁻¹, respectivamente) abaixo dos obtidos neste trabalho, já para Fe (1973 mg.kg⁻¹) os valores foram superiores.

A MO e a relação C/N aumentaram em razão da maior proporção de fibra de coco triturada e casca de arroz carbonizada. Os teores de MO variaram de 65,5 g.kg⁻¹, no tratamento B1 (100%BIO), a 241,1 g.kg⁻¹, no tratamento B5 (20%BIO + 80%CAC). Para todos os substratos formulados, com exceção do tratamento B5 (20%BIO + 80%CAC), os valores encontrados foram “adequados” ou “baixos” (CARNEIRO, 1995; GONÇALVES e POGGIANI, 1996; CANTARELA, 2007), indicando um rápido processo de decomposição, liberando rapidamente N para as plantas. A MO e a relação C/N apresentaram correlação significativa positiva (R= 0,95**), conforme Apêndice 2.

Em geral, as relações C/N encontradas em todos os tratamentos deste estudo foram menores que as obtidas por outros trabalhos. Avaliando diferentes substratos, Almeida (2005) obteve no substrato formulado com 100% de casca de arroz carbonizada relação C/N igual 165,28/1, valor maior do que o obtido para a casca de arroz carbonizada pura deste trabalho. Guerrini e Trigueiro (2004), também encontraram valor da relação C/N maiores que neste estudo para casca de arroz carbonizada e biofóssido, para casca de arroz pura a relação foi igual a 63/1 e biofóssido puro igual a 7/1.

4.2.2. Substratos formulados com esterco de animais

Os valores de pH, teores totais e disponíveis de macro e micronutrientes, acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC), da soma de bases (SB), da saturação por bases (V) e por Al (m) dos substratos formulados com esterco de animais são apresentados nas Tabelas 9 e 10.

O pH obtido nos tratamentos com resíduos orgânicos de animais variou entre 6,1 a 7,2. Os maiores valores foram obtidos nos tratamentos com EB e os menores com CF. Como o pH da terra de subsolo é considerado alto (SOUSA et al., 2007), os resíduos pouco contribuíram para variação dos substratos formados.

Os teores de P dos substratos variaram de 76 a 897 mg.dm⁻³, sendo o maior valor encontrado no tratamento M7 (40%TS + 35%EC) e o menor no tratamento M3 (60%TS + 15%EB). De acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), o nível de P disponível nos tratamentos formulados com esterco bovino (M1, M2 e M3) podem ser classificados como “baixo”, os tratamentos com 25 ou 35% de esterco de codorna ou cama de frango (M4, M5, M7 e M8) como “alto”. Já para K, os tratamentos alcançaram valores entre 399 a 1590 mg.dm⁻³, sendo o esterco bovino o material que proporcionou maior disponibilidade de K nos substratos. Os níveis K disponíveis, para todos os tratamentos, podem ser classificados como “altos” (GONÇALVES e POGGIANI, 1996).

A utilização dos resíduos de animais proporcionou aumento na salinidade dos substratos. À medida que aumentou a quantidade dos resíduos obteve-se aumento dos teores de Na, sendo mais evidente nos tratamentos com esterco de codorna.

Os níveis de Ca disponíveis mantiveram-se semelhantes nos tratamentos com EB e CF, enquanto que o EC proporcionou maior disponibilidade deste nutriente no substrato.

Os teores disponíveis de Mg aumentaram com a maior proporção de EB e CF no substrato, ao passo que o não houve tendência linear de disponibilidade deste nutriente para o EC.

Para os tratamentos formulados com esterco de animais não houve qualquer disponibilidade de Al e conseqüentemente a saturação por Al (m) foi nula.

Tabela 9. Teores disponíveis de macronutrientes e características químicas dos substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos ¹	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m
		----- mg.dm ⁻³ -----			----- cmol _c .dm ⁻³ -----				----- % -----			
M1	7,1	157	1590	80	5,6	4,5	0,0	1,3	15,9	14,5	91,6	0,0
M2	6,9	86	1255	65	5,2	3,0	0,0	1,0	12,7	11,7	92,1	0,0
M3	7,2	76	739	32	5,4	2,9	0,0	0,7	11,1	10,3	93,2	0,0
M4	6,1	589	838	70	5,3	6,4	0,0	6,3	20,4	14,1	69,0	0,0
M5	6,5	592	694	60	5,7	5,6	0,0	3,0	16,3	13,3	81,6	0,0
M6	6,4	286	491	40	5,6	4,6	0,0	4,2	15,9	11,7	73,3	0,0
M7	6,9	897	1180	180	5,5	4,8	0,0	3,2	17,4	14,1	81,3	0,0
M8	6,7	619	862	119	5,1	6,2	0,0	2,5	16,5	14,0	84,9	0,0
M9	6,5	371	546	72	4,8	2,7	0,0	3,5	12,8	9,3	72,6	0,0
S10	4,6	337	399	15	10,2	6,6	0,3	10,3	28,2	17,9	63,4	1,6
TS	6,9	17	21	5	2,9	1,0	0,0	0,7	4,72	4,0	84,1	0,0
EB	8,3	532	4825	205	5,1	5,4	0,0	0,0	23,8	23,8	100	0,0
CF	6,3	2847	785	90	5,4	8,2	0,0	12,8	28,8	15,9	55,4	0,0
EC	7,6	2525	3585	545	3,7	6,2	0,0	3,3	24,7	21,4	86,5	0,0

¹TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 – substrato comercial florestal (SC).

Tabela 10. Teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos ¹	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	C/N
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹					g.kg ⁻¹	
M1	2,1	1,1	2,2	6,1	2,6	0,07	52	32640	154	10	4	33,1	9,1
M2	1,8	0,9	1,7	7,2	3,5	0,06	47	31520	118	7	4	30,4	9,8
M3	1,8	0,9	1,4	9,3	3,4	0,06	40	32400	109	8	4	26,5	8,5
M4	3,9	3,0	1,4	6,7	2,5	0,06	110	29160	138	22	7	34,1	5,1
M5	2,5	1,6	1,4	13,0	2,2	0,06	69	34680	125	14	2	27,1	6,3
M6	2,5	1,6	1,4	4,5	1,9	0,06	66	35280	109	16	5	24,3	5,6
M7	3,2	3,0	1,8	19,1	2,3	0,07	94	33240	121	17	9	36,8	6,7
M8	2,1	2,1	1,7	14,2	2,2	0,07	79	36160	128	14	6	32,5	9,0
M9	2,5	1,3	1,3	4,9	1,3	0,07	61	37560	91	14	7	25,0	5,8
S10	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	44	9200	199	10	14	145,9	9,6
TS	0,4	0,5	0,8	11,4	2,2	0,06	39	37880	83	11	9	7,0	10,2
EB	4,6	1,6	4,5	12,7	5,1	0,05	68	12560	216	11	10	84,0	10,6
CF	7,7	4,6	2,4	14,2	5,7	0,06	256	7600	259	40	18	81,0	6,1
EC	7,7	4,8	4,3	35,7	4,8	0,09	219	9720	197	25	17	107,7	8,1

¹TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 – substrato comercial florestal (SC).

A CTC pode ser considerada “média” para quase todos os tratamentos, segundo Gonçalves e Poggiani (1996), que aceitam essa classificação quando os valores de CTC permanecem entre 10-20 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ (Tabela 1). Somente o tratamento M4 (40%TS + 35%CF), cuja CTC foi de 20,4 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, deve ser classificado com “alta”.

Os teores totais de N dos tratamentos formulados com esterco de animais ficaram abaixo do tratamento S10 (substrato comercial florestal), com valores entre 1,8 a 3,9 g.kg^{-1} , próximos aos teores encontrados por Melo et al. (2008), que observaram valores médios iguais a 1,1 g.kg^{-1} para esterco bovino, 3,3 g.kg^{-1} para esterco de codorna e 4,6 g.kg^{-1} para esterco de galinha. Não houve variação dos teores de N-total entre os tratamentos formulados com esterco bovino (M1, M2 e M3). Já os tratamentos com cama de frango (M4, M5 e M6) e esterco de codorna (M7, M8 e M9) houve uma tendência de aumento nos teores de N em razão do aumento da quantidade desses resíduos no substrato.

Os tratamentos com esterco de animais apresentaram teores totais de P entre 0,9 a 3,0 g.kg^{-1} , sendo o maior teor para os tratamentos M4 (40%TS + 35%CF) e M7 (40%TS + 35%EC), evidenciando a importância desses materiais para o fornecimento desse nutriente. Lucena et al. (2007) encontraram teores totais de P iguais a 1,5 g.kg^{-1} para esterco de frango e de 0,6 g.kg^{-1} para esterco bovino.

No que se refere aos teores totais de K, Mg e S, os mesmos permaneceram semelhantes entre os tratamentos, não existindo grandes diferenças destes nutrientes entre os substratos formados. Fato que não ocorreu para Ca, este apresentou teores entre 4,5 a 19,1 g.kg^{-1} , sendo os tratamentos com esterco de codorna (M7, M8 e M9) os valores mais expressivos.

Os teores de Zn, Mn, Cu e B foram mais expressivos quando os esterco de animais se apresentaram em maiores proporções nos substratos, confirmando a importância desses materiais para o fornecimento de alguns micronutrientes.

A matéria orgânica constituída nos substratos formulados com os esterco de animais apresentou valores entre 24,3 a 36,8 g.kg^{-1} . Foi observado

que com o aumento da proporção desses materiais no substrato ocorre uma elevação dos níveis MO do mesmo.

A relação C/N dos tratamentos variou de 5,1 a 9,8/1, o que reflete uma rápida decomposição do material, liberando rapidamente o N incorporado nos resíduos (CANTARELA, 2007).

Com materiais puros, Melo et al. (2008), encontrou em esterco bovino, de frango e de codorna teores de MO iguais a 255, 453 e 466 g.kg⁻¹, respectivamente. O mesmo autor observou que a relação C/N desses materiais variou de 4 a 11/1, sendo o maior valor para o esterco bovino, devido à menor quantidade de N presente no material.

Levando em consideração os resultados de MO no esterco bovino, esterco de codorna e cama de frango puros do presente estudo, observa-se que não houve semelhança com os resultados obtidos por Melo et al. (2008). Essa diferença nos resultados pode ser em função no processo de compostagem dos materiais e a alimentação dos animais geradores destes resíduos. Contudo, os valores da relação C/N obtidas neste estudo foram semelhantes aos obtidos pelo autor acima.

4.3. PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

4.3.1. Substratos formulados com biossólido

A análise de variância dos tratamentos com biossólido associado à casca de arroz carbonizada ou à fibra de coco triturada apresentou diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, massa seca total, relação massa seca da parte aérea/radicular e índice de qualidade de Dickson.

4.3.1.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação entre altura e diâmetro

Na tabela 11 estão apresentados os valores médios dos tratamentos e os resultados do teste de Scoot-Knoot para altura (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D).

Tabela 11. Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D) e relação altura/diâmetro (H/D) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas com bio sólido

Tratamento ²	H	D	H/D
	----- cm -----	----- mm -----	
B1	27,36 b ¹	6,64 b	4,14 d
B2	34,70 a	6,74 b	5,15 c
B3	35,86 a	6,32 c	5,67 b
B4	35,21 a	5,72 d	6,18 a
B5	22,08 c	5,66 d	3,91 d
B6	30,27 b	7,37 a	4,11 d
B7	26,37 b	7,39 a	3,56 d
B8	27,78 b	7,00 b	3,96 d
B9	19,43 c	6,28 c	3,09 e
S10	10,13 d	3,70 e	2,75 e
CV (%)	9,85	6,78	9,55

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ²BIO (bio sólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 – Substrato comercial florestal.

As mudas de *T. grandis* apresentaram valores médios de altura da parte aérea entre 10,13 e 35,86 cm. Os tratamentos em que o bio sólido estava associado à casca de arroz carbonizada proporcionaram maior crescimento em altura, nos tratamentos B2 (80%BIO + 20%CAC), B3 (60%BIO + 40%CAC) e B4 (40%BIO + 60%CAC), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos.

Os tratamentos B6 (80%BIO + 20%FC), B7 (60%BIO + 40%FC) e B8 (40%BIO + 60%FC), onde o bio sólido formou composto com a fibra de coco triturada, juntamente com substrato constituído apenas por bio sólido (B1), foram obtidas as médias de altura inferiores somente aos tratamentos B2, B3 e B4.

Os tratamentos B5 (20%BIO + 80%CAC) e B9 (20%BIO + 80%FC) proporcionaram os menores crescimentos em altura comparando aos demais tratamentos constituídos com bio sólido. Os tratamentos B5 e B9

apresentaram-se estatisticamente superiores apenas ao tratamento S10 (substrato comercial florestal).

Nesse sentido, nota-se que o bio sólido influenciou positivamente o crescimento em altura das mudas de *T. grandis*. Os altos teores de nutrientes e matéria orgânica na composição desses resíduos (Tabelas 7 e 8) contribuíram para tal fato. Teores elevados de N e P são altamente requeridos nos estádios iniciais de desenvolvimento das mudas (NEVES et al.,1990), atuando no arranque inicial do crescimento da parte aérea. De acordo com Faustino et al. (2005), o crescimento em altura está relacionado aos acréscimos de matéria orgânica no substrato.

A correlação foi positiva e significativa para o crescimento em altura e os teores totais de N ($R= 0,47^*$) e P ($R= 0,70^{**}$), no entanto, a correlação foi significativa e negativa entre altura e MO ($R= -0,53^*$), conforme Apêndice 2.

Trabalhando com solução nutritiva completa e com omissão alternada de N, P, K, Ca, Mg e S na produção de mudas de *T. grandis*, Barroso et al. (2005), concluíram que o crescimento inicial das mudas foi afetado pela omissão de todos os macronutrientes, sendo os danos mais intensos e imediatos observados na ausência de N e Ca.

As maiores médias de diâmetro do coleto foram encontradas nos tratamentos B6 (80%BIO + 20%FC) e B7 (e 60%BIO + 40%FC) diferenciando-se das demais. As mudas produzidas no tratamento B1 (100%BIO), B2 (80%BIO + 20%CAC) e B8 (40%BIO + 60%FC) apresentaram crescimento em diâmetro inferior apenas aos tratamentos B6 e B7.

Levando-se em consideração que as maiores médias de diâmetro de coleto foram alcançadas nos tratamentos em que o bio sólido formava composto com a fibra de coco triturada, pode-se dizer que houve uma tendência de que os teores de K presentes na fibra de coco triturada (Tabela 7 e 8) contribuíram para o crescimento do diâmetro do coleto das mudas de *T. grandis*. O K, além de regular a abertura estomática, promove o engrossamento do caule das mudas, na fase de produção (VALERI e CORRADINI, 2005).

De acordo com Silva et al. (1997), ao trabalharem com 14 espécies florestais, concluíram que o fornecimento de K na fase inicial de desenvolvimento das mudas afetou positivamente no crescimento em diâmetro

da maioria das espécies pioneiras e secundárias estudadas. Fato também ocorrido com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em estudo com doses crescentes de K (D'AVILA, 2008).

Em estudo em resposta ao crescimento de *T. grandis* a fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, Abod e Siddiqui (2002) verificaram que o crescimento em diâmetro é afetado por N e K, mas não pelo P. Estes autores concluíram que o N tem sido chamado de elemento de crescimento porque é parte vital do protoplasma da planta, e o K está envolvido na atividade enzimática, sendo que sua deficiência impede que haja deposição de carboidratos e que o nitrogênio seja metabolizado.

Os tratamentos B4 (40%BIO + 60%CAC) e B5 (20%BIO + 80%CAC) proporcionaram crescimento em diâmetro do estatisticamente superior apenas ao tratamento S10 (substrato comercial florestal). Fato semelhante ocorrido à Saidelles et al. (2009), que, ao trabalharem com duas espécies florestais, utilizando casca de arroz carbonizada para a produção de mudas, verificaram que valores maiores que 50% de CAC proporcionaram perda no crescimento em diâmetro do coleto para tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) e Garapa (*Apuleia leiocarpa*).

É possível observar nas Tabelas 7 e 8 que os valores de K para a casca de arroz carbonizada e para os compostos formados com esse material são altos. No entanto, nota-se que o crescimento observado para os tratamentos com esse material foi inferior aos tratamentos compostos pela fibra de coco triturada, que também apresentam altos teores de K. É bem provável que os substratos formados com a casca de arroz carbonizada não obtiveram tanto crescimento de diâmetro pelo fato deste material apresentar baixa capacidade de retenção de água, devido a uma baixa microporosidade (Tabela 5), afetando não só na disponibilidade, mas também na eficiência do fornecimento de água e nutrientes, principalmente o K, para as plantas. Segundo Ernani et al. (2007), a lixiviação de K aumenta em razão da quantidade de água que percola no perfil. A macroporosidade (Tabela 5) proporcionada pela casca de arroz carbonizada nos tratamentos formulados com este material aumentou a percolação de água nos substratos.

A relação altura/diâmetro variou entre 2,75 a 6,18, sendo a maior obtida no tratamento B4 (40%BIO + 60%CAC), devido ao alto crescimento da

parte aérea e aos baixos valores de diâmetro do coleto, apresentando cociente igual a 6,18, dentro da faixa considerada ideal por Carneiro (1995), que aceita valores entre 5,4 e 8,1 como intervalo de balanceamento entre ambos os parâmetros, exprimindo o equilíbrio do desenvolvimento das mudas no viveiro. Dentro desta faixa também se encontram os tratamentos B1 (100% BIO) e B3 (60%BIO + 40%CAC), apresentando boa harmonização entre o crescimento da parte aérea e do diâmetro do coleto. Os demais tratamentos ficaram abaixo da faixa citada pelo autor, no entanto, estas mudas não devem ser desconsideradas, uma vez que a principal desvantagem deste método é que o sistema radicular não é avaliado (CARNEIRO, 1995).

4.3.1.2. Massa seca da parte aérea, radicular, total e relação entre a massa seca aérea e radicular

Os valores médios dos tratamentos e os resultados do teste de Scott-Knoot a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR) são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Médias da massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas com biossólido

Tratamentos ²	MSPA	MSR	MST	MSPA/ MSR
	----- g.planta ⁻¹ -----			
B1	4,79 b ¹	1,90 d	6,69 c	2,56 a
B2	7,92 a	3,34 c	11,25 a	2,38 a
B3	7,58 a	3,15 c	10,73 a	2,43 a
B4	6,01 b	2,69 d	8,69 b	2,35 a
B5	2,37 d	4,09 b	6,46 c	0,58 c
B6	5,70 b	4,03 b	9,72 a	1,52 b
B7	4,78 b	5,56 a	10,34 a	0,87 c
B8	5,28 b	2,44 d	7,72 b	2,17 a
B9	3,53 c	1,98 d	5,51 c	1,80 b
S10	0,99 e	0,69 e	1,68 d	1,54 b
CV (%)	17,63	20,52	17,09	16,17

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ²BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 – Substrato comercial florestal.

Os resultados expressos indicam que as características dos tratamentos formados com biossólido propiciaram melhoria nas propriedades físicas (Tabela 5) e químicas (Tabela 7 e 8) dos substratos e conseqüentemente maiores ganhos em massa da parte aérea. Santos et al. (2008), em estudo com sete espécies arbóreas nativas, verificaram que, ao se elevar o fornecimento de P ocorreram aumentos na produção de massa seca da parte aérea para as espécies estudadas. Em estudo com *Pinus elliottii* produzidos em diferentes substratos, Schirmer (2010) obteve os maiores valores de massa da parte aérea em substratos produzidos com biossólido e turfa fértil, conseguindo médias superiores ao tratamento testemunha com substrato comercial.

As mudas de *T. grandis* obtiveram apresentaram massa seca radicular variando entre 0,69 a 5,56 g.planta⁻¹. O maior valor foi obtido no tratamento B7 (60%BIO + 40%FC), diferenciando-se dos demais. Logo em seguida vieram os tratamentos B5 (20%BIO + 80%CAC) e B6 (80%BIO + 20%FC). Os tratamentos B1 (100%BIO), B4 (40%BIO + 60%CAC), B8 (40%BIO + 60%FC) e B9 (20%BIO + 80%FC) obtiveram médias de massa seca radicular superiores apenas ao tratamento S10 (substrato comercial florestal).

De acordo com Buckeridge et al. (2004), raízes primárias e raízes jovens respiram muito intensamente e para essas raízes, o oxigênio necessário para o processo respiratório, advém do próprio solo (substrato). Logo, existe a necessidade do substrato apresentar boa aeração, facilitando as trocas gasosas. O tratamento B7 (60%BIO + 40%FC), assim como os tratamentos B5 (20%BIO + 80%CAC) e B6 (80%BIO + 20%FC), além de apresentarem características químicas ideais (Tabela 7 e 8), proporcionam atributos físicos (Tabela 5) que conferem a esses substratos características que permitem o crescimento radicular, ou seja, capazes de reter água e nutrientes e ainda promover trocas gasosas fundamentais para o crescimento das raízes.

Conforme Bengough e Mullins (1990) a impedância mecânica é uma das causas de variação do crescimento das raízes no solo ou substrato. O termo impedância mecânica corresponde à resistência do solo ou substrato à penetração da raiz. Como podem ser observados na Tabela 5, os tratamentos constituídos com biossólido e casca de arroz carbonizada ou fibra de coco

triturada apresentam baixa densidade aparente e por isso pouca resistência ao crescimento radicular.

Em estudo com *Senna siamea*, Faustino et al. (2005), trabalhando com doses de biofóssido associado terra de subsolo na produção de mudas em tubetes, constataram, sessenta dias após a semeadura, que a maior em massa seca radicular foi obtida no tratamento com 75% de BIO. Já Trigueiro e Guerrini (2003), testando biofóssido com casca de arroz carbonizada na produção de mudas de eucalipto, verificaram que os tratamentos com 50 e 60% de biofóssido apresentaram os maiores ganhos em massa radicular, não diferenciando do tratamento testemunha (substrato comercial). Cunha et al. (2006) avaliando o efeito de diferentes substratos sobre o crescimento de mudas de *Acacia* sp. verificaram que o substrato composto de biofóssido em sua totalidade proporcionou maior crescimento nas mudas de *A. mangium* e *A. auriculiformis* no acúmulo de massa seca radicular.

A massa seca total foi de 1,68 g.planta⁻¹ para o tratamento S10 (substrato comercial florestal), e variou de 5,51 a 11,25 g.planta⁻¹ para os tratamentos com biofóssido, mostrando que as características dos substratos formados com esse resíduo proporcionaram ganho em massa total nas mudas de *T. grandis*. As maiores médias de massa total foram obtidas nos tratamentos B2 (80%BIO + 20%CAC), B3 (60%BIO + 40%CAC), B6 (80%BIO + 20%FC) e B7 (60%BIO + 40%FC). Os tratamentos B4 (40%BIO + 60%CAC) e B8 (40%BIO + 60%FC) apresentaram médias no ganho de biomassa total estatisticamente inferiores apenas aos tratamentos B2, B3, B6 e B7. Já os tratamentos B1 (100% BIO), B5 (20%BIO + 80%CAC) e B9 (20%BIO + 80%FC) proporcionaram ganho em massa total superior apenas ao tratamento S10 (substrato comercial florestal).

Nóbrega et al. (2007) avaliando o crescimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) submetidas à diferentes doses de terra de subsolo e biofóssido (100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80) sem adubação mineral, constatou que o biofóssido melhorou a fertilidade do substrato, o que proporcionou aumento na biomassa total. Na avaliação de mudas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com 100 dias após estaqueamento, Rocha et al. (2010) verificaram que o composto de lodo de esgoto associado à casca de arroz carbonizada, em diferentes proporções, apresentou valores de massa seca

total entre 6,9 a 19,0 g.planta⁻¹, sendo a maior massa obtida no tratamento constituído apenas com lodo de esgoto.

Tratando-se da relação massa seca da parte aérea pela massa seca radicular é possível observar que foram encontrados valores entre 0,58 a 2,56. As maiores relações foram encontradas nos tratamentos B1 (100% BIO), B2 (80%BIO + 20%CAC), B3 (60%BIO + 40%CAC), B4 (40%BIO + 60%CAC) e B8 (40%BIO + 60%FC), onde ocorreu um crescimento desproporcional da parte aérea em relação à raiz. Os tratamentos B6 (80%BIO + 20%FC), B9 (20%BIO + 80%FC) e S10 (substrato comercial florestal) apresentaram relação MSPA/MSR >1 e <2, demonstrando um maior equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e da raiz (CARNEIRO, 1995). Já os tratamentos B5 (20%BIO + 80%CAC) e B7(60%BIO + 40%FC) apresentaram a relação MSPA/MSR <1, verificando um maior crescimento radicular em relação à parte aérea, devido a um aumento da porosidade total e a uma baixa densidade aparente proporcionada por esses substratos (Tabela 5), facilitando o crescimento radicular destas mudas.

Avaliando composto de lodo de esgoto para produção de mudas de espécies exóticas e nativas, Padovani (2006) encontrou valor igual a 1,24 produzidas apenas com biossólido e valor igual a 0,92 na proporção 60% de biossólido e 40% de casca de arroz carbonizada, para mudas de ingá (*Inga uruguensis*). O mesmo autor, trabalhando com mirindiba-rosa (*Lafoensia glyptocarpa*), obteve valores entre 1,25 a 1,97, demonstrando equilíbrio entre o crescimento aéreo e o radicular.

O N e o P apresentaram correlação significativa positiva com a massa seca da parte aérea (R= 0,59* e R= 0,84**, respectivamente), porém a correlação entre estes elementos e a massa seca radicular não foi significativa (Apêndice 2).

4.3.1.3. Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Os valores de índice de qualidade de Dickson para as mudas de *T. grandis* variaram entre 0,4 e 2,32 (Figura 1). A maior média foi obtida nos tratamentos B7 (60%BIO + 40%FC) e B8 (40%BIO + 60%FC), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos B1 (100%BIO), B3 (60%BIO + 40%CAC), B4 (40%BIO + 60%CAC), e B9 (20%BIO + 80%FC)

chegaram a valores de IQD mais baixos, estatisticamente superiores apenas ao tratamento S10 (substrato comercial florestal).

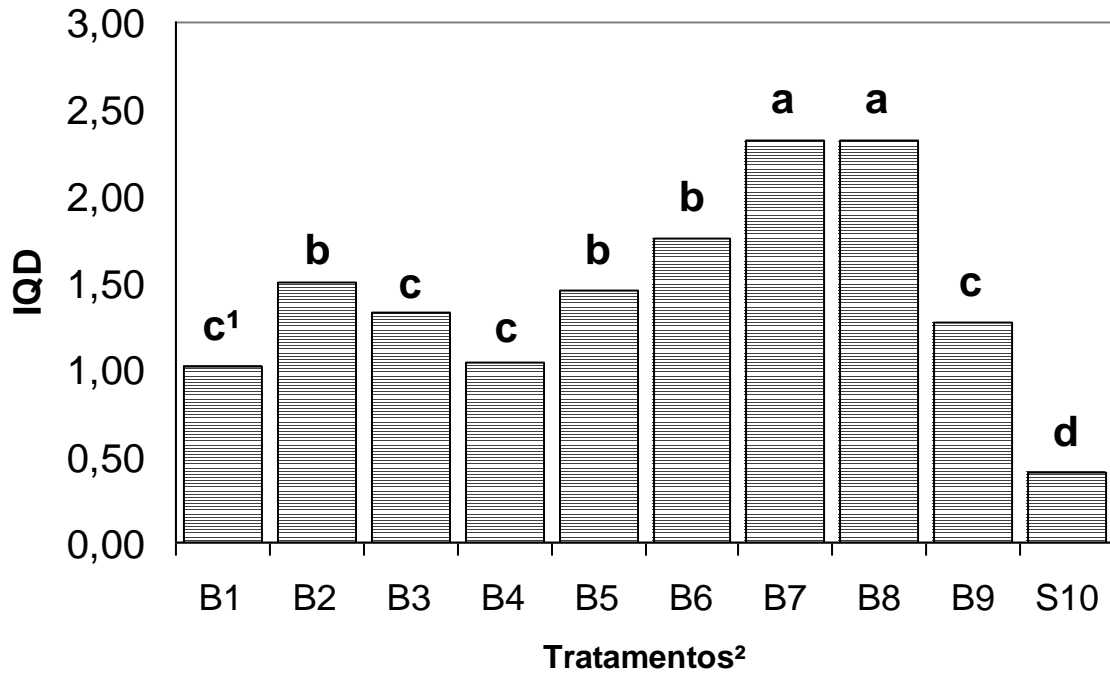


Figura 1. Índice de qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com biossólido.

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 - substrato comercial florestal.

De acordo com Fonseca et al. (2002), o índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são consideradas as robustezes e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade.

Trigueiro e Guerrini (2003) encontraram IQD igual a 0,1678 ao combinarem 50% de BIO + 50% de CAC em mudas de eucalipto com 60 dias após a semeadura.

Na produção de mudas de *Pinus elliotii*, Schirmer (2010) obteve valor igual a 0,02 para tratamento apenas com BIO e 0,034 produzidas com turfa fértil, em sacos plásticos de 100 cm³, aos 80 dias após a repicagem.

Malavasi e Malavasi (2006) ao trabalharem na produção de mudas de duas espécies florestais com a utilização de substrato comercial, observaram,

70 dias após a semeadura, que o tamanho do tubete influenciou nos índices de qualidade de Dickson, encontrando valores de 0,038 e 0,155 em *Cordia trichotoma* e valores de 0,016 a 0,068, em *Jacaranda micranta*, em tubetes de 55 e 300 cm³, respectivamente.

Trabalhando com mudas de sete-casas (*Samanea inopinata*), produzidas com tratamentos de dose e frequência de adubação com sulfato de amônia, Cruz et al. (2006) obtiveram altos índices de IQD, variando de 12,66 a 40,39. Esses valores foram alcançados pelo fato das mudas serem produzidas em sacolas plásticas de 3,5 L, sendo avaliadas somente aos 360 dias após a semeadura.

Vários estudos na literatura mostram que o índice de qualidade de Dickson é um parâmetro variável. É possível observar que este índice pode variar em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que muda foi avaliada.

4.3.2. Substratos formulados com esterco de animais

O uso de esterco de animais (esterco bovino, cama de frango e esterco de codorna) como componente de substrato proporcionou, de acordo com a análise de variância, efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, massa seca total, relação massa seca da parte aérea/radicular e índice de qualidade de Dickson.

4.3.2.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação entre altura e diâmetro

Na tabela 13 estão apresentados os valores médios dos tratamentos e os resultados do teste de Scoot-Knoot para altura (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D).

Tabela 13. Médias da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas com esterco de animais

Tratamento ²	H	D	H/D
	----- cm -----	----- mm -----	
M1	12,57 c ¹	4,59 c	2,75 c
M2	13,12 c	4,89 c	2,69 c
M3	8,52 e	3,93 d	2,18 d
M4	22,31 a	5,79 a	3,86 a
M5	16,46 b	5,31 b	3,11 b
M6	10,36 d	3,91 d	2,67 c
M7	12,66 c	4,92 c	2,58 c
M8	8,86 e	3,66 d	2,42 d
M9	8,88 e	3,91 d	2,27 d
S10	10,13 d	3,70 d	2,75 c
CV (%)	7,36	7,60	9,17

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 – substrato comercial florestal (SC).

As mudas de *T. grandis* apresentaram maior crescimento, seja em altura ou diâmetro, nos tratamentos constituídos com cama de frango.

As mudas apresentaram crescimento médio em altura entre 8,86 e 22,31 cm.planta⁻¹. A maior média ocorreu no tratamento M4 (40%TS + 35%CF), diferenciando dos demais. O tratamento M5 (50%TS + 25%CF) apresentou crescimento médio em altura de 16,46 cm, sendo superado apenas pelo tratamento M4.

Os tratamentos M8 (50%TS + 25%EC) e M9 (60%TS + 15%EC) apresentaram o menor crescimento em altura, diferenciando-se dos demais.

O crescimento em diâmetro das mudas de variou de 3,66 a 5,79 cm.planta⁻¹. A maior média foi obtida no tratamento M4 (40%TS + 35%CF), diferenciando-se estatisticamente entre as demais médias.

Os tratamentos M3 (60%TS + 15%EB), M6 (60%TS + 15%CF), M8 (50%TS + 25%EC), M9 (60%TS + 15%EC) e S10 (substrato comercial florestal)

apresentaram as mais baixas médias de crescimento em diâmetro do coleto, diferenciando-se das demais.

Em se tratando da relação H/D é possível observar que seguiu a mesma tendência das médias de crescimento em altura e em diâmetro. Os tratamentos formados com cama de frango apresentaram as maiores médias, seguida dos tratamentos com esterco bovino e, por último, os tratamentos com esterco de codorna.

Através dos resultados apresentados, pode-se inferir que os tratamentos formados a partir da cama de frango foram os que apresentaram maior crescimento em altura e diâmetro. Através das Tabelas 9 e 10, é possível observar que este resíduo apresenta altos teores de nutrientes, principalmente N e P, e de acordo com Graciano et al. (2006), estes nutrientes são os que mais comumente que limitam o crescimento de mudas na fase inicial de produção.

Também pode ser constatado que os tratamentos constituídos com o esterco de codorna foram os que apresentaram as menores médias de altura da parte aérea e do diâmetro do coleto. Esse material é tão rico em nutrientes quanto à cama de frango (Tabela 9 e 10), no entanto, não ocorreram os mesmos crescimentos destes parâmetros para as mudas de *T. grandis*.

Uma provável explicação é pelo fato do esterco de codorna apresentar altos teores de Na (Tabela 9), o que pode causar salinização nos substratos. De acordo com Viana et al. (2001), salinização leva ao desbalanço nutricional, uma vez que o excesso de sais (Na e Cl) na solução do solo leva à um distúrbio na absorção de nutrientes, alterando as concentrações de nutrientes, como Ca, K, Mg e Na na planta. Essa desordem nutricional pode levar a um desenvolvimento abaixo do normal, o que é afetado, em grande parte, pelos processos metabólicos da planta. O Na é um metal alcalino, que juntamente com o Ca, Mg e K, constituem os cátions trocáveis do meio. Quanto mais alta a porcentagem de Na entre os cátions trocáveis, menor será a saturação dos sítios de troca do solo ocupados pelo Ca, Mg e K.

Em trabalho com duas espécies florestais, Lucena et al. (2006), ao avaliarem a influência de diferentes substratos orgânicos (esterco bovino, de galinha e de minhoca) nas proporções de 1:1 e 1:2 com terra de subsolo, concluíram que leucena (*Leucaena leucocephala*) obteve maior crescimento

em altura da parte aérea e diâmetro do coleto nos tratamentos constituídos com os três resíduos orgânicos na proporção 1:1 com a terra de subsolo. Já para flamboyant (*Delonix regia*), os autores concluíram que os tratamentos com esterco de galinha proporcionaram maiores crescimentos em altura da parte aérea e diâmetro do coleto para as mudas desta espécie.

Pereira et al. (2010), testando a cama de frango associada a terra de subsolo como substrato para a produção de mudas de tamarindeiro, concluíram que a melhor proporção para o crescimento dessas mudas foi 60% TS + 40% de CF, resultando em plantas de vigoroso crescimento em altura e diâmetro.

Em estudo com *Schinus terebinthifolius*, *Archontophoenix alexandrae* e *Archontophoenix cunninghamiana*, Caldeira et al. (2007) observaram que o substrato padrão (50% de esterco bovino, 25% de casca de arroz e 25% de argila) apresentou resultados semelhantes para o crescimento em altura comparado aos tratamentos a base de resíduos da indústria de algodão, para as três espécies. Enquanto que para o diâmetro do coleto, o substrato padrão promoveu o menor crescimento para *Schinus terebinthifolius*, sendo que a maior média para essa variável foi obtida no tratamento com 75% de resíduos da indústria de algodão. Para as duas espécies do gênero *Archontophoenix*, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o crescimento em diâmetro.

Diferentemente dos tratamentos com biossólido, o N não apresentou correlação significativa com altura ($R= 0,04^{ns}$) e diâmetro ($R= -0,16^{ns}$) para os tratamentos formulados com esterco de animais (Apêndice 6).

4.3.2.2. Massa seca da parte aérea, radicular, total e relação entre a massa seca aérea e radicular

As médias da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e da relação da massa seca da parte aérea pela massa seca radicular (MSPA/MSR) são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas com esterco de animais

Tratamento ²	MSPA	MSR	MST	MSPA/ MSR
	----- g.planta ⁻¹ -----			
M1	2,07 c ¹	1,23 d	3,30 c	1,72 a
M2	2,01 c	1,40 c	3,41 c	1,47 b
M3	1,20 d	0,95 d	2,15 d	1,26 c
M4	3,86 a	2,07 a	5,93 a	1,87 a
M5	2,51 b	1,70 b	4,21 b	1,48 b
M6	1,26 d	1,03 d	2,29 d	1,26 c
M7	1,05 d	0,70 e	1,75 d	1,54 b
M8	2,09 c	1,41 c	3,50 c	1,49 b
M9	1,01 d	0,81 e	1,81 d	1,26 c
S10	0,99 d	0,69 e	1,68 d	1,54 b
CV (%)	15,00	18,75	15,29	14,02

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).² TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 – substrato comercial florestal (SC).

Assim como para as variáveis altura e diâmetro, os tratamentos formados com cama de frango apresentaram maiores médias em biomassa, seja aérea ou radicular.

As mudas de *T. grandis* apresentaram rendimento médio em massa seca da parte aérea entre 0,99 a 3,86 g.planta⁻¹. As mudas produzidas no tratamento M4 (40%TS + 35%CF) alcançaram a maior média de massa seca da parte aérea, diferenciando estatisticamente das demais. O tratamento M5 (50%TS + 25%CF) foi estatisticamente inferior apenas ao tratamento M4.

Os tratamentos M3 (60%TS + 15%EB), M6 (60%TS + 15%CF), M7 (40%TS + 35%EC), M9 (60%TS + 15%EC) e S10 (substrato comercial florestal) apresentaram as mais baixas médias em massa seca da parte aérea, diferenciando-se das demais.

Em experimento com *Cassia siamea* e *Enterolobium maximum*, Lucena et al. (2007) ao formularem compostos com terra de subsolo e esterco bovino

ou esterco de galinha ou esterco de minhoca, nas proporções 1:1 e 2:1 (v:v), constataram que não houve diferença significativa entre a massa seca da parte aérea nos tratamentos com esterco de galinha e esterco bovino em ambas espécies.

Para a massa seca radicular, os valores encontrados ficaram entre 0,69 a 2,07 g.planta⁻¹, sendo a maior média obtida no tratamento M4 (40%TS + 35%CF).

Os tratamentos M7 (40%TS + 35%EC), M9 (60%TS + 15%EC) e S10 (substrato comercial florestal) apresentaram o mais baixo crescimento radicular entre os tratamentos, sendo estatisticamente inferiores aos demais.

Oliveira et al. (2004), ao avaliarem o crescimento de quatro espécies florestais, produzidas em diferentes substratos, constataram que não houve diferenças significativas no crescimento radicular das mudas produzidas nos substratos com esterco bovino e esterco de galinha, para aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), acácia (*Acacia holocericaceae*), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) e cedro australiano (*Toona ciliata*).

Trabalhando com doses de esterco bovino, Prestes (2007) constatou que doses crescentes até 50% de esterco bovino promoveram crescimento radicular, e a partir desta dosagem, há um decréscimo na produção em massa radicular para as mudas de angico (*Anadenanthera macrocarpa*).

Para a massa seca total, os resultados não foram diferentes da massa seca da parte aérea e radicular. As mudas alcançaram valores entre 1,68 a 5,93 g.planta⁻¹, sendo o maior no tratamento M4 (40%TS + 35%CF), seguido pelo tratamento M5 (50%TS + 25%CF).

Já os tratamentos M3 (60%TS + 15%EB), M6 (60%TS + 15%CF), M7 (40%TS + 35%EC), M9 (60%TS + 15%EC) e S10 (substrato comercial florestal) promoveram as menores médias em biomassa total nas mudas de *T. grandis*.

A relação MSPA/MSR variou entre 1,26 a 1,87, mostrando equilíbrio entre o crescimento aéreo e radicular para todos os tratamentos. As maiores médias foram encontradas nos tratamentos M1 (40%TS + 35%EB) e M4 (40%TS + 35%EB). Já os tratamentos M3 (60%TS + 15%EB), M6 (60%TS + 15%CF) e M9 (60%TS + 15%EC) apresentaram as menores médias da relação MSPA/MSR.

Através dos resultados apresentados é possível observar que ocorreu maior ganho de massa seca nos tratamentos constituído por cama de frango, assim como ocorreu para a altura e para o diâmetro. Uma explicação provável é devido aos altos teores de nutrientes encontrados nos tratamentos formados com este resíduo (Tabelas 9 e 10).

Sarcinelli et al. (2004), avaliando a produção de biomassa de mudas de acácia (*Acacia holosericea*) submetidas a diferentes soluções nutritivas com exclusão de macronutrientes, constataram que as maiores reduções na produção de massa seca total foram verificadas para as plantas submetidas aos tratamentos sem N ou sem Mg ou sem S ou sem K. Sendo assim, é possível considerar que esses elementos são fundamentais para o incremento da massa seca total desta espécie.

Foi verificado que tratamentos formados com esterco de codorna apresentaram as menores médias de incremento em massa seca. Esses substratos apresentam características químicas similares ao substratos formulados com cama de frango (Tabelas 9 e 10), porém os resultados apresentados foram diferentes comparando tais tratamentos. Como já explicado anteriormente, os altos teores de Na no esterco de codorna podem ter influenciado negativamente os resultados.

Contrariando os tratamentos formulados com biossólido, a correlação entre a massa seca da parte aérea e total não apresentou correlação significativa com o N ($R = -0,16^{ns}$, $R = -0,20^{ns}$, respectivamente) e o P ($R = 0,37^{ns}$, $R = 0,33^{ns}$, respectivamente), conforme Apêndice 6.

3.3.2.3. Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Os valores de IQD das mudas de *T. grandis* alcançaram valores entre 0,40 a 1,04 (Figura 2). As maiores médias foram encontradas nos tratamentos M4 (40%TS + 35%CF), M5 (50%TS + 25%CF) e M8 (50%TS + 25%EC). Os tratamentos M1 (40%TS + 35%EB) e M2 (50%TS + 25%EB) apresentaram bons índices inferiores apenas aos tratamentos M4, M5 e M8.

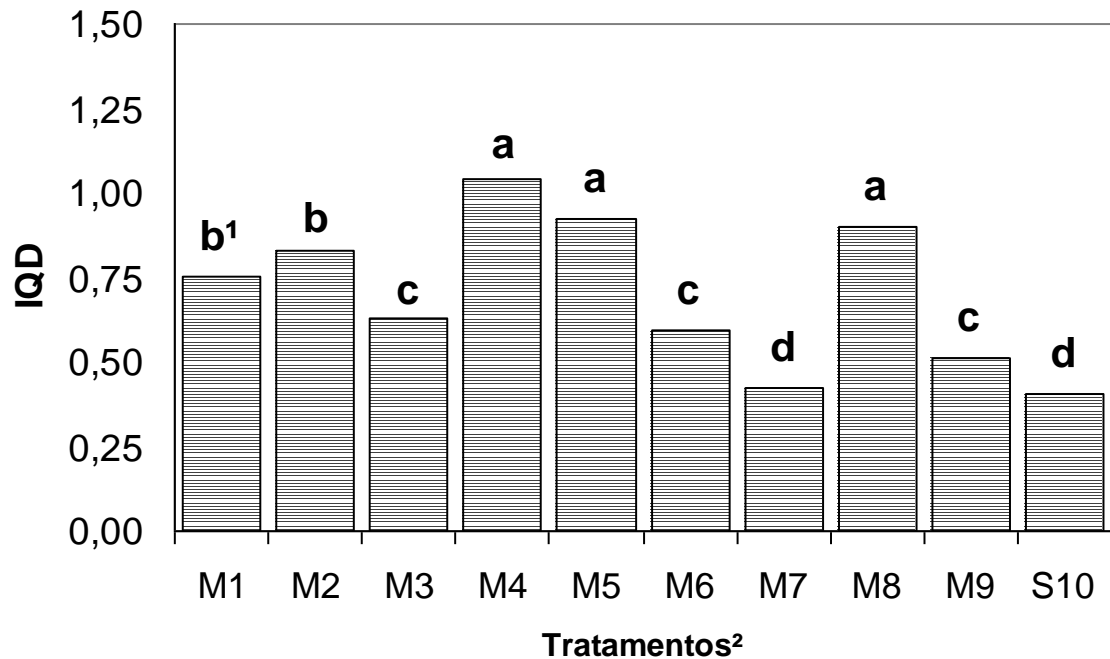


Figura 2. Índice de qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com esterco de animais.

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 - substrato comercial florestal (SC).

Já os tratamentos M7 (40%TS + 35%EB) e S10 (substrato comercial florestal) apresentaram as menores médias de IQD nas mudas de *T. grandis*.

Oliveira et al. (2004), produzindo mudas de quatro espécies florestais com diferentes substratos constituídos com esterco de frango (40%) ou esterco bovino (50%) na sua composição, encontraram valores de 0,05 e 0,12 para aroeira (*Schinus terebinthifolius*), 0,02 e 0,05 para acácia (*Acacia holocericæe*), sendo os maiores valores para o tratamento com esterco de frango. Os mesmos autores encontraram valor de IQD igual a 0,02 para eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) produzidos em ambos os substratos e valores igual a 0,16 a 0,24 para cedro australiano (*Toona ciliata*) encontrando a maior média no tratamento com esterco bovino.

Os tratamentos desse estudo proporcionaram ganhos significativos para as mudas de *T. grandis*. Os substratos formados apresentaram boa disponibilidade de nutrientes para as mudas, mas a principal vantagem dos tratamentos formados com os resíduos orgânicos está na sua quantidade de

matéria orgânica, que segundo Malavolta *et al.*, (2002), alguns adubos orgânicos são empregados em doses elevadas pois ajudam especialmente pela matéria orgânica que, incorporada ao substrato, se decompõe e forma húmus. Para Melo (2000) a matéria orgânica, além de se constituir em um dos principais componente da CTC, durante o processo de mineralização, libera nutrientes para a nutrição das plantas.

4.4. ESTADO NUTRICIONAL DAS MUDAS

4.4.1. Teores e acúmulos de nutrientes das mudas produzidas em substratos formulados com biossólido

Na Tabela 15 e 16 são apresentados os efeitos dos substratos formulados com biossólido nos teores e acúmulo de nutrientes das mudas de *T. grandis*, onde a análise de variância revelou diferenças significativas entre os tratamentos, observada através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O acúmulo de todos os nutrientes analisados foram superiores nos tratamentos com biossólido, devido à maior produção de massa seca, bem como a alta disponibilidade de nutrientes observada nesses substratos (Tabelas 7 e 8). No entanto, era de se esperar, devido ao baixo crescimento das mudas no tratamento S10 (substrato comercial florestal), que as mesmas produzidas neste substrato apresentassem os maiores teores de nutrientes, fato que ocorreu apenas para Mg, S e B. Assim, mesmo com o grande crescimento de massa das mudas produzidas com BIO, a parte aérea das mudas apresentou maiores teores, para a maioria dos nutrientes, nos tratamentos formulados com BIO do que no tratamento S10, indicando a importância do biossólido não só para o acúmulo como também para os teores dos nutrientes na planta.

Tabela 15. Médias dos teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com biossólido

Tratamentos ²	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
B1	13,07 c ¹	3,14 b	4,33 c	16,36 b	3,12 e	1,28 a	85,39 d	137,39 b	71,29 c	11,25 a	23,57 c
B2	15,17 a	2,56 c	4,47 c	17,03 a	2,75 f	0,91 b	109,62 b	116,29 c	63,40 c	10,28 b	20,80 c
B3	13,18 c	2,23 d	4,60 c	13,42 e	2,46 g	0,86 b	88,19 d	88,81 c	58,16 c	8,61 c	17,10 d
B4	12,83 c	2,69 c	4,73 c	12,78 e	2,44 g	0,94 b	99,07 c	106,83 c	82,48 b	10,72 b	18,22 d
B5	10,62 e	3,60 a	8,40 a	13,12 e	2,86 f	0,90 b	70,79 e	104,68 c	77,65 b	11,30 a	19,14 d
B6	11,20 d	3,16 b	3,67 c	15,36 c	2,87 f	1,05 b	123,23 a	184,54 a	104,05 a	10,69 b	21,79 c
B7	7,70 g	2,65 c	4,00 c	16,32 b	3,75 d	0,88 b	129,48 a	202,30 a	93,75 a	6,92 d	27,34 b
B8	8,52 f	3,16 b	3,57 c	17,49 a	4,23 c	1,13 a	87,18 d	151,02 b	51,41 c	8,11 c	21,85 c
B9	8,52 f	2,93 b	4,07 c	16,78 a	5,49 b	0,81 b	58,30 f	144,44 b	59,04 c	8,24 c	22,51 c
S10	13,77 b	2,13 d	6,93 b	14,12 d	7,40 a	1,42 a	54,38 f	160,80 b	49,44 c	2,83 e	30,18 a
CV (%)	2,84	5,82	11,57	2,47	2,85	13,76	6,18	9,84	14,49	3,35	6,99

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0,05). ²BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 - substrato comercial florestal.

Tabela 16. Médias dos acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com biossólido

Tratamentos ²	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	mg.kg ⁻¹						µg.kg ⁻¹				
B1	6,26 d ¹	1,51 c	2,08 c	7,84 e	1,50 e	0,62 a	409,35 e	658,61 c	341,73 d	53,93 d	113,00 c
B2	12,01 a	2,03 a	3,54 a	13,48 a	2,17 a	0,72 a	867,86 a	920,65 a	501,93 b	81,38 a	164,65 a
B3	9,99 b	1,69 b	3,49 a	10,17 b	1,87 b	0,65 a	668,49 b	673,18 c	440,85 c	65,24 b	129,58 b
B4	7,71 c	1,61 b	2,84 b	7,67 e	1,47 e	0,57 a	595,01 c	641,65 c	495,40 b	64,41 b	109,43 c
B5	2,52 h	0,85 f	1,99 c	3,11 g	0,68 f	0,21 c	167,93 f	248,32 e	184,21 e	26,80 g	45,41 e
B6	6,38 d	1,80 b	2,09 c	8,75 d	1,63 d	0,60 a	702,16 c	1051,46 a	592,85 a	60,92 c	124,14 b
B7	3,68 f	1,27 d	1,91 c	7,81 e	1,79 c	0,42 b	619,36 b	967,66 a	448,45 c	33,09 f	130,77 b
B8	4,50 e	1,67 b	1,88 c	9,24 c	2,23 a	0,60 a	460,52 d	797,70 b	271,57 e	42,86 e	115,44 c
B9	3,00 g	1,03 e	1,43 d	5,92 f	1,94 b	0,29 c	205,60 f	509,39 d	208,20 e	29,06 g	79,40 d
S10	1,37 i	0,21 g	0,69 e	1,40 h	0,73 f	0,14 c	53,93 g	159,46 e	49,03 f	2,81 h	29,93 f
CV (%)	2,98	6,28	9,91	2,03	2,96	17,69	5,58	10,17	15,4	4,29	6,28

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ²BIO (biossólido), CAC (casca de arroz carbonizada), FC (fibra de coco triturada): B1 – 100%BIO, B2 – 80%BIO + 20%CAC, B3 – 60%BIO + 40%CAC, B4 – 40%BIO + 60%CAC, B5 – 20%BIO + 80%CAC, B6 – 80%BIO + 20%FC, B7 – 60%BIO + 40%FC, B8 – 40%BIO + 60%FC, B9 – 20%BIO + 80%FC, S10 - substrato comercial florestal.

A parte aérea apresentou teores de N entre 7,7 a 15,17 g.kg⁻¹, sendo o maior no tratamento B2 (80%BIO + 20%CAC) e o menor no B7(60%BIO + 40%FC). O tratamento S10 (substrato comercial florestal) apresentou média igual a 13,77 g.kg⁻¹, sendo estatisticamente inferior apenas ao tratamento B2. D'ávilla (2008), obteve teores foliares menores que neste estudo, ao trabalhar com doses de N aplicadas na fertirrigação do substrato, encontrou valores próximos de 3 g.kg⁻¹ na maior adubação, em mudas de eucalipto, aos 42 dias após estaqueamento. Em contrapartida, Silva et al. (2010), encontraram até 24,61 g.kg⁻¹ de N na parte aérea de mogno (*Swietenia macrophylla* King.), 120 dias após a repicagem.

O tratamento B5 (20%BIO + 80%CAC) apresentou as maiores concentrações médias de P e K, diferenciando-se dos demais. Os maiores teores de K no substrato (Tabelas 7 e 8), fornecidos pela casca de arroz carbonizada ou fibra de coco triturada, influenciaram na concentração deste nutriente na parte aérea das mudas. Entretanto, o P nos substratos, não apresentou a mesma influência. Este resultado também foi constatado por Trigueiro e Guerrini (2003), em mudas de eucalipto.

Os teores de Ca, Mg e S apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto, não há como afirmar se o substrato influenciou nos teores obtidos na parte aérea das mudas, uma vez que esses nutrientes estavam com valores aproximados nos substratos.

Na produção de mudas de *Acacia mangium*, Fonseca (2005), usando como substrato composto de lixo urbano encontrou teores na parte aérea das mudas iguais 17,26 g.kg⁻¹ para N, 2,05 g.kg⁻¹ para P, 3,87 g.kg⁻¹ para K, 15,13 g.kg⁻¹ para Ca e 1,55 g.kg⁻¹ para Mg, em compostos com 70% do composto, 120 dias após a semeadura. O mesmo autor também encontrou valores próximos ao trabalho com *Mimosa artemisiana*, com o mesmo substrato e com a mesma idade: 17,17 g.kg⁻¹ de N, 3,95 g.kg⁻¹ de P, 8,5 g.kg⁻¹ de K, 20,91 g.kg⁻¹ de Ca e 2,58 g.kg⁻¹ de Mg.

Com relação aos micronutrientes, vale ressaltar a influência do substrato na adição de Zn, Fe e Mn na parte aérea, onde os teores destes nutrientes (Tabela 8) presentes no BIO, CAC e FC, contribuíram para tal ganho. Os tratamentos B6 (80%BIO + 20%FC) e B7 (40%BIO + 60%FC) apresentaram as maiores médias dos teores de Zn, Fe e Mn, diferenciando-se dos demais

tratamentos. E os teores mais baixos de Zn e Mn, foram alcançados no tratamento S10 (substrato comercial florestal).

A maior produção de massa seca da parte aérea das mudas nos tratamentos formulados com biossólido proporcionou os maiores acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas (Tabela 16) devido aos altos teores de nutrientes presentes no biossólido, casca de arroz carbonizada e fibra de coco triturada (Tabela 7 e 8).

Para os macronutrientes, o maior acúmulo foi obtido no tratamento B2 (80%BIO + 20%CAC), seguido dos tratamentos B3 (60%BIO + 40%CAC) e B6 (80%BIO + 20%FC). O fato destes substratos serem compostos na sua maioria por biossólido, contribuiu para um maior acúmulo dos nutrientes.

Para os micronutrientes, o maior acúmulo foi encontrado no tratamento B2 (80%BIO + 20%CAC), com exceção do Mn, que apresentou maior acúmulo no tratamento B5 (20%BIO + 80%CAC).

Para todos os nutrientes, o tratamento S10 (substrato comercial florestal) apresentou o menor acúmulo, devido à baixa produção de matéria seca proporcionada pelo substrato comercial, fato contrário ao ocorrido com Trigueiro e Guerrini (2003), que testando biossólido para produção de mudas de eucalipto, encontraram maiores acúmulos de nutrientes nas mudas produzidas em substrato comercial, devido à sua maior produção de massa nestes tratamentos.

No geral, foi observado que os teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *T. grandis* não foram semelhantes em trabalhos realizados por outros autores. Portanto, cabe ressaltar que a absorção dos nutrientes é influenciada pela espécie e pela idade da mesma, assim como pelas condições climáticas e nutricionais dos substratos. Segundo Gonçalves et al. (2000b) existem quatro fatores que podem influenciar no teor e acúmulo de nutrientes absorvidos pelas espécies: necessidade total de nutrientes; velocidade de desenvolvimento e crescimento; eficiência de uso dos nutrientes nos processos metabólicos; e capacidade de adsorção de nutrientes do solo (substrato).

Comparando os teores totais de nutrientes no substrato com os teores de nutrientes na parte aérea das mudas é possível observar, no Apêndice 3, que a correlação não foi significativa para a maioria dos macro e micronutrientes, sendo que apenas para Ca ($R= 0,64^{**}$), Mg ($R= 0,87^{**}$) e Zn

($R= 0,53^*$) os níveis desses nutrientes na parte aérea apresentaram correlação positiva com os teores totais dos mesmos nutrientes no substratos. A correlação foi significativa e negativa entre o teor de S na parte aérea e o teor total de S no substrato ($R= -0,59^*$) (Apêndice 3).

A correlação entre os teores totais no substrato com bio-sólido e os teores totais na parte aérea pode indicar, que devido ao efeito de diluição, apenas o Ca, Mg e Zn foram significativos com uma correlação positiva. Para o S, cuja correlação foi significativa, porém negativa, pode ter ocorrido lixiviação do SO_4^{-2} , uma vez que este apresenta boa mobilidade no solo, podendo ser perdido por lixiviação (ALVAREZ V. et al., 2007).

No Apêndice 4, é possível observar que a correlação entre cada nutriente no substrato e o acúmulo desse mesmo nutriente na parte aérea foi significativa e positiva para N ($R= 0,53^*$), P ($R= 0,80^{**}$), S ($R= 0,69^{**}$), Zn ($R= 0,51^*$) e Fe ($R= 0,81^{**}$); não significativa para K ($R= -0,29^{ns}$), Ca ($R= 0,09^{ns}$), Mg ($R= 0,02^{ns}$), Mn ($R= -0,23^{ns}$) e Cu ($R= 0,32^{ns}$); e significativa, porém negativa para B ($R= -0,60^{**}$).

As correlações entre os acúmulos dos nutrientes e os teores de nutrientes na parte aérea indicaram que pode ter ocorrido perda por lixiviação de alguns nutrientes, principalmente o B (correlação significativa e negativa), que apresentaram altos teores nos substratos (ALVAREZ V. et al., 1999), no entanto, a adsorção de B ocorre até determinado ponto crítico, a partir do qual a adsorção é baixa (AZEVEDO, 2001), e a partir deste ponto, somente terá como consequência maior perda do nutriente por lixiviação (ROSOLEM e BÍSCARO, 2007).

4.4.2. Teores e acúmulos de nutrientes das mudas produzidas em substratos formulados com esterco de animais

O teor e o acúmulo de nutrientes das mudas produzidas nos substratos com esterco de animais estão presentes nas Tabelas 17 e 18. A análise de variância mostrou diferenças significativas entre os tratamentos, ressaltada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 17. Médias dos teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos ²	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
M1	11,32 c ¹	6,31 b	8,87 a	8,56 c	3,01 f	1,58 b	44,69 c	159,24 b	32,78 c	9,53 c	51,85 c
M2	10,85 c	7,11 b	7,80 b	12,79 b	3,86 e	1,76 a	50,53 b	157,23 b	37,73 b	9,55 c	54,84 c
M3	9,45 c	5,39 c	7,03 c	14,58 a	3,40 f	1,56 b	63,01 a	172,65 b	46,22 a	8,58 d	50,17 c
M4	10,85 c	7,58 b	5,17 d	14,92 a	6,62 b	1,18 c	61,36 a	144,42 b	39,50 b	10,57 b	38,50 d
M5	10,62 c	7,30 b	5,63 d	15,08 a	5,27 c	1,54 b	45,88 c	144,17 b	47,71 a	9,34 c	49,22 c
M6	10,50 c	8,54 a	6,93 c	14,73 a	4,50 d	1,52 b	51,52 b	150,97 b	37,97 b	9,91 c	51,98 c
M7	12,60 b	9,01 a	9,60 a	12,36 b	3,96 e	1,92 a	60,28 a	164,57 b	25,28 d	11,49 a	63,69 a
M8	10,85 c	8,97 a	8,03 b	14,39 c	4,62 d	1,81 a	53,18 b	160,22 b	38,51 b	10,75 b	60,75 a
M9	10,15 c	9,44 a	7,60 b	15,60 a	3,70 e	1,59 b	60,20 a	204,70 a	47,08 a	8,97 d	57,11 b
S10	13,77 a	2,13 d	6,93 c	14,12 a	7,40 a	1,42 b	54,38 b	160,80 b	49,44 a	2,83 e	30,18 e
CV (%)	5,27	8,09	9,91	7,69	5,37	7,45	5,36	7,79	6,08	4,78	4,91

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0,05).²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 – substrato comercial florestal (SC).

Tabela 18. Médias dos acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos ²	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	----- mg.kg ⁻¹ -----						----- µg.kg ⁻¹ -----				
M1	2,34 b ¹	1,31 c	1,84 b	1,77 e	0,62 e	0,33 b	92,54 b	329,72 b	67,88 d	19,73 c	107,36 c
M2	2,18 c	1,43 c	1,57 c	2,57 d	0,78 d	0,35 b	101,54 b	315,94 b	75,82 c	19,19 c	110,20 c
M3	1,13 e	0,65 e	0,84 e	1,75 e	0,41 f	0,19 c	75,61 c	207,18 c	55,46 e	10,29 e	60,21 e
M4	4,19 a	2,93 a	1,99 a	5,76 a	2,56 a	0,46 a	236,88 a	557,52 a	152,48 a	40,79 a	148,62 a
M5	2,45 b	1,69 b	1,30 d	3,49 b	1,22 b	0,36 b	106,06 b	333,24 b	110,29 b	21,59 b	113,76 b
M6	1,35 d	1,09 d	0,89 e	1,89 e	0,58 e	0,19 c	66,01 c	193,44 c	48,65 e	12,70 d	66,60 d
M7	1,32 d	0,95 d	1,01 e	1,30 f	0,42 f	0,20 c	63,33 c	172,88 d	26,55 f	12,07 d	66,91 d
M8	2,27 c	1,88 b	1,68 b	3,01 c	0,97 c	0,38 b	111,21 b	335,03 b	80,52 c	22,48 b	127,04 c
M9	1,02 e	0,95 d	0,77 e	1,57 f	0,37 f	0,16 d	60,63 c	206,17 c	47,42 e	9,03 e	57,52 e
S10	1,37 d	0,21 f	0,69 e	1,40 f	0,73 d	0,14 d	53,93 c	159,46 d	49,03 e	2,81 f	29,93 f
CV (%)	4,48	10,31	9,26	8,59	6,22	8,36	8,17	8,01	7,35	8,29	4,56

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0,05).²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 – substrato comercial florestal (SC).

As mudas produzidas no tratamento S10 (substrato comercial florestal) apresentaram as maiores teores de N, Ca, Mg e Mn, que pode ser explicado pelo fato deste substrato apresentar maiores teores destes nutrientes que os outros tratamentos (Tabelas 9 e 10). O mesmo pode ser observado para os teores de K na parte aérea, onde os tratamentos M1 (40%TS + 35%EB) e M7 (40%TS + 35%EC) apresentaram as maiores médias, explicado pela ocorrência de maiores teores de K nestes resíduos.

Os maiores teores de P da parte aérea das mudas foram obtidos nos tratamentos M6 (60%TS + 15%CF), M7 (40%TS + 35%EC), M8 (50%TS + 25%EC) e M9 (60%TS + 15%EC). As maiores concentrações de P nos substratos se deu nos tratamentos com as maiores frações dos esterco (M1, M4 e M7), indicando que o substrato não apresentou influência direta nos teores de P na parte aérea das mudas.

Os teores de micronutrientes na parte aérea da mudas, com exceção do Mn, não foram influenciados diretamente pelo substrato, uma vez que não houve relação dos teores totais e disponíveis dos substratos com os teores de nutrientes nas plantas.

Para todos os nutrientes analisados, o tratamento M4 (40%TS + 35%CF) apresentou os maiores acúmulos na parte aérea das mudas. O maior ganho em biomassa das mudas neste tratamento explica esse fato. No mesmo sentido, o menor incremento na massa das mudas no tratamento S10 (substrato comercial florestal) proporcionou, estatisticamente, o menor acúmulo para a maioria dos nutrientes, com exceção do N, Mg e Mn

Cunha et al. (2006), trabalhando com duas espécies de acácia (*Acacia* sp.), em substrato com terra de subsolo, areia e esterco bovino (1:1:1, v:v:v) encontraram, 90 dias após a semeadura, acúmulos de 7,29 mg.planta⁻¹ de N, 4,92 mg.planta⁻¹ de P, 9,17 mg.planta⁻¹ de K, 7,04 mg.planta⁻¹ de Ca e 3,10 mg.planta⁻¹ de Mg, nas mudas de *A. mangium*. Para *A. auriculiformis*, os autores encontraram acúmulos de 11,66 mg.planta⁻¹ de N, 5,13 mg.planta⁻¹ de P, 16,94 mg.planta⁻¹ de K, 7,72 mg.planta⁻¹ de Ca e 3,42 mg.planta⁻¹ de Mg. Para as duas espécies de acácia, o conteúdo acumulado dos macronutrientes foram maiores aos observados nas mudas dos tratamentos do presente estudo.

Em contrapartida, Villela (2007), avaliando substratos orgânicos na produção de mudas de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), encontrou valores

abaixo dos obtidos no presente estudo: 0,067 a 0,277 mg.planta⁻¹ de N, 0,082 a 0,420 mg.planta⁻¹ de P, 0,070 a 0,310 mg.planta⁻¹ de K, 0,105 a 0,545 mg.planta⁻¹ de Ca e 0,017 a 0,175 mg.planta⁻¹ de Mg.

Levando em consideração os teores aqui encontrados nos tratamentos formulados com resíduos orgânicos de animais, pode-se constatar que em comparação com alguns casos os resultados obtidos foram similares. A provável explicação é que o acúmulo e os teores de nutrientes no tecido vegetal dependem de alguns fatores: exigências nutricionais da espécie, idade da muda, época de coleta do tecido, disponibilidade de nutrientes do substrato.

No Apêndice 7, pode-se observar que a correlação entre cada nutriente no substrato e o teor desse mesmo nutriente na parte aérea das mudas foi significativa e positiva para N (R= 0,81**), K (R= 0,69**), S (R= 0,57*) e Cu (R= 0,45*); não significativa para P (R= 0,33^{ns}), Ca (R= -0,04^{ns}), Mg (R= 0,33^{ns}), Zn (R= 0,29^{ns}), Fe (R= 0,18^{ns}) e Mn (R= 0,12^{ns}); e significativa, porém negativa para B (R= -0,44*).

A correlação entre os teores totais nos substratos formulados com esterco de animais e os teores totais na parte aérea das mudas, pode ser um indicativo de que houve pouca lixiviação dos nutrientes no substrato, uma vez que apenas para o B a correlação foi significativa e negativa. Apesar dos altos teores totais de P disponibilizados pelos esterco de animais, a correlação foi não significativa. É possível que devido à altas proporções de terra de subsolo nestes tratamentos (40, 50 e 60%), o P ficou fortemente adsorvido pelos argilominerais, indicando uma dificuldade de absorção deste nutriente pelas plantas (NOVAIS et al., 2007).

Analisando separadamente o acúmulo de cada nutriente na parte aérea com o teor total deste mesmo nutriente no substrato, conforme Apêndice 8, a correlação foi significativa e positiva para P (R= 0,49*), K (R= 0,58*), Zn (R= 0,65**) e Cu (R= 0,56*); não significativa para N (R= -0,05^{ns}), Ca (R= -0,06^{ns}), Mg (R= 0,00^{ns}), S (R= -0,07^{ns}), Fe (R= 0,17^{ns}) e Mn (R= 0,09^{ns}); e significativa, porém negativa para B (R= -0,53*).

Como comentado anteriormente, é provável que ocorreu lixiviação de alguns nutrientes, e o B se mostrou o mais evidente. A correlação indicou que comparando os teores totais no substrato com os teores e acúmulos deste nutriente na parte aérea, a correlação foi significativa e negativa.

5. CONCLUSÕES

O uso de biossólido e resíduos orgânicos de animais como componente de substrato proporcionou aumento nos teores totais e disponíveis de nutrientes para as mudas.

O biossólido com casca de arroz carbonizada ou fibra de coco triturada contribuiu para a melhoria das propriedades físicas do substrato.

Os maiores teores e acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de *T. grandis* foram obtidos no tratamento com 80% de biossólido associado a 20% de casca de arroz carbonizada, no experimento com biossólido.

No estudo com esterco de animais, o maior acúmulo de nutrientes foi observado no tratamento com 35% de cama de frango. Os maiores teores de K, S e Zn foram encontrados nos esterco de codorna e esterco bovino, enquanto que os teores de P, Cu e B no esterco de codorna.

O biossólido nas proporções de 60 e 80% quando associado à casca de arroz carbonizada, promoveu os maiores ganhos em altura e massa seca da parte aérea, e quando associado à fibra de coco triturada, gerar os maiores crescimentos em diâmetro do coleto e massa seca radicular.

As mudas produzidas com esterco de animais apresentaram maiores ganhos biométricos em substratos formulados com cama de frango, sendo que o tratamento com 35% deste material proporcionou os maiores crescimentos.

A utilização de substratos renováveis pode ser indicada para produção de mudas florestais, contribuindo nas características físicas e químicas dos substratos formados e conseqüentemente na nutrição das plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOD, S.A.; SIDDIQUI, M.T. Growth Response of Teak (*Tectona grandis* L.f.) Seedlings to Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizers. **Tropical Agricultural Science**. v.25, n.2, p.107-113. 2002.

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

ALMEIDA, L.S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. de F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 595-644.

ANDRÉ, E.M. Metais pesados em solo adubado com lodo de esgoto. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...**Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

AUGUSTO, D.C.C.; GUERRINI, I.A.; ENGEL, V.L.; ROUSSEAU, G.X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Cróton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba). **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.335-342, 2003.

AZEVEDO, R.A.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.R. Adsorção de boro em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.957-964, 2001.

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; PEREIRA, R.C.; MENDONÇA, A.V.R.; SILVA, L.C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.671-679, 2005.

BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 41, n.3, p. 341-358, 1990.

BLAISE, D.; SINGH, J.V.; BONDE, A.N.; TEKALE, K.U. & MAYEE, C.D. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of

rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*). **Bioresource Technology**, v. 96, p.345-349, 2005.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7^a.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.

BRASIL. Decreto n.4954 de janeiro de 2004. Dispõe sobre a inserção e fiscalização da produção e do crescimento de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, p.2, 14 de janeiro de 2004.

BUCKERIDGE, M.S.; TINÉ, M.A.S.; MINHOTO, M.J.; LIMA, D.U. Respiração. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.198-216.

CALDEIRA, M. V. W.; MARCOLIN, M.; MOREAS, E.; SCHAADT, S. S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.3, p.311-323, 2007.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 375-470.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 451p.

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

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

CONAMA, Resolução n. 375. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, DF, 29 de agosto de 2006.

COSTA, A.M.G. **Substrato e adubação mineral na formação de porta-enxerto de gravioleira (*Annona muricata* L.) em tubete**. 2003. 45p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

COSTA CA; RAMOS SJ; SAMPAIO RA; GUILHERME DO; FERNANDES LA. Fibra de coco e resíduo de algodão para substrato de mudas de tomateiro. **Revista Horticultura Brasileira**, Campinas, v.25, p.387-391, 2007.

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, 2003.

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

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GUERRERO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.537-546, 2006.

CRUZ, J.P. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* na região de Tangará da Serra – Mato Grosso**. 2005. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

D'ÁVILA, F.S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

DECHEN, A.R.; NATHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição mineral de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 91-132.

DRZAL, M. A.; FONTENO, W. C., CASSEL, D. K. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v. 1, p. 43-54, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilidade**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 370p. 1999a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999b.

EMERSON, W.W.; McGARRY, D. Organic carbon and soil porosity. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.41, p.107-118, 2003.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 551-594

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. ; SANTOS, A.B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.

FAUSTINO, R.; KATO, M.T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.278-282, 2005.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 104 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERNANDES, A.L.T.; FARIA, M.F.; FLORÊNCIO, T.M. Análise da biometria das espécies florestais teca e mogno submetidas a diferentes tratamentos de irrigação e nutrição mineral. In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, 2., 2009. **Anais...**, Taubaté: Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas, 2009. p. 305-312.

FERRAREZI, R.S. Fontes de ferro no desenvolvimento de porta-enxertos cítricos produzidos em substrato. 2006. 103 fls. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas.

FIGUEIREDO, E. O., OLIVEIRA, L. C., BARBOZA, L. K. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): principais perguntas do futuro empreendedor florestal**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005.

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

FONSECA, F.A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FONTENO, W. C. Na approach to modeling air and water status of horticultural substrates. Substrates in Horticulture. **Acta Horticulture**, Wageningen, n. 238, p. 67-74, 1989.

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, J.E. **Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (Teca) em área de cerrado sob diferentes espaçamentos**. 2002. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

GONÇALVES, J. L. M., POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, **Anais...**, 1996. 17p.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. IN: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000a. p.309-350.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETT, V.; FESSEL, V.A.G. & GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000b. p. 3-57.

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

GRACIANO, J. D.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. C.; ROSA, Y. B. C. J.; SEDIYAMA, M. A. N.; RODRIGUES, E. T. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 367-376, 2006.

GRANGEIRO, L.C; COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; GRILLI, G.V.G.; COELHO, R.L.; BERGAMIN, L.G. Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, 2003.

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

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.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em dezembro de 2010.

JORGE, J.A, CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo vermelho - escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.15, p.237-40, 1991.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p

KAMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS. 1., 1999. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.139-145.

KAMPF, A. N. **Análise física de substratos para plantas**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, p. 5-7, 2001.

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

KAOSA-ARD, A. Teak (*Tectona grandis* Linn. F.) natural distribution and related factors. **Natural History Bulletin of the Siam Society**, Bangkok, n.29, p. 54-74,1981.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A.; DIAS, S. T. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 95. (Documentos IAC, 70).

KROLOW, I.R.C. **Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados**. 2007. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

LANE, D. R.; BASSIRIRAD, H. Differential responses of tallgrass prairie species to nitrogen loading and varying ratios of NO_3^- to NH_4^+ . **Functional Plant Biology, Victoria**, v.29, p.1227-1235, 2002.

LUCENA, A.M.A; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C. Desenvolvimento de mudas de cássia e tamboril em diferentes composições de substratos. **Revista Verde**, Mossoró, v.2, n.1, p. 78-84, 2007.

LUCENA, A.M.A; GUERRA, H.O.C.; CHAVES, L.H.G. Desenvolvimento de mudas de leucena e flamboyant em diferentes composições de substratos. **Revista Verde**, Mossoró, v.1, n.2, p. 16-23, 2006.

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

MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006.

MALAVOLTA, E.; GOMES, P.F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

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

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

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 122p. (Documentos IAC, 70).

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W & CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. P.45-67, 2000.

MELO, L.C.A.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 101-110, 2008.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 65-90.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995. 128 p.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1431-1436, 2002.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F.; Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990, p.100-124.

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

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

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.;

NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

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

OLIVEIRA, R. B. ; SOUZA, C. A. M. ; MARTINS FILHO, S. ; LIMA, J. S. S. . Desenvolvimento de essências florestais em diferentes substratos. In: VII INIC- Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, 2004.

PADOVANI, V.C.R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PASSOS, C.A.M.; BUFULIN JUNIOR, L.; GONÇALVES, M.R. Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em Cáceres – MT, Brasil: resultados preliminares. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 225-232, 2006.

PEREIRA, P.C.; MELO, B.; FREITAS, R.S.; TOMAZ, M.A.; FREITAS, C.J.P. Mudas de tamarindeiro produzidas em diferentes níveis de matéria orgânica adicionada ao substrato. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.3, p. 152-159, 2010.

PRESTES, M.T. **Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do angico (*Anadenanthera macrocarpa*)**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília.

PREZOTTI, L. C. & FULLIN, E. A. Avaliação da Fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de (Ed.). **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória: SEEA / INCAPER / CEDAGRO, 2007. p.11-42.

PUCHALSKI, L. E. A.; KÄMPF, A. N. Efeito da altura do recipiente sobre a produção de mudas de *Hibiscus rosa-sinensis* L. em plugs. In: Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas (ENSUB), 1., 1999, Porto Alegre, RS. **Anais...** 1999. p. 209-215.

ROCHA, J.H.T; BACKES, C.; DIOGO, F.A.; PASCOTTO, C.B.; BORELLI, K. Uso do composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 29, 2010, Guarapari. **Anais...** 2010.

ROSA, M.F.; SANTOS, F.J.S.; MONTENEGRO, A.A.T.; ABREU, F.A.P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S.; NORÕES, E. R. V.; **Caracterização do pó**

da casca de coco verde usado como substrato agrícola. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 6p. (Comunicado Técnico, 54).

ROSOLEM, C.A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.

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

SANTOS, J.Z.L.; RESENDE, A.V.; NETO, A.E.F.; CORTE, E.F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, v.32, Viçosa, n.5, p. 799-807, 2008.

SARCINELLI, T.S.; RIBEIRO JÚNIOR, E.S.; DIAS, L.E.; LYNCH, L. de S. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, p.173-181, 2004.

SCHIRMER, G.K. **Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm.** 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E.J.; GRACIOLI, C.R.; MENDES, A.V. Biomassa e comprimento de raízes finas (< 2,0mm) em uma floresta de *Pinus elliottii*, em Santa Maria, RS. In: 8 Congresso Florestal Brasileiro, 2003, São Paulo. 8 Congresso Florestal Brasileiro: Benefícios, Produtos e Serviços da Floresta: Oportunidades e Desafios do Século XXI, 2003.

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

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.205-212, 1997.

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

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312 p.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o bioossólido produzido no Distrito Federal. II – Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.2, v.26, p.497-503, 2002a.

SILVA, R.F.; ANTONIOLLI, Z.I.; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2002b.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 205-274.

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. 1993.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2ª. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

TRIGUEIRO, R.M. **Uso de bioossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. 2002. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p. 167-190.

VIANA, A.P.; BRUCKNER, C.H.; MARTINEZ, H.E.P.; HUAMAN, C.A.M.; MOSQUIM, P.R. Teores de Na, K, Mg e Ca em porta-enxertos de videira em solução salina. **Revista Scientia agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.187-191, 2001.

VILLELA, A.T. **Avaliação de substratos orgânicos na produção de mudas de acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild)**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

WEINÄRTNER, M.A.; ALDRIGHI, C.F.S.; MEDEIROS, C.A.B. **Adubação Orgânica**. Pelotas, RS. 2006

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Correlação entre os atributos físicos dos substratos e as características morfológicas das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com biossólido. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC) e densidade aparente (DENS)

	H	D	H/D	MSPA	MSR	MST	MSPA/ MSR	IQD	VTP	MAC	MIC	DENS
H	1,00**											
D	0,63**	1,00**										
H/D	0,89**	0,21 ^{ns}	1,00**									
MSPA	0,95**	0,64**	0,79**	1,00**								
MSR	0,44*	0,65**	0,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,00**							
MST	0,90**	0,78**	0,67**	0,90**	0,72**	1,00**						
MSPA/MSR	0,51*	0,09 ^{ns}	0,56*	0,61**	-0,51*	0,21 ^{ns}	1,00**					
IQD	0,53*	0,11 ^{ns}	0,64**	0,33 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,00**				
VTP	-0,58*	-0,53*	-0,38 ^{ns}	-0,64**	-0,22 ^{ns}	-0,58*	-0,43*	-0,12 ^{ns}	1,00**			
MAC	0,17 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	0,46*	-0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,62**	0,34 ^{ns}	1,00**		
MIC	-0,43*	0,14 ^{ns}	-0,65**	-0,18 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,71**	0,06 ^{ns}	-0,92**	1,00**	
DENS	0,62**	0,44*	0,49*	0,64**	0,20 ^{ns}	0,56**	0,48*	0,18 ^{ns}	-0,95**	-0,28 ^{ns}	-0,11	1,00**

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE 2. Correlação entre as características químicas dos substratos e as características morfológicas das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com bio-sólido. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), Manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), matéria orgânica (MO) e relação carbono/nitrogênio (C/N)

	MSPA/																				
	H	D	H/D	MSPA	MSR	MST	MSR	IQD	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	C/N
H	1,00**																				
D	0,63**	1,00**																			
H/D	0,89**	0,21 ^{ns}	1,00**																		
MSPA	0,95**	0,64**	0,79**	1,00**																	
MSR	0,44*	0,65**	0,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,00**																
MST	0,90**	0,78**	0,67**	0,90**	0,72**	1,00**															
MSPA/MSR	0,51*	0,09 ^{ns}	0,56*	0,61**	-0,51*	0,21 ^{ns}	1,00**														
IQD	0,53*	0,11 ^{ns}	0,64**	0,33 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,00**													
N	0,47*	0,60**	0,22 ^{ns}	0,59*	0,16 ^{ns}	0,51*	0,50*	-0,06 ^{ns}	1,00**												
P	0,70**	0,76**	0,42*	0,84**	0,30 ^{ns}	0,76**	0,54*	0,06 ^{ns}	0,71**	1,00**											
K	-0,29 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	1,00**										
Ca	-0,30*	0,11 ^{ns}	-0,48*	-0,11 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,47*	0,51*	0,25 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	1,00**									
Mg	-0,73**	-0,31 ^{ns}	-0,73**	-0,54*	-0,46*	-0,61**	-0,12 ^{ns}	-0,67**	-0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,55*	0,37 ^{ns}	1,00**								
S	0,67**	0,66**	0,45*	0,78**	0,24 ^{ns}	0,69**	0,48*	0,12 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,82**	0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	1,00**							
Zn	0,57*	0,89**	0,23 ^{ns}	0,52*	0,69**	0,71**	-0,04 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,64**	0,24 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,66**	1,00**						
Fe	0,72**	0,80**	0,41*	0,80**	0,45*	0,80**	0,41*	0,03 ^{ns}	0,79**	0,85**	-0,39 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,71**	0,65**	1,00**					
Mn	-0,04 ^{ns}	-0,47*	0,28 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	0,51*	-0,59*	-0,54*	0,11 ^{ns}	-0,48**	-0,36 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,51*	1,00**				
Cu	0,37 ^{ns}	0,80**	0,00 ^{ns}	0,45*	0,26 ^{ns}	0,46*	0,24 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,50*	0,77**	0,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,56*	0,71**	0,58*	-0,57*	1,00**			
B	-0,72**	-0,21 ^{ns}	-0,75**	-0,67**	-0,22 ^{ns}	-0,60**	-0,44*	-0,29 ^{ns}	-0,48*	-0,28 ^{ns}	0,82**	0,11 ^{ns}	0,75**	-0,18 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,54*	0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,00**		
MO	-0,53*	-0,11 ^{ns}	-0,62**	-0,34 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,41*	-0,04 ^{ns}	-0,52*	-0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,41*	0,39 ^{ns}	0,82**	-0,20 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,50*	0,37 ^{ns}	0,61**	1,00**	
C/N	-0,69**	-0,37 ^{ns}	-0,67**	-0,54 ^{ns}	-0,47*	-0,61**	-0,14 ^{ns}	-0,49*	-0,31 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,46*	0,24 ^{ns}	0,84**	-0,33 ^{ns}	-0,46*	-0,51*	-0,31 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,71**	0,95**	1,00**

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo (p>0,05).

APÊNDICE 3. Correlação entre as características químicas dos substratos e os teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com biossólido. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), Manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), teor de nitrogênio (TN), teor de fósforo (TP), teor de potássio (TK), teor de cálcio (Tca), teor de magnésio (TMg), teor de enxofre (TS), teor de zinco (TZn), teor de ferro (TFe), teor de Manganês (TMn), teor de cobre (TCu), teor de boro (TB)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	TN	TP	TK	Tca	TMg	TS	TZn	TFe	TMn	TCu	TB	
N	1,00**																						
P	0,71**	1,00**																					
K	-0,38 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	1,00**																				
Ca	0,51*	0,25 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	1,00**																			
Mg	-0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,55*	0,37 ^{ns}	1,00**																		
S	0,37 ^{ns}	0,82**	0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	1,00**																	
Zn	0,38 ^{ns}	0,64**	0,24 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,66**	1,00**																
Fe	0,79**	0,85**	-0,39 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,71**	0,65**	1,00**															
Mn	-0,59*	-0,54*	0,11 ^{ns}	-0,48*	-0,36 ^{ns}	-0,40*	-0,12 ^{ns}	-0,51*	1,00**														
Cu	0,50*	0,77**	0,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,56**	0,71**	0,58*	-0,57*	1,00**													
B	-0,48*	-0,28 ^{ns}	0,82**	0,11 ^{ns}	0,75**	-0,18 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,54*	0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,00**												
TN	0,15 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,64**	-0,04 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,44*	0,05 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,56*	-0,64**	1,00**											
TP	-0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,57*	-0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,44*	1,00**										
TK	-0,74*	-0,82**	-0,02 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,57*	-0,43*	-0,68**	0,78**	-0,77**	0,22 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,00**									
Tca	0,62**	0,57*	0,16 ^{ns}	0,64**	0,39 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,44*	0,45*	-0,73**	0,80**	0,28 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,63**	1,00**								
TMg	-0,30 ^{ns}	-0,45*	0,26 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,87**	-0,55*	-0,68**	-0,62**	-0,21 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,64**	-0,16 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,00**							
TS	0,06 ^{ns}	-0,44*	-0,53*	0,42*	0,17 ^{ns}	-0,59*	-0,66**	-0,23 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,51*	1,00**						
TZn	0,63**	0,54*	-0,41*	0,07 ^{ns}	-0,51*	0,27 ^{ns}	0,53*	0,70**	-0,25 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,63**	-0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,54*	0,20 ^{ns}	-0,62**	-0,30 ^{ns}	1,00**					
TFe	0,31 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,46*	0,41*	-0,34 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,55*	0,28 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,52*	0,04 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,49*	0,41*	0,28 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,00**				
TMn	0,24 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,44*	-0,06 ^{ns}	0,40*	0,25 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,51*	-0,28 ^{ns}	0,73**	0,40*	1,00**			
TCu	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,44*	-0,69**	0,48*	0,69*	0,40*	0,21 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,65**	-0,13 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,86**	-0,42*	0,35 ^{ns}	-0,41*	0,46*	1,00**		
TB	0,14 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,70**	0,65**	-0,62**	-0,47*	-0,24 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,78**	0,60**	-0,12 ^{ns}	0,75**	-0,08 ^{ns}	-0,75**	1,00**	

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo (p>0,05).

APÊNDICE 4. Correlação entre as características químicas dos substratos e os acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com biossólido. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), Manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), acúmulo de nitrogênio (AN), acúmulo de fósforo (AP), acúmulo de potássio (AK), acúmulo de cálcio (ACa), acúmulo de magnésio (AMg), acúmulo de enxofre (AS), acúmulo de zinco (AZn), acúmulo de ferro (AFe), acúmulo de Manganês (AMn), acúmulo de cobre (ACu), acúmulo de boro (AB)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	AN	AP	AK	ACa	AMg	AS	AZn	AFe	AMn	ACu	AB	
N	1,00**																						
P	0,71*	1,00**																					
K	-0,38 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	1,00**																				
Ca	0,51*	0,25 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	1,00**																			
Mg	-0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,55*	0,37 ^{ns}	1,00**																		
S	0,37 ^{ns}	0,82**	0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	1,00**																	
Zn	0,38 ^{ns}	0,64**	0,24 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,66**	1,00**																
Fe	0,79**	0,85**	-0,39 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,71**	0,65**	1,00**															
Mn	-0,59*	-0,54*	0,11 ^{ns}	-0,48*	-0,36 ^{ns}	-0,40*	-0,12 ^{ns}	-0,51*	1,00**														
Cu	0,50*	0,77**	0,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,56*	0,71**	0,58*	-0,57*	1,00**													
B	-0,48*	-0,28 ^{ns}	0,82**	0,11 ^{ns}	0,75**	-0,18 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,54*	0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,00**												
AN	0,53*	0,67**	-0,42*	-0,12 ^{ns}	-0,56*	0,69**	0,32 ^{ns}	0,68**	-0,13 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,75**	1,00**											
AP	0,63**	0,80**	-0,25 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,59*	0,74**	0,65**	0,80**	-0,32 ^{ns}	0,59*	-0,61**	0,83**	1,00**										
AK	0,35 ^{ns}	0,63**	-0,29 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,68**	0,70**	0,46*	0,64**	0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,68**	0,94**	0,80**	1,00**									
ACa	0,70**	0,90**	-0,25 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,42*	0,79**	0,59*	0,84**	-0,42*	0,61**	-0,55*	0,88**	0,94**	0,81**	1,00**								
AMg	0,62**	0,95**	0,14 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,76**	0,58*	0,69**	-0,63**	0,86**	-0,11 ^{ns}	0,55*	0,76**	0,48*	0,85**	1,00**							
AS	0,71**	0,79**	-0,43*	0,01 ^{ns}	-0,57*	0,69**	0,48*	0,84**	-0,39 ^{ns}	0,51*	-0,72**	0,87**	0,96**	0,78**	0,93**	0,72**	1,00**						
AZn	0,66**	0,76**	-0,41*	-0,02 ^{ns}	-0,56*	0,60**	0,51*	0,80**	-0,29 ^{ns}	0,40*	-0,74**	0,85**	0,90**	0,81**	0,92**	0,67**	0,88**	1,00**					
AFe	0,75**	0,77**	-0,25 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,54*	0,63**	0,81**	-0,57*	0,67**	-0,48*	0,56*	0,84**	0,49*	0,82**	0,76**	0,78**	0,88**	1,00**				
AMn	0,61**	0,62**	-0,35 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,60**	0,52*	0,52*	0,72**	-0,23 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,74**	0,74**	0,86**	0,72**	0,78**	0,53*	0,80**	0,94**	0,86**	1,00**			
ACu	0,58*	0,69**	-0,34 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,65**	0,70**	0,50*	0,72**	-0,15 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,74**	0,95**	0,94**	0,91**	0,90**	0,60**	0,93**	0,89**	0,69**	0,85**	1,00**		
AB	0,79**	0,91**	-0,30 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,41*	0,71**	0,62**	0,90**	-0,44*	0,61**	-0,60**	0,81**	0,92**	0,75**	0,97**	0,82**	0,91**	0,95**	0,91**	0,86**	0,86**	1,00**	

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo (p>0,05).

APÊNDICE 5. Correlação entre os atributos físicos dos substratos e as características morfológicas das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com esterco de animais. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC) e densidade aparente (DENS)

	H	D	H/D	MSPA	MSR	MST	MSPA/ MSR	IQD	VTP	MAC	MIC	DENS
H	1,00**											
D	0,93**	1,00**										
H/D	0,96**	0,79**	1,00**									
MSPA	0,87**	0,75**	0,85**	1,00**								
MSR	0,79**	0,69**	0,77**	0,97**	1,00**							
MST	0,85**	0,73**	0,83**	0,99**	0,98**	1,00**						
MSPA/MSR	0,75**	0,65**	0,78**	0,73**	0,57*	0,68**	1,00**					
IQD	0,63**	0,56*	0,60**	0,91**	0,97**	0,94**	0,48*	1,00**				
VTP	-0,04 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	1,00**			
MAC	0,29 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,44*	0,31 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,69**	0,17 ^{ns}	0,81**	1,00**		
MIC	-0,35 ^{ns}	-0,44*	-0,21 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	0,81**	0,30 ^{ns}	1,00**	
DENS	-0,07 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,91**	-0,70**	-0,77**	1,00**

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE 6. Correlação entre as características químicas dos substratos e as características morfológicas das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com esterco de animais. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massa seca radicular (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), Manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), matéria orgânica (MO) e relação carbono/nitrogênio (C/N)

	MSPA/																				
	H	D	H/D	MSPA	MSR	MST	MSR	IQD	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	C/N
H	1,00**																				
D	0,93**	1,00**																			
H/D	0,96**	0,79**	1,00**																		
MSPA	0,87**	0,75**	0,85**	1,00**																	
MSR	0,79**	0,69**	0,77**	0,97**	1,00**																
MST	0,85**	0,73**	0,83**	0,99**	0,99**	1,00**															
MSPA/MSR	0,75**	0,65**	0,78**	0,73**	0,57*	0,68**	1,00**														
IQD	0,63**	0,56*	0,60**	0,91**	0,97**	0,94**	0,48*	1,00**													
N	0,04 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,42*	1,00**												
P	0,53*	0,44*	0,53*	0,37 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,53*	0,11 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,00**											
K	0,02 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,45*	-0,02 ^{ns}	1,00**										
Ca	0,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,52*	0,22 ^{ns}	1,00**									
Mg	-0,04 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,51*	-0,27 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	1,00**								
S	-0,33 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,40*	-0,24 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,58*	0,32 ^{ns}	-0,51*	1,00**							
Zn	0,64**	0,57*	0,61**	0,57*	0,48*	0,54*	0,52*	0,36 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,93**	0,05 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,49*	0,20 ^{ns}	1,00**						
Fe	-0,03 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-0,94**	-0,02 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,77**	0,40*	0,26 ^{ns}	1,00**					
Mn	0,14 ^{ns}	-0,03	0,33 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,56*	-0,10 ^{ns}	0,81**	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,65**	-0,16 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,88**	1,00**				
Cu	0,58*	0,44*	0,6**	0,47*	0,38*	0,44*	0,38 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,86**	-0,17 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,59*	0,10 ^{ns}	0,93**	0,21 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	1,00**			
B	-0,15 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,50*	-0,40*	0,17 ^{ns}	-0,60**	0,88**	0,38 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,77**	0,61**	0,13 ^{ns}	1,00**		
MO	-0,14 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,45*	0,96**	0,02 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,65**	-0,23 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,97**	0,86**	-0,21 ^{ns}	0,84**	1,00**	
C/N	-0,44*	-0,39 ^{ns}	-0,41*	-0,25 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,50*	0,36 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,72**	0,05 ^{ns}	-0,65**	-0,41*	0,47*	-0,83**	0,13 ^{ns}	0,42*	1,00**

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo (p>0,05).

APÊNDICE 7. Correlação entre as características químicas dos substratos e os teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com esterco de animais. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), Manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), teor de nitrogênio (TN), teor de fósforo (TP), teor de potássio (TK), teor de cálcio (Tca), teor de magnésio (TMg), teor de enxofre (TS), teor de zinco (TZn), teor de ferro (TFe), teor de Manganês (TMn), teor de cobre (TCu), teor de boro (TB)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	TN	TP	TK	Tca	TMg	TS	TZn	TFe	TMn	TCu	TB	
N	1,00**																						
P	0,22 ^{ns}	1,00**																					
K	-0,45*	-0,02 ^{ns}	1,00**																				
Ca	-0,03 ^{ns}	0,52*	0,22 ^{ns}	1,00**																			
Mg	0,51*	-0,27 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	1,00**																		
S	-0,26 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,58*	0,32 ^{ns}	-0,51*	1,00**																	
Zn	-0,06 ^{ns}	0,93**	0,05 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,49*	0,20 ^{ns}	1,00**																
Fe	-0,94**	-0,02 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,77**	0,40*	0,26 ^{ns}	1,00**															
Mn	0,81**	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,65**	-0,16 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,88**	1,00**														
Cu	0,04 ^{ns}	0,86**	-0,17 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,59*	0,10 ^{ns}	0,93**	0,21 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	1,00**													
B	0,88**	0,38 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,77**	0,61**	0,13 ^{ns}	1,00**												
TN	0,81**	0,36 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,43*	0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,76**	0,79**	0,03 ^{ns}	0,81**	1,00**											
TP	-0,70**	0,33 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,87**	0,49*	0,56*	0,88**	-0,79**	0,51*	-0,43*	-0,47*	1,00**										
TK	-0,20 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,69**	0,36 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,75**	-0,16 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,00**									
Tca	0,13 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,90**	-0,04 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,41*	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,65**	1,00**								
TMg	0,81**	0,44*	-0,59*	-0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,49*	0,29 ^{ns}	-0,72**	0,64**	0,37 ^{ns}	0,60**	0,53*	-0,46*	-0,62**	0,43*	1,00**							
TS	-0,40*	-0,06 ^{ns}	0,50*	0,61**	-0,13 ^{ns}	0,57*	-0,11 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,81**	-0,29 ^{ns}	-0,60**	1,00**						
TZn	0,12 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,47*	0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	1,00**					
TFe	-0,10 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,51*	-0,31 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,43*	0,26 ^{ns}	0,45*	1,00**				
TMn	0,33 ^{ns}	-0,45*	-0,77**	-0,39 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,49*	-0,45*	-0,33 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,46*	-0,67**	0,63**	0,41*	-0,51**	0,06 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,00**			
TCu	-0,82**	0,36 ^{ns}	0,49*	0,29 ^{ns}	-0,64**	0,37 ^{ns}	0,60**	0,87**	-0,69**	0,45*	-0,61**	-0,51*	0,87**	0,21 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,53*	0,36 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,65**	1,00**		
TB	-0,77**	0,01 ^{ns}	0,51*	0,42*	-0,57*	0,65**	0,14 ^{ns}	0,82**	-0,72**	-0,01 ^{ns}	-0,44*	-0,37 ^{ns}	0,79**	0,65**	-0,18 ^{ns}	-0,79**	0,83**	-0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,56*	0,75**	1,00**	

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo (p>0,05).

APÊNDICE 8. Correlação entre as características químicas dos substratos e os acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas nos substratos formulados com esterco de animais. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), Manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), acúmulo de nitrogênio (AN), acúmulo de fósforo (AP), acúmulo de potássio (AK), acúmulo de cálcio (ACa), acúmulo de magnésio (AMg), acúmulo de enxofre (AS), acúmulo de zinco (AZn), acúmulo de ferro (AFe), acúmulo de Manganês (AMn), acúmulo de cobre (ACu), acúmulo de boro (AB)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	AN	AP	AK	ACa	AMg	AS	AZn	AFe	AMn	ACu	AB	
N	1,00**																						
P	0,22 ^{ns}	1,00**																					
K	-0,45*	-0,02 ^{ns}	1,00**																				
Ca	-0,03 ^{ns}	0,52*	0,22 ^{ns}	1,00**																			
Mg	0,51*	-0,27 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	1,00**																		
S	-0,26 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,58*	0,32 ^{ns}	-0,51*	1,00**																	
Zn	-0,06 ^{ns}	0,93**	0,05 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,49*	0,20 ^{ns}	1,00**																
Fe	-0,94**	-0,02 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,77**	0,40*	0,26 ^{ns}	1,00**															
Mn	0,81**	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,65**	-0,16 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,88**	1,00**														
Cu	0,04 ^{ns}	0,86**	-0,17 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,59*	0,10 ^{ns}	0,93**	0,21 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	1,00**													
B	0,88**	0,38 ^{ns}	-0,33*	0,10 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,77**	0,61**	0,13 ^{ns}	1,00**												
AN	-0,05 ^{ns}	0,44*	0,16 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,59*	0,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,48*	-0,21 ^{ns}	1,00**											
AP	-0,34 ^{ns}	0,49*	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,72**	0,37 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,62**	-0,39 ^{ns}	0,92**	1,00**										
AK	-0,34 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,58*	-0,01 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,43*	0,24 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,87**	0,84**	1,00**									
ACa	-0,09 ^{ns}	0,45*	-0,14 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	0,63**	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,57*	-0,25 ^{ns}	0,93**	0,93**	0,70**	1,00**								
AMg	0,13 ^{ns}	0,54*	-0,17 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	0,65**	-0,10 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,62**	-0,04 ^{ns}	0,94**	0,86**	0,66**	0,97**	1,00**							
AS	-0,33 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,49*	0,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,46*	0,92**	0,92**	0,94**	0,85**	0,77**	1,00**						
AZn	-0,09 ^{ns}	0,49*	0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,65**	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,57*	-0,19 ^{ns}	0,96**	0,92**	0,77**	0,96**	0,96**	0,84**	1,00**					
AFe	-0,21 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,55*	0,17 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,44*	-0,34 ^{ns}	0,98**	0,95**	0,88**	0,94**	0,90**	0,93**	0,96**	1,00**				
AMn	-0,08 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,47*	0,06 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,42*	-0,32 ^{ns}	0,93**	0,88**	0,72**	0,97**	0,94**	0,86**	0,92**	0,94**	1,00**			
ACu	-0,30 ^{ns}	0,46*	0,22 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,67**	0,30 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,56*	-0,39 ^{ns}	0,96**	0,98**	0,88**	0,93**	0,88**	0,93**	0,95**	0,97**	0,90**	1,00**		
AB	-0,45*	0,30 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,54*	0,41*	-0,11 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,53*	0,88**	0,94**	0,94**	0,83**	0,73**	0,99**	0,82**	0,92**	0,82**	0,94**	1,00**	

Teste F: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo (p>0,05).