

# LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Tectona grandis* L.

Daniele Rodrigues Gomes<sup>1</sup>, Marcos Vinicius Winckler Caldeira<sup>2</sup>, William Macedo Delarmelina<sup>1</sup>,  
Elzimar de Oliveira Gonçalves<sup>2</sup>, Paulo André Trazzi<sup>3</sup>

(recebido: 12 de outubro de 2010; aceito: 28 de outubro de 2012)

**RESUMO:** O lodo de esgoto constitui um resíduo de estações de tratamento de esgoto, que pode ser utilizado em formulações de substratos para a produção de mudas. A partir disso, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes proporções de lodo de esgoto, substrato comercial e solo sobre características de crescimento de mudas de *Tectona grandis* em tubetes, com capacidade volumétrica de 120 cm<sup>3</sup>. O lodo de esgoto utilizado foi procedente da ETE's de Pacotuba/ES. As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal/CCA/UFES. O delineamento estatístico utilizado no experimento foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por lodo de esgoto: substrato comercial: terra de subsolo (v:v:v); onde correspondia a 20:70:10 (T1); 40:50:10 (T2); 60:30:10(T3); 80:10:10 (T4); 90:0:10 (T5) e o tratamento testemunha com 0:90:10 (T6). Todas as características avaliadas foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. A testemunha (T6) apresentou resultados iguais ou estatisticamente inferiores ao tratamento T3 com concentração de 60% de lodo de esgoto. Conclui-se, então, que o uso do lodo de esgoto para a produção de mudas é viável e promissor, quando utilizado em uma proporção de 60%, associado a 30% de substrato comercial e a 10% terra de subsolo.

Palavras-chave: Biossólido, características morfológicas, qualidade de mudas.

## SEWAGE SLUDGE AS SUBSTRATE FOR *Tectona grandis* L. SEEDLINGS PRODUCTION

**ABSTRACT:** The sewage sludge is a waste from sewage treatment plants, which can be used in formulations of substrates for seedling production. This study aimed to evaluate the effects of different proportions of sewage sludge, soil and commercial substrate on the growth characteristics of *Tectona grandis* seedlings in tubes of 120 cm<sup>3</sup> volume capacity. The sewage sludge used came from the STP's Cachoeiro de Itapemirim / ES. The seedlings were grown in the forest nursery / CCA / UFES. The statistical design used in the experiment was completely randomized design (CRD) with six treatments and five replications. The treatments constituted of sewage sludge : commercial substrate: soil (v: v: v), which corresponded to 20:70:10 (T1), 40:50:10 (T2), 60:30:10 (T3), 80 : 10:10 (T4), 90:0:10 (T5) and the control treatment with 0:90:10 (T6). All variables assessed were significant at the 5% level of probability. The control (T6) showed results statistically equal to or lower than the treatments T3 with 60% of sewage sludge concentration (T3). It follows then that the use of sewage sludge in seedling production is feasible and promising, however, used in a proper proportion.

Key words: Biosolid, morphological characteristics, seedling quality.

## 1 INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto, subproduto oriundo de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), é um resíduo de composição variável, rico em matéria orgânica e nutriente. Após passar pelo processo de estabilização, geralmente a compostagem passa a ser denominada biossólido, tornando-se um produto com características desejáveis para o setor agrícola e florestal.

Grande parte do lodo de esgoto, atualmente gerado nos sistemas de tratamento do país, tem como destino final os aterros sanitários, o que limita a reciclagem e reaproveitamento do resíduo. O destino final do lodo, todavia, tem sido uma preocupação em relação à complexidade do problema que ele representa no processo operacional, por gerar gastos à empresa com a remoção desse material para locais adequados.

Dessa forma, há a necessidade de dispor os lodos de esgoto provenientes das Estações de Tratamento de

<sup>1</sup>Engenheira(o) Florestal, Mestranda(o) em Ciências Florestais – Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – Alto Universitário, s/n – Guararema – Cx. P. 16 – 29500-00 – Alegre, ES, Brasil – daniele.rodriguesgomes@yahoo.com.br, williamdm@hotmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro(a) Florestal, Professor(a) D.Sc. em Ciências Florestais – Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – Alto Universitário, s/n – Guararema – Cx. P. 16 – 29500-00 – Alegre, ES, Brasil – caldeiramv@pq.cnpq.br, elzimarog@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná – Departamento de Ciências Florestais – Rua Prof. Lhotário Meissner, 900, Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR, Brasil – patrazzi@hotmail.com

Esgoto Sanitário de forma adequada à proteção do meio ambiente e da saúde da população.

Em agosto de 2006, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 375, determinou uma metodologia que: define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências (BRASIL, 2006). A resolução determina as concentrações-limite de metais, as cargas cumulativas máximas permitidas para a aplicação em solos agrícolas, presença de patógenos e as espécies para as quais o seu uso é recomendado.

A matéria orgânica, que pode ser fornecida às mudas por meio da utilização do lodo de esgoto, atua como um dos principais componentes dos substratos, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes para a formação das mudas (CORDELL; FILER JUNIOR, 1984; KRATZ, 2011; TRAZZI, 2011; TRAZZI et al., 2010), logo é uma opção que apresenta benefícios ambientais. Nesse sentido, pesquisas relacionadas com o uso de lodo de esgoto são importantes para que o mesmo não seja descartado de forma inadequada no ambiente.

Dentre os estudos realizados com o lodo de esgoto, destacam-se o uso como fertilizante orgânico de áreas degradadas em plantações florestais, e também como componentes de substratos destinados ao cultivo de mudas, uma vez que esses produtos, em sua maior parte, não são destinados à alimentação humana ou animal.

Na escolha de um substrato, deve-se observar, principalmente, as características físicas e químicas, a espécie a ser plantada, além dos aspectos econômicos, que são: baixo custo e grande disponibilidade (FONSECA et al., 2002). A adoção de padrões técnicos e procedimentos adequados na composição dos substratos poderão melhorar a qualidade das mudas produzidas pelos produtores.

Portanto, neste trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes proporções de lodo de esgoto, substrato comercial e subsolo sobre as características de crescimento de mudas de *Tectona grandis*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado na Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 06 (Área Experimental I), no município de Alegre-ES, cuja coordenada geográfica compreende a latitude -20°45' 49" e longitude 41° 31' 59" (APOLO11, 2010).

Foram utilizados frutos da espécie *Tectona grandis*, mais indicados para a propagação dessa espécie, visto que suas sementes são muito sensíveis ao processamento, os quais foram obtidos a partir de doação da empresa Floresteca S/A. Fez-se a quebra de dormência dos mesmos, deixando-os 12 horas em água corrente no período noturno e 12 horas exposta ao ar e ao sol durante três dias consecutivos. Após o tratamento de quebra de dormência, foi realizada a semeadura.

Os frutos foram distribuídos em sementeiras, constituídas de uma camada de brita e outra, em maior proporção, de areia (substrato), e cobertas com uma camada fina do mesmo substrato (areia), sendo irrigadas com microaspersores quatro vezes ao dia, por sistema de irrigação automática, sendo realizadas duas irrigações na parte da manhã e duas na parte da tarde.

As plântulas permaneceram por um mês nas sementeiras e, após apresentarem, no mínimo, 5,0 cm de altura e dois pares de folhas, foram retiradas da sementeira, colocadas em bandeja com água, para evitar desidratação, e imediatamente repicadas para tubetes com capacidade de 120 cm<sup>3</sup> de substrato.

O lodo de esgoto utilizado para a produção das mudas foi procedente da Estação de Tratamento de Esgoto de Pacotuba/ES pertencente à Empresa de Saneamento Foz do Brasil, prestadora de serviços para o município de Cachoeiro de Itapemirim/ES. Já, o substrato comercial utilizado no experimento foi produzido a partir da casca de Pinus bioestabilizada e subsolo utilizado foi o Latossolo Vermelho Amarelo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999).

Na Tabela 1, encontram-se os teores de metais pesados presentes no lodo de esgoto. De acordo com a resolução CONAMA – 375/2006 (BRASIL, 2006), esse material está apto para uso.

Para verificar o efeito da adição de lodo de esgoto na produção de mudas da espécie *Tectona grandis*, foram avaliados seis tratamentos com cinco repetições, no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os tratamentos analisados foram compostos por lodo de esgoto (LE): substrato comercial (SC): terra de subsolo (TS) (v:v:v), na proporção de: T1- 20% lodo de esgoto + 70% substrato comercial + 10% subsolo; T2- 40 % lodo de esgoto + 50% substrato comercial + 10% subsolo; T3- 60% lodo de esgoto + 30% substrato comercial + 10% subsolo; T4- 80% lodo de esgoto + 10% substrato comercial + 10% subsolo; T5- 90% lodo de esgoto + 10% subsolo; T6 (testemunha)- 90% substrato comercial + 10% subsolo.

**Tabela 1** – Teores (mg dm<sup>-3</sup>) de metais pesados no lodo de esgoto doado pela Foz do Brasil S.A. na Estação de Tratamento de Esgoto de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

**Table 1** – Heavy metal content (mg dm<sup>-3</sup>) in sewage sludge donated by Foz do Brasil S.A in the Station Wastewater Treatment in Itapemirim-ES.

Parâmetros	Resultados Analíticos <sup>1</sup>	Resolução CONAMA - 375/2006
Ar	<0,5	41
Ba	156	1300
Cd	<0,053	39
Pb	29	300
Cu	98	1500
Cr	26	1000
Mo	3,5	50
Ni	11	420
Se	<0,5	100

<sup>1</sup>Resultados fornecidos pela Foz do Brasil S.A.

Após o preparo de cada tratamento, foram encaminhadas amostras dos mesmos para proceder às análises químicas, segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e os resultados encontram-se na Tabela 2.

Em razão da incidência de ácaro nas folhas das mudas, aos 85 dias após a repicagem, houve a necessidade de aplicar o produto químico Orthene 750-BR. O acaricida-inseticida foi dissolvido, utilizando-se de um recipiente graduado de 5 em 5 litros, na proporção de 10 gramas do produto em 10 litros de água e aspergidos com o auxílio de um borrifador costal.

Aos 120 dias após a repicagem, o experimento foi encerrado. Foram analisadas as seguintes variáveis: altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), e as relações entre H/DC e MSPA/MSR, bem como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) segundo Dickson et al. (1960) (Equação 1).

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

As medições de altura da parte aérea e do diâmetro de coleto foram efetuadas, utilizando-se régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. Em seguida, as plantas foram separadas em: parte aérea e sistema radicular, com o auxílio de uma tesoura. As raízes foram lavadas em água corrente, para a limpeza de seu sistema radicular, posteriormente, ambos os materiais foram colocados em estufa de circulação forçada a 70 °C, por um período de 72 horas, quando os materiais atingiram pesos constantes.

As pesagens foram efetuadas após o esfriamento, em balança semianalítica com três casas decimais. A

**Tabela 2** – Resultados da análise química dos diferentes substratos utilizados na produção de mudas de *Tectona grandis*.

**Table 2** – Results the chemical analysis of the different substrates used in the production of seedlings of *Tectona grandis*.

Substrato	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	MO <sup>1</sup>	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
T1	5,4	7,0	7,7	1,9	37,5	18,8	1,4	80	114	17360	161	22
T2	5,6	8,1	7,4	2,4	23,2	8,8	2,6	80	185	22360	191	39
T3	5,3	9,5	9,2	2,5	26,1	6,1	2,1	80	219	19560	184	44
T4	4,4	8,8	6,7	2,3	18,8	3,2	2,0	70	226	20360	161	46
T5	5,1	10,2	7,4	1,8	16,6	1,7	2,1	80	193	17960	147	37
T6	5,4	7,0	7,6	3,4	38,5	20,5	1,1	80	56	15800	198	14
LE <sup>2</sup>	5,0	13,3	2,5	0,8	8,9	2,4	0,14	65,5	231	17480	157	53
SC <sup>3</sup>	4,6	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	145,9	44	9200	199	10
TS <sup>4</sup>	6,9	0,4	0,5	0,8	11,4	2,2	0,06	7	39	37880	83	11

<sup>1</sup> Matéria orgânica; <sup>2</sup> Lodo de Esgoto; <sup>3</sup> Substrato Comercial; <sup>4</sup> Terra de Subsolo

determinação de massa seca aérea, de raízes foi obtida muda por muda, e seus valores quando somados resultou na produção de biomassa total (MST) e para a determinação de um dos índices de qualidade utilizou a relação MSPA/MSR.

As características morfológicas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características morfológicas e os índices de qualidade das mudas avaliadas neste experimento apresentaram respostas distintas entre si. Pela análise de variância observou-se efeito significativo dos substratos em todas as características analisadas. Na Tabela 3, encontram-se as médias obtidas para cada característica morfológica e os índices de qualidade de mudas avaliados.

A proporção de 60% de lodo de esgoto associado a 30% de substrato comercial e 10% de subsolo (T3) apresentou, estatisticamente, as melhores médias para todas as características avaliadas, obtendo resultados superiores quando comparadas ao tratamento testemunha (T6), testados nesse estudo, com mudas de *Tectona grandis*.

Resultado semelhante ao presente estudo foi evidenciado por Maia (1999), utilizando subsolo, lodo de esgoto e casca de *Pinus* como substrato na produção

de mudas de *Pinus taeda*, na qual comprovou que a presença de subsolo no substrato é dispensável, e o lodo, por sua vez, não deve ser usado puro, apesar da sua relativa fertilidade, em razão, provavelmente, da sua baixa porosidade, provocando compactação do substrato.

#### 3.1 Altura da parte aérea

Segundo Mexal e Lands (1990), altura da parte aérea das mudas fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial da mudas no campo, sendo tecnicamente, aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas. Também Gomes et al. (2002) citam que a altura da parte aérea, quando avaliada isoladamente pode ser utilizada para expressar a qualidade das mudas.

A altura apresentou maior crescimento nas mudas do tratamento T3 com 60% de lodo de esgoto associado ao substrato comercial, diferenciando, significativamente, do tratamento testemunha, enquanto que, com os tratamentos utilizando 20% (T1) e 90% (T5) de lodo de esgoto, foram obtidos os menores valores das características de crescimento avaliadas (Tabela 3). Esses resultados contrastam com aqueles encontrados por Nóbrega et al. (2007), que constatou tendência de aumento nos valores desse parâmetro para a espécie *Schinus terebinthifolius*, a partir da primeira dose de lodo de esgoto (20%) adicionada ao substrato de subsolo.

**Tabela 3** – Altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação altura/diâmetro (H/DC), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Tectona grandis* aos 120 dias de idade.

**Table 3** – Height (H), basal diameter (DC), shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSR), total dry mass (MST), height/diameter ratio (H/DC), dry mass shoot/root ratio (MSPA/MSR) and Dickson quality index (IQD) of seedlings of *Tectona grandis* at 120 days of age.

Tratamentos	Variáveis analisadas							
	H(cm)	DC(mm)	MSPA(g)	MSR(g)	MST(g)	H/DC	MSPA/MSR	IQD
T1	9,45c	5,52d	0,9d	1,54c	2,44c	1,75bc	0,59b	0,93b
T2	16,10b	9,41a	2,08b	2,40b	4,49b	1,76bc	0,93a	1,68a
T3	19,87a	8,61ab	2,87a	3,21a	6,10a	2,33a	0,91a	1,88a
T4	16,53b	8,79ab	2,22b	2,62b	4,84b	1,93b	0,90a	1,71a
T5	10,57c	7,23c	1,61c	2,57b	4,19b	1,50c	0,62b	1,97a
T6	15,26b	8,26b	2,11b	2,79ab	4,91b	1,87b	0,80ab	1,84a
F	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	8,50	6,06	12,19	11,93	10,64	8,69	13,61	16,71

ns = não significativo (P>0,05); \*\*significativo (P<0,01),

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

De um modo geral, as mudas dos tratamentos que utilizavam lodo de esgoto na composição do substrato, revelaram um crescimento em altura superior às mudas do tratamento testemunha, provavelmente pelo fato desses substratos apresentarem maiores teores de N e P em relação à testemunha. Novais et al. (1980, 1982), em experimento com mudas de eucalipto, verificaram que os nutrientes N e P são altamente requeridos nos estádios iniciais de crescimento das mudas, sendo, então, importante estarem presentes em bom nível no substrato.

O efeito positivo do substrato enriquecido com lodo de esgoto no crescimento em altura de mudas pode estar também relacionado com a maior disponibilidade de P, Ca, Mg e K e com o pH, em níveis adequados ao crescimento das plantas (Tabela 2). Cunha et al. (2005), em suas pesquisas têm comprovado que a adição de composto orgânico aos substratos usados para a produção de mudas, resulta em benefícios como o fornecimento de macro e micronutrientes.

### 3.2 Diâmetro do coleto

O diâmetro do coleto é facilmente mensurável, não sendo um método destrutivo, e considerado por muitos pesquisadores como uma das mais importantes características para estimar a sobrevivência após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (CARNEIRO, 1995; DANIEL et al., 1997; GOMES et al., 2002; SOUZA et al., 2006); tal característica é utilizada para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicados na produção de mudas e para avaliação da capacidade de sobrevivência em campo, já que mudas de maior incremento em diâmetro possuem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (SOUZA et al., 2006).

Neste trabalho, verificou-se que, o substrato mais indicado foi o do tratamento T2 (40% de lodo de esgoto) que proporcionou um incremento máximo de 9,41 mm de diâmetro (Tabela 3), além dos tratamentos com 60% e 80% de lodo de esgoto, T3 e T4, respectivamente. Isso indica que o lodo de esgoto pode ser usado na substituição do substrato comercial até o volume de 80% associado a 10% de substrato comercial e 10% de solo, sem prejuízos no crescimento do diâmetro, nas condições em que o experimento foi realizado.

Pode-se inferir que o bom suprimento de K (Tabela 2) nos tratamentos com melhores médias de diâmetro (T2, T3 e T4) aliado às propriedades físicas que o substrato comercial proporciona ao substrato (TRAZZI, 2011), pode ter contribuído para o crescimento do diâmetro das mudas, já que o K, além de regular a abertura estomática, promove

o engrossamento do caule das mudas, na fase de produção (VALERI; CORRADINI, 2005).

### 3.3 Massa seca da parte aérea

A matéria seca da parte aérea, apesar de ser um método destrutivo, deve ser considerada, pois indica a rusticidade das mudas (CALDEIRA et al., 2000a, 2000b, 2008a, 2008b; GOMES; PAIVA, 2006).

No experimento em estudo, a produção de massa de matéria seca da parte aérea das mudas do tratamento T3 com 60% de lodo de esgoto diferiu, significativamente, dos demais tratamentos, conforme se pode verificar na Tabela 3, com a massa de 2,87g, mostrando superioridade nessa característica. O resultado obtido nesse tratamento (T3) correlaciona com as médias superiores encontradas para altura no mesmo tratamento, mostrando a relação existente entre a altura e a produção de massa seca da parte aérea. A análise realizada por Gomes e Paiva (2006) evidencia que há relação entre os fatores que influenciam no crescimento em altura e o ganho de massa de matéria seca, sendo assim, pode estar também relacionado com a maior disponibilidade de N, P, Ca, Mg e K e com o pH, nos substratos que proporcionaram melhores crescimentos das características avaliadas (Tabela 2).

### 3.4 Massa seca da raiz

A massa seca de raízes tem sido reconhecida por diferentes autores como uma das melhores características para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (CALDEIRA et al., 2008a, 2000b; GOMES et al., 2002).

De maneira geral, o lodo de esgoto aplicado juntamente ao subsolo, exerceu efeitos significativos no sentido de aumentar a produção de matéria seca de raízes, conforme se verifica na Tabela 3. O tratamento T1 com 20% de lodo de esgoto apresentou a menor média de massa radicular diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos.

Observa-se, também, que à medida que se aumentou a dose de lodo de esgoto no substrato, produziu-se um efeito positivo no acúmulo de massa seca de raízes até a proporção 60:30:10 (lodo de esgoto:substrato comercial:subsolo), com a qual obteve-se um maior incremento para a característica avaliada, semelhante à testemunha, que pode proporcionar a obtenção de mudas com maior sobrevivência em campo. Em proporções superiores a 60% de lodo de esgoto (T3), não foi obtido um incremento significativo na massa seca de raízes, em razão, provavelmente, das alterações indesejáveis das características físicas (macro e microporosidade) que o uso

de altas concentrações de lodo de esgoto pode proporcionar ao substrato (TRAZZI, 2011; TRAZZI et al., 2010).

### 3.5 Massa seca total

No que se refere à produção de massa seca total (MSPA+MSR), mudas desenvolvidas no tratamento T3 foram superiores em relação aos demais tratamentos. Neste trabalho, foi obtido um valor de massa seca total de 6,10g para uma proporção de 60% de lodo de esgoto associado com o substrato comercial e subsolo, com suas proporções 30:10, respectivamente; e o menor valor de incremento para a variável analisada, foi o tratamento T1 (20:80:10), com uma produção de massa seca de 2,44g.

Estudo realizado por Cruz (2006) com mudas de *Samanea inopinata* observou que se deve considerar que, quanto maior for o valor da massa seca total, melhor será a qualidade das mudas produzidas, portanto, pode-se inferir que o tratamento T3 proporciona a produção de mudas de melhor qualidade e, portanto, com maior probabilidade de sobrevivência em campo.

### 3.6 Relação altura e diâmetro

O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, relacionando essas duas importantes características morfológicas em um índice (CARNEIRO, 1995), também denominado de quociente de robustez (GOMES et al., 2002).

Em trabalhos de pesquisa com espécies florestais, constatou-se que mudas com maior altura e maior diâmetro do coleto apresentaram maior potencial de crescimento inicial no campo. Nesse sentido, os melhores resultados foram obtidos com mudas do tratamento T3 (60% de lodo de esgoto), estatisticamente superior à testemunha e aos demais tratamentos. Entretanto, durante o período de avaliação, as mudas do tratamento T6 com 90:00:10 (lodo de esgoto:substrato comercial:subsolo) mostraram-se inferiores ao tratamento T3 com 60:30:10 (lodo de esgoto:substrato comercial:subsolo) (Tabela 3), o que pode estar relacionado com as propriedades físicas do substrato.

Nota-se que para a espécie estudada *Tectona grandis* a relação RHD foi menor que 10, padrão recomendado por Caldeira et al. (2008b). Essa constatação também foi verificada no estudo de Oliveira et al. (2008) com *Schinus terebinthifolius*. É evidente que quanto menor for à média dos diâmetros de coleto, maior é o resultado do índice de qualidade RHD.

É possível constatar que a relação entre altura e diâmetro do coleto varia em função da espécie, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente, do manejo das mudas no viveiro e da idade em que a muda foi avaliada (CALDEIRA et al., 2000a, 2000b, 2008a, 2008b; KRATZ, 2011; TRAZZI, 2011; TRAZZI et al., 2010).

### 3.7 Relação massa seca da parte aérea e massa seca de raízes

O índice calculado da razão entre massa de matéria seca da parte aérea e massa seca radicular das mudas é considerado como eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade dessas, embora essa relação possa não ter significado para o crescimento no campo (CALDEIRA et al., 2007; GOMES; PAIVA, 2006).

No presente experimento, o aumento da dose de lodo de esgoto do T1 (20% de lodo de esgoto) para o T3 (60% de lodo de esgoto) foi significativo (Tabela 3), contudo em relação ao tratamento testemunha (90% substrato comercial:10% de subsolo) esse não diferiu estatisticamente mesmo com o uso de proporções crescentes de lodo de esgoto associado com substrato comercial e subsolo.

A relação entre a massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular diminuiu conforme a porcentagem aplicada de lodo de esgoto no substrato, sendo que os tratamentos T2, T3 e T4 se diferenciaram estatisticamente dos tratamentos T1 e T5, contudo, estes se equivalem ao resultado encontrado no tratamento testemunha, demonstrando uma melhor distribuição das massas entre a parte aérea e o sistema radicular.

Para as mudas de *Tectona grandis*, espécie adotada no presente trabalho, os valores obtidos para a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa seca radicular variaram entre 0,6 e 0,8. Contrapondo com o encontrado por Caldeira et al. (2008b), com mudas de *Schinus terebinthifolius*, cuja relação parte aérea e raízes foi de 2:1 e a relação raízes e parte aérea 1:2.

Para o estudo em questão, a relação de massa seca da parte aérea/massa seca de raízes, mostrou valores abaixo do considerado ideal Caldeira et al. (2008b) que seria de 2:1, incluindo a testemunha, revelando um maior crescimento do sistema radicular em relação à parte aérea em todos os substratos testados.

Pode-se inferir que valores muito altos para a relação entre massa seca da parte aérea e massa seca de raízes podem ser prejudiciais à muda, pela tendência de desequilíbrio no crescimento, com consequente

tombamento das mudas e possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea.

O tempo em que foi executado o experimento (120 dias, após a repicagem) pode não ter sido suficiente, para o melhor crescimento da parte aérea, ou ainda, elementos tóxicos mesmo que em pequenas quantidades e dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA - Resolução nº 375 podem ter estimulado o maior crescimento de raízes, como defesa.

### 3.8 Índice de Qualidade Dickson (IQD)

No que se refere ao IQD, o mesmo é apontado como bom indicador de qualidade de mudas, porque são utilizados para seu cálculo a robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) (CALDEIRA et al., 2005, 2007; FONSECA et al., 2002; TRAZZI, 2011), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregadas para a avaliação da qualidade. Quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida (GOMES et al., 2002).

Trazzi (2011), testando várias formulações de substratos com lodo de esgoto, casca de arroz carbonizada e fibra de coco, verificou que os valores do IQD para as mudas de *Tectona grandis* variaram entre 0,4 e 2,32. A maior média foi obtida nos tratamentos T7 (60%LE+40%FC) e T8 (40%LE+60%FC), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. No presente estudo, os resultados encontrados para a mesma espécie variaram entre 0,93 e 1,97 (Tabela 3), sendo que as melhores médias foram obtidas em altas concentrações de lodo de esgoto.

Os resultados do presente estudo foram inferiores aos encontrados em *Tabebuia impetiginosa*, cujos valores médios variaram de 6,21 a 7,25 (CUNHA et al., 2005), entretanto, valores acima do proposto por Gomes e Paiva (2006), que recomendam o IQD maior que 0,2 para mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*.

Mudas dos tratamentos T2, T3, T4 e T5 não apresentaram valores médios de IQD estatisticamente diferentes ao do tratamento testemunha T6. No entanto, com mudas do tratamento T1 foram obtidos resultados diferentes aos demais tratamentos, apresentando um menor índice, mas não o suficiente para classificá-lo como mudas de baixa qualidade, uma vez que seu resultado foi superior ao índice recomendado por Gomes e Paiva (2006). Confirmado também, quando comparado com o experimento realizado por Vidal et al. (2006) em mudas de *Mikania glomerata*, as quais apresentaram valor de IQD próximo de 0,17, atingido aos 90 a 100 dias após a montagem do experimento.

A literatura evidencia que o IQD é uma característica variável (CALDEIRA et al., 2000a, 2000b, 2005, 2007, 2008a, 2008b; KRATZ, 2011; SAIDELLES et al., 2009; TRAZZI, 2011; TRAZZI et al., 2010). Nesse sentido, pode-se concluir que o IQD 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 a muda foi avaliada.

## 4 CONCLUSÕES

O uso de lodo de esgoto, como componente de substratos, é uma alternativa viável para a disposição final desse resíduo.

Tomando por base as características morfológicas avaliadas recomenda-se o uso de 60% de lodo de esgoto para a formulação dos substratos para a produção de mudas de *Tectona grandis*.

## 5 REFERÊNCIAS

- APOLO11. **Latitude e longitude das cidades brasileiras.** Disponível: <<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=es&cityid=825>>. Acesso em: 27 set. 2010.
- BRASIL. Resolução Nº. 375, de 29 de agosto de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 167, p. 141-146, 30 ago. 2006. Seção 1.
- CALDEIRA, M. V. W.; BLUM, H.; BALBINOT, R.; LOMBARDI, K. C. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, p. 191-202, 2008a.
- CALDEIRA, M. V. W.; MARCOLIN, M.; MORAES, E.; SCHAAD, S. S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Ambiência**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 311-323, 2007.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 27-33, 2008b.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGET, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 19-30, 2000a.

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

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

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

CORDELL, C. E.; FILER JUNIOR, T. H. Integrated nursery pest management. In: LANTZ, C. W. (Org.). **Southern pine handbook**. Washington: USDA, 1984. p. 1-17.

CRUZ, C. A. F. 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, jun./ago. 2006.

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

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, p. 163-168, 1997.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, p. 11-13, 1960.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; 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, n. 4, p. 515-523, jul./ago. 2002.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage e *Mimosa scabrella* Benth.** 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 81-82, 1999.

MEXAL, J. L.; LANDS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: USDA, Forest Service, 1990. p. 17-35.

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

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 29-37, 1982.

NOVAIS, R. F.; RÊGO, A. K.; GOMES, J. M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloëziana* F.Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 14-23, 1980.

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

**Cerne, Lavras, v. 19, n. 1, p. 123-131, jan./mar. 2013**

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

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

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TRAZZI, P. A. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F.** 2011. 84 f. Dissertação

(Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R. Avaliação de mudas de *Tecoma stans* utilizando biossólido e resíduo orgânico. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 85, p. 218-226, 2010.

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.

VIDAL, L. H. I.; SOUZA, J. R. P.; FONSECA, E. P.; BORDIN, I. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 24, n. 1, p. 26-30, jan./mar. 2006.

