



Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers¹

Use of sewage sludge and organic residues in the growth of seedlings Sesbania virgata (Cav.) Pers

William Macedo Delarmelina², Marcos Vinicius Winckler Caldeira^{3*}, Júlio César Tannure Faria⁴, Elzimar de Oliveira Gonçalves⁵

Resumo - Na fase de produção de mudas, o substrato exerce influência significativa no crescimento das plantas, e sua utilização pode ser feita de forma original ou combinados, tornando necessário, estudos voltados para obtenção de substratos capazes de garantir adequado crescimento e qualidade das mudas produzidas em viveiro. Visando contribuir para o conhecimento da espécie *Sesbania virgata* (Cav.) Pers, objetivou-se com este trabalho avaliar a melhor proporção entre componentes para formação de substrato para mudas. Os tratamentos foram formulados utilizando lodo de esgoto (LE), palha de café *in natura* (PC *in natura*), composto orgânico (CO) e o substrato comercial (SC) em diferentes proporções. As mudas foram produzidas em tubetes com capacidade para 120 cm³. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) e constituído de dez tratamentos, com cinco repetições de cinco mudas cada. Após 150 dias da semeadura foram analisadas as seguintes características: altura, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, massa seca total, relação massa seca da parte aérea/radicular e índice de qualidade de Dickson. Os resultados indicaram que os tratamentos que continham lodo de esgoto e composto orgânico em sua composição, especialmente o tratamento T7 (40% LE + 60% CO), proporcionaram os melhores resultados para as características morfológicas relacionadas com o crescimento das mudas de *Sesbania virgata*.

Palavras-chave - Produção de mudas florestais. Qualidade de mudas. Resíduos orgânicos.

Abstract - During the production of seedlings, the substrate has a significant influence on plant growth, which can be used in an original or combined form. This has made necessary studies to obtain substrates able to ensure adequate growth of the seedlings grown in nurseries. With to contribute to the knowledge of the specie *Sesbania virgata* (Cav.) Pers, this study determined the best ratio of the components for the formation of a suitable growth medium for theses seedlings. The treatments were formulated using sewage sludge (LE), organic compost (CO), coffee straw (PC *in natura*), and the commercial substrate (SC). Seedlings were grown in plastic pots with a capacity of 120 cm³. The experiment consisted of fourteen treatments with three replicates of five seedlings each. After 150 days old the following variables were measured: plant height, stem diameter, ratio between plant height and stem diameter, dry mass of shoot, dry mass of root system, total dry mass, dry mass ratio of shoot/root dry mass, and Dickson quality index. The results indicated that the treatments containing sewage sludge and organic compost in its composition, especially the treatment T7 (40% LE + 60% CO) provided the demonstrated the best morphological characteristics of *Sesbania virgata* seedlings.

Key words - Forest seedling production. Seedling quality. Organic residues.

*Autor para correspondência

¹Projeto de pesquisa financiado pelo CNPq.

Enviado para publicação em 30/07/2012 e aprovado em 19/05/2013.

²Eng. Florestal, Mestrando em Ciências Florestais - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro - ES, Brasil, williamdm@hotmail.com

³Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, Eng. Florestal, Professor D.Sc. em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro - ES, Brasil, mvwcaldeira@gmail.com

⁴Eng. Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Gerônimo Monteiro - ES, Brasil, juliocezar14@hotmail.com

⁵Eng. Florestal, Professora D.Sc. em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro - ES, Brasil, elzimar.goncalves@ufes.br

Introdução

O sucesso de um reflorestamento, tanto para fins comerciais quanto para ambientais, depende diretamente da qualidade das sementes e da fase de produção de mudas. Uma muda com boa qualidade é produzida em um bom substrato, pois a germinação, a iniciação radicular e aérea, estão associadas com uma boa capacidade de aeração, drenagem e retenção de água.

Em várias pesquisas, têm-se usado resíduos urbanos e agropecuários como substrato para produção de mudas florestais. Os resultados revelam que essas alternativas apresentam vantagens e desvantagens. Estudos de Caldeira *et al.* (2012) e Trigueiro e Guerrini (2003) mostram que a adição de resíduos orgânicos melhora as características do solo, favorecendo o crescimento das espécies florestais. Alguns desses materiais são ricos em nutrientes e bons condicionadores de solo, podendo ser usados na implantação de povoamentos florestais e cultivos agrícolas. O seu uso em reflorestamentos pode reduzir os riscos de contaminação por metais pesados, por não gerarem produtos alimentícios.

Entre os diversos resíduos de origem industriais utilizados na composição de um substrato, destaca-se o lodo de esgoto, já que é considerado por muitos autores como fonte de matéria orgânica, sendo responsável pela retenção de umidade e fornecimento de nutrientes (NÓBREGA *et al.*, 2007; GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004). Tradicionalmente, o esterco bovino é utilizado como fonte orgânica na composição de substratos para viveiros de mudas de café, de plantas hortícolas e de plantas arbóreas. Outro resíduo que pode ser utilizado é a palha de café que por se tratar de um resíduo orgânico, algumas empresas agroindustriais e viveiristas passaram a utilizá-lo como fertilizante nas lavouras e na produção de mudas, respectivamente. A utilização desses materiais para fins agrícolas e florestais contribuem para a sustentabilidade, reduzindo as pressões sobre recursos naturais (MIRANDA *et al.*, 2001; ARTUR *et al.*, 2007).

A espécie *Sesbania virgata* (Cav.) Pers é pioneira e bastante utilizada em plantios conservacionistas, conforme relatou Davide *et al.* (1995). Segundo Carpanezzi e Fowler (1997), esta espécie tem sido utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, devido às altas taxas de crescimento e cobertura que é capaz de promover no solo. De modo geral, as espécies da família Leguminosae têm a capacidade de fixar biologicamente o N e as bactérias podem fornecer à planta de 60 a 100% de suas necessidades de N (COSTA JÚNIOR, 1997).

Visando contribuir para o conhecimento da espécie em questão, objetivou-se com este trabalho avaliar a melhor proporção entre diferentes componentes orgânicos

para a formação de um substrato para mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.

Material e métodos

O experimento foi conduzido, durante o período de maio a setembro de 2011, no viveiro florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado na área experimental I no Município de Alegre - ES. O clima enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, sendo a precipitação anual média de 1200 mm e temperatura média anual de 23°C (ESPÍRITO SANTO, 1994).

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC), constituído de dez tratamentos, com cinco repetições. A unidade experimental foi composta por cinco mudas. Os substratos utilizados na constituição dos tratamentos foram formulados com lodo de esgoto (LE), palha de café *in natura* (PC *in natura*) e composto orgânico (CO) (Tabela 1). O tratamento controle (testemunha) consistiu do substrato comercial (SC) com 60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus mais terra vegetal.

Para a preparação do composto orgânico, o esterco bovino *in natura* foi misturado em igual proporção com a palha de café *in natura* (1:1 volume) até atingir homogeneidade. A mistura permaneceu em ambiente aberto, a pleno sol, durante 60 dias até a estabilização biológica. Após esse período, o composto foi passado em peneira de 3 mm de malha. O esterco bovino foi

Tabela 1 – Proporção dos materiais (%) que compõem os substratos (tratamentos) para produção de mudas de *Sesbania virgata*

Tratamento	¹ LE	² PC <i>in natura</i>	³ CO
T1	80	20	-
T2	60	40	-
T3	40	60	-
T4	20	80	-
T5	80	-	20
T6	60	-	40
T7	40	-	60
T8	20	-	80
T9	100	-	-
T10	Testemunha	-	-

¹LE – Lodo de Esgoto; ²PC *in natura* – Palha de Café *in natura*; ³CO – Composto Orgânico

proveniente das atividades pecuárias da Área Experimental I/CCA-UFES. A palha de café *in natura* foi adquirida de doações de produtores agrícolas do município de Muniz Freire - ES.

O lodo de esgoto utilizado, cuja análise é apresentada na Tabela 2, foi produzido na Estação de Tratamento de Esgoto de Pacotuba/ES pertencente à Empresa de Saneamento Foz do Brasil localizada em Cachoeiro de Itapemirim/ES. O resultado demonstrou que o lodo possui aptidão para uso em ambientes agrícolas, exceto para culturas alimentícias, segundo resolução CONAMA – 375/2006 (BRASIL, 2006).

Antes da sementeira, foi realizada a análise química para a determinação dos teores disponíveis de nutrientes nos substratos, conforme método descrito pela Embrapa (2009) (Tabela 3). As análises foram realizadas no laboratório de Recursos Hídricos/DCF/CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES.

Tabela 2 - Análise química do lodo de esgoto de filtro anaeróbico oriundo da estação de tratamento de esgoto de Cachoeiro de Itapemirim, ES, 2011

Parâmetros	Resultados Analíticos ¹	CONAMA 375/2006 ²
Arsênio	< 0,5 mg dm ⁻³	41 mg kg ⁻¹
Bário	156 mg dm ⁻³	1300 mg kg ⁻¹
Cádmio	< 0,053 mg dm ⁻³	39 mg kg ⁻¹
Chumbo	29 mg dm ⁻³	300 mg kg ⁻¹
Cobre	98 mg dm ⁻³	1500 mg kg ⁻¹
Cromo	26 mg dm ⁻³	1000 mg kg ⁻¹
Molibdênio	3,5 mg dm ⁻³	50 mg kg ⁻¹
Níquel	11 mg dm ⁻³	420 mg kg ⁻¹
Selênio	< 0,5 mg dm ⁻³	100 mg kg ⁻¹
Zinco	409 mg dm ⁻³	2800 mg kg ⁻¹
Fósforo Total (mg dm ⁻³)	4.128 mg dm ⁻³	41 mg kg ⁻¹
pH (Suspensão a 5%)	5,2	-
Enxofre	1,30 %	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	5.646 mg dm ⁻³	-
Nitrogênio Amoniacal	60 mg dm ⁻³	-
Carbono Orgânico Total	16 %	-
Potássio	1.623 mg dm ⁻³	-
Sódio	399 mg dm ⁻³	-

¹Resultados fornecidos pela Foz do Brasil S.A.; ²Limites máximos de concentração estabelecidos pelo CONAMA 375/2006.

A caracterização física dos resíduos foi realizada no laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), conforme metodologia descrita na Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007). Determinou-se a densidade (DENS), macroporosidade (Macrop), microporosidade (Microp), volume total de poros (VTP), espaço de aeração, água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD). Os resultados encontram-se descritos na Tabela 4.

As sementes de *Sesbania virgata* foram doadas pela Reserva Natural Vale localizada no município de Linhares – ES e passaram por um processo de quebra de dormência em água à temperatura ambiente por embebição durante 15 minutos. Posteriormente, realizou-se a sementeira de três sementes diretamente no recipiente.

As mudas foram produzidas em tubetes com capacidade para 120 cm³ de substrato e por sua vez acondicionadas em bandejas de polipropileno com capacidade de 54 tubetes, sendo estas bandejas dispostas em canteiro suspensos a 80 cm do solo, em estufa com sombrite. Após a germinação (20 dias) foi realizado o desbaste, deixando uma muda por recipiente.

A irrigação foi realizada por meio de micro-aspersores quatro vezes ao dia, por sistema de irrigação automático, sendo realizadas duas irrigações no período da manhã e duas a tarde. Em dias chuvosos, a irrigação foi cessada.

Aos 150 dias após a sementeira, o experimento foi avaliado e foram mensuradas as seguintes características: altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro (H/DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/radicular (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD).

O diâmetro do coleto foi obtido com paquímetro digital e a altura com régua milimetrada, tomando-se como padrão a gema terminal (meristema apical). A quantificação da massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, foi realizada por meio da pesagem das partes vegetais, após secagem em estufa de circulação de ar forçada a 70 °C, por um período de 72 h. O índice de qualidade de Dickson foi obtido pela Equação (1) de Dickson *et al.* (1960):

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

Em que: MST(g) = Massa seca total; H(cm) = Altura; DC(mm) = Diâmetro do coleto; MSPA(g) = Massa seca da parte aérea; MSR(g) = Massa seca da raiz.

Tabela 3 - Teores disponíveis de nutrientes e características químicas dos substratos formulados para produção de *Sesbania virgata*, antes da semeadura

Tratamentos	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+A ¹	CTC ¹	SB ²	V ³	m ⁴	CE ⁵	TTSS ⁶
	H ₂ O	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³				%		mS cm ⁻¹	g L ⁻¹	
T1	4,4	198	3230	30	14,2	3,6	0,9	24,7	50,9	26,2	51,5	3,3	0,91	3,05
T2	4,7	217	5640	29	8,7	3,2	1,5	24,0	50,4	26,4	52,4	5,4	0,87	2,45
T3	5,0	257	7860	29	6,2	3,3	1,5	24,7	54,5	29,8	54,8	4,8	0,8	1,8
T4	5,3	291	10160	30	3,4	3,2	1,9	23,3	56,0	32,7	58,4	5,5	0,98	1,65
T5	4,4	195	266	57	13	5,4	0,5	17,5	36,9	19,4	52,6	2,5	0,5	2,09
T6	4,7	211	384	26	16,5	5,7	0,3	17,3	40,6	23,3	57,3	1,3	0,78	3,49
T7	5,3	226	631	23	11,6	6,7	0,1	11,5	31,5	20,0	63,5	0,5	0,55	2,57
T8	5,9	206	625	16	10,4	7,6	0,1	7,5	27,2	19,7	72,4	0,3	0,54	2,77
T9	4,0	204	144	71	12,5	4,8	0,9	23,0	41,0	18,0	44,0	4,8	1,42	6,22
T10	6,6	189	470	20	13,1	13,9	0,0	7,0	35,3	28,3	80,2	0,0	0,94	3,17

¹CTC – capacidade de troca catiônica; ²SB – soma de bases; ³V – saturação por bases; ⁴m – saturação por alumínio; ⁵CE – condutividade elétrica; ⁶TTSS – teor total de sais solúveis.

Tabela 4 - Valores médios de densidade aparente (DENS), volume total de poros (VTP), macroporosidade (Macrop), microporosidade (Microp), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD) dos tratamentos formulados para produção de *Sesbania virgata*

Tratamentos	DENS	VTP	Macrop	Microp	EA	AFD	AT	AD
	g cm ⁻³	%						
T1	0,19	75	28	47	24	18	2	20
T2	0,17	73	26	47	31	11	2	13
T3	0,11	73	29	44	35	7	1	8
T4	0,05	72	31	41	38	2	0	2
T5	0,18	75	26	49	14	27	4	31
T6	0,15	76	26	50	18	25	4	29
T7	0,12	73	25	48	16	25	4	29
T8	0,11	75	25	50	20	24	3	27
T9	0,21	75	23	52	17	25	5	30
T10	0,32	85	33	52	26	19	3	22

As características avaliadas foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Também foram obtidas comparações entre grupos de médias por contrastes ortogonais, estabelecendo-se quatro contrastes: C1 = 4T9 - (T1 + T2 + T3 + T4); C2 = 4T9 - (T5 + T6 + T7 + T8), C3 = (T1 + T2 + T3 + T4) - (T5 + T6 + T7 + T8) e C4 = 9T10 - (T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 + T8 + T9). As análises estatísticas foram realizadas através do uso do software SPSS19®.

Resultados e discussão

Observa-se nas Tabelas 5 e 6 que mudas produzidas com composto orgânico e lodo de esgoto apresentaram resultados estatisticamente superiores para todas as características de crescimento analisadas quando comparadas ao tratamento testemunha formulado apenas com substrato comercial.

A altura, quando avaliada isoladamente, pode ser utilizada como uma característica para expressar a

Tabela 5 - Médias e desvio padrão para altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Sesbania virgata*, 150 dias após a semeadura⁽¹⁾

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	H/DC	IQD
T1: 80% LE + 20% PC <i>in natura</i>	21,11 ± 0,96 b	4,14 ± 0,22 b	5,01 ± 0,50 b	0,441 ± 0,06 b
T2: 60% LE + 40% PC <i>in natura</i>	18,51 ± 0,58 c	3,57 ± 0,08 c	5,18 ± 0,03 b	0,274 ± 0,04 c
T3: 40% LE + 60% PC <i>in natura</i>	17,87 ± 1,68 c	3,53 ± 0,05 c	5,06 ± 0,48 b	0,290 ± 0,03 c
T4: 20% LE + 80% PC <i>in natura</i>	21,99 ± 0,61 b	3,54 ± 0,24 c	6,21 ± 0,32 a	0,387 ± 0,05 c
T5: 80% LE + 20% CO	22,44 ± 1,97 b	4,79 ± 0,03 a	4,68 ± 0,46 c	0,570 ± 0,03 a
T6: 60% LE + 40% CO	27,09 ± 0,60 a	4,86 ± 0,07 a	5,57 ± 0,21 a	0,341 ± 0,02 c
T7: 40% LE + 60% CO	26,06 ± 0,64 a	5,07 ± 0,23 a	5,14 ± 0,32 b	0,591 ± 0,03 a
T8: 20% LE + 80% CO	21,89 ± 0,93 b	3,83 ± 0,16 b	5,72 ± 0,49 a	0,269 ± 0,04 c
T9: 100% LE	18,86 ± 1,22 c	4,06 ± 0,37 b	4,65 ± 0,30 c	0,350 ± 0,07 c
T10: 100% SC	12,96 ± 0,40 d	3,34 ± 0,21 c	3,88 ± 0,18 c	0,261 ± 0,08 c
F	**	**	**	**
CV%	6,32	5,9	8,51	16,01

⁽¹⁾ **significativo (P<0,01); Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott, a 5% de significância.

Tabela 6 - Médias e desvio padrão para massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e relação massa seca da raiz/parte aérea (MSR/MSPA) de mudas de *Sesbania virgata*, 120 dias após a semeadura⁽¹⁾

Tratamento	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR
T1: 80% LE + 20% PC <i>in natura</i>	1,843 ± 0,11 b	1,140 ± 0,21 a	2,983 ± 0,22 b	1,617 ± 0,26 b
T2: 60% LE + 40% PC <i>in natura</i>	1,003 ± 0,06 c	0,740 ± 0,13 b	1,743 ± 0,16 c	1,355 ± 0,16 c
T3: 40% LE + 60% PC <i>in natura</i>	1,099 ± 0,03 c	0,784 ± 0,08 b	1,883 ± 0,11 c	1,402 ± 0,10 c
T4: 20% LE + 80% PC <i>in natura</i>	1,279 ± 0,16 c	1,474 ± 0,18 a	2,753 ± 0,32 b	0,868 ± 0,25 c
T5: 80% LE + 20% CO	2,225 ± 0,17 a	1,263 ± 0,23 a	3,488 ± 0,38 a	1,762 ± 0,24 b
T6: 60% LE + 40% CO	2,505 ± 0,15 a	0,695 ± 0,05 b	3,200 ± 0,19 b	3,604 ± 0,23 a
T7: 40% LE + 60% CO	2,477 ± 0,29 a	1,485 ± 0,04 a	3,962 ± 0,29 a	1,668 ± 0,06 b
T8: 20% LE + 80% CO	1,273 ± 0,09 c	0,751 ± 0,15 b	2,024 ± 0,22 c	1,743 ± 0,23 b
T9: 100% LE	1,197 ± 0,07 c	0,911 ± 0,18 b	2,108 ± 0,25 c	1,314 ± 0,14 c
T10: 100% SC	0,795 ± 0,14 c	0,543 ± 0,19 b	1,338 ± 0,27 c	1,464 ± 0,25 b
F	**	**	**	**
CV%	11,41	19,56	12,07	12,85

⁽¹⁾ **significativo (P<0,01); Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott, a 5% de significância.

qualidade das mudas, entretanto, recomenda-se a análise combinada com outras características tais como: diâmetro do coleto, relação massa seca da parte aérea/massa seca de raízes (GOMES *et al.*, 2002). Para a característica de crescimento altura (Tabela 5), verificou-se que os valores médios dos tratamentos variaram entre 12,96 e 27,09 cm. O melhor crescimento em altura foi verificado quando se utilizou o composto orgânico nas concentrações de 60% LE + 40% CO e 40% LE + 60% CO na composição do substrato, possivelmente devido à utilização de esterco bovino na produção do composto orgânico, somados ao

material orgânico adicionado à mistura com a utilização do lodo de esgoto. Esses tratamentos apresentaram bons teores de nutrientes como P, K, Ca e Mg, além de características físicas favoráveis, como densidade aparente, porosidade total e água disponível.

Para obter mudas de espécies florestais de boa qualidade, Gonçalves *et al.* (2000), recomendam limites de altura entre 20 e 35 cm. Seguindo a variação de qualidade mencionada, os tratamentos T1 (80% LE + 20% PC *in natura*), T4 (20% LE + 80% PC), T5 (80% LE + 20%

CO), T6 (60% LE + 40% CO), T7 (40% LE + 60% CO) e T8 (20% LE + 80% CO) situaram-se dentro do padrão de qualidade recomendado. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram obtidos por Peroni (2012) no qual verificou que os tratamentos formulados utilizando lodo de esgoto juntamente com o composto orgânico (com proporções de 1:1 de esterco bovino e palha de café *in natura*) resultaram em melhores médias de crescimento em altura para *Eucalyptus grandis*, situando também dentro dos limites propostos por Gonçalves *et al.* (2000).

Os maiores valores para o diâmetro do coleto (Tabela 5) foram verificados nos tratamentos T5, T6 e T7. Assim como ocorreu para altura, os substratos formulados com composto orgânico proporcionaram maiores médias de diâmetro do coleto.

Corroborando com estes resultados, Souza *et al.* (2006), obtiveram melhores resultados para o diâmetro do coleto nas mudas de espécies florestais, *Cedrela odorata* (cedro-rosa), *Schinus terebinthifolius* (aroeira) e *Acacia holosericea* (acácia) com os resíduos orgânicos estudados, incluindo o esterco bovino. Costa *et al.* (2005) verificaram crescimento superior das mudas de jenipapo (*Genipa americana*) para todas as características (H, DC, H/DC) nos substratos com esterco bovino, indicando a necessidade desse componente no substrato, para a produção de mudas de melhor qualidade.

Em estudo feito por Gonçalves *et al.* (2000) consideram-se que o diâmetro do coleto mais adequado para mudas de espécies florestais de qualidade está situado entre 5 e 10 mm. No presente trabalho apenas o tratamento T7 com 40% de lodo de esgoto e 60% de composto orgânico atingiu o diâmetro adequado segundo recomendação feita por Gonçalves *et al.* (2000).

A relação altura/diâmetro do coleto (Tabela 5) é reconhecida como um dos melhores indicadores do padrão de qualidade de mudas sendo, em geral, o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência no campo (MOREIRA; MOREIRA, 1996).

De acordo com Carneiro (1995), os valores ideais para essa relação devem estar entre 5,4 e 8,1, o que indica o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro. Birchler *et al.* (1998) defende que este índice deve ser menor que 10 para considerar mudas com qualidade.

Os índices de robustez (H/DC) variaram de 3,88 (T10) a 6,21 (T4) (Tabela 5), índices muito abaixo aos obtidos por Trigueiro e Guerrini (2003) e Peroni (2012) com *Eucalyptus sp.* e superiores aos obtidos por Caldeira *et al.* (2012) com mudas de Teca (*Tectona grandis*), mostrando ser um índice variável de acordo com a espécie estudada.

Todos os tratamentos apresentaram índice de robustez abaixo do limite superior recomendado por Birchler *et al.* (1998), contudo quando se analisa os valores propostos por Carneiro (1995) apenas os tratamentos T4 (20% LE + 80% PC *in natura*), T6 (60% LE + 40% CO) e T8 (20% LE + 80% CO) se enquadram como mudas com equilíbrio entre altura e diâmetro do coleto. Porém, a faixa recomendada, pode não ser a mais adequada para *Sesbania virgata*, pois as mudas produzidas nos substratos com adequada relação H/DC não são as que possuem melhores condições de serem levada ao campo, baseado nas demais características morfológicas.

Os máximos valores para o índice de qualidade de Dickson foram obtidos nos tratamentos T5 (80% LE + 20% CO) e T7 (40% LE + 60% CO), sendo de 0,570 e 0,591, respectivamente, inferindo novamente a tendência dos tratamentos com composto orgânico obterem melhor qualidade.

O índice de qualidade de Dickson, segundo Fonseca *et al.* (2002) pode ser considerado importante indicador da qualidade das mudas, pois para seu cálculo são consideradas a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de várias características importantes empregadas para avaliação da qualidade das mudas.

Hunt (1990) defende que o valor mínimo do IQD para avaliação da qualidade das mudas deve ser de 0,20. Entretanto, o autor fez essa análise baseado na qualidade de mudas das espécies *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*, podendo não ser o mais indicado para a espécie do presente estudo.

O IQD pode variar conforme a espécie, o manejo das mudas no viveiro, o tipo e proporção do substrato, o volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (CALDEIRA *et al.*, 2000; CALDEIRA *et al.*, 2008; SAIDELLES *et al.*, 2009). Segundo Fonseca *et al.* (2002), trata-se de um bom indicador da qualidade das mudas por considerar a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa nas mudas.

Pereira *et al.* (2010), produzindo mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) com diferentes substratos constituídos com esterco de gado, cama-de-frango, húmus de minhoca, substrato comercial numa relação composto orgânico/terra de subsolo de 2/10 na sua composição, encontraram melhor qualidade nos substratos compostos de esterco de gado, cama-de-frango e composto com húmus de minhoca, em relação ao substrato comercial. Os mesmos autores encontraram valores de IQD maiores que 0,46, sendo a maior média encontrada no tratamento com cama de frango e esterco bovino.

Para a massa seca da parte aérea verifica-se que a baixa quantidade de lodo de esgoto influenciou negativamente o ganho de massa seca da parte aérea (Tabela 6). Essa provável relação está evidente quando se analisa as menores proporções de lodo de esgoto juntamente com as maiores proporções de palha de café e composto orgânico. Observa-se que os melhores tratamentos (T5, T6 e T7) possuem maiores índices de Ca e Mg, quando comparadas com os demais tratamentos com desempenho inferior, sendo considerados adequados pela classificação fornecida por Gonçalves e Poggiani (1996). Além disso, os melhores tratamentos para MSPA também possuem características físicas adequadas para a microporosidade e água disponível, características fundamentais para o bom crescimento aéreo das mudas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Peroni (2012) que verificou a utilização de substrato comercial e teores abaixo de 40% de lodo de esgoto na composição do substrato como sendo prejudiciais para o crescimento da parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo melhor a formulação de lodo de esgoto com o composto orgânico.

De acordo com Buckeridge *et al.* (2004), raízes de plantas jovens respiram intensamente e para essas raízes, o oxigênio necessário para o processo respiratório, advém do próprio substrato. Com isso infere-se que há a necessidade dos substratos apresentarem boa aeração para maior crescimento das raízes. Os substratos que apresentaram maior massa seca radicular (T4, T5 e T7) forneceram boa porosidade e aeração para o crescimento das raízes, além de uma baixa densidade oferecendo pouca resistência ao crescimento radicular.

Resultados que concordam com o presente estudo foram encontrados por Oliveira *et al.* (2008), ao avaliarem o desenvolvimento de quatro espécies florestais, em diversas combinações materiais de origem orgânica (húmus de minhoca, esterco de gado curtido, esterco de galinha, turfa, casca de amendoim processada, casca de arroz carbonizada e palha de café) constataram que o substrato contendo esterco bovino apresentou melhores resultados de massa seca de raízes para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, *Eucalyptus urophylla* e *Cedrela fissilis*.

As médias da massa seca total variaram de 1,338 g no tratamento T10 com 100% de substrato comercial a 3,962 g no tratamento T7 com 40% de composto orgânico (Tabela 6). Este resultado deve-se possivelmente à utilização do esterco bovino como componente do composto orgânico utilizado, concordando com Cunha *et al.* (2006), que observaram melhor desempenho de massa seca total em mudas de *Acacia* sp crescidas em substratos que continham esterco bovino em sua composição. Deve-

se considerar o resultado não satisfatório que o tratamento testemunha (T10) proporcionou para a produção de massa seca de mudas de *Sesbania virgata*, sendo, portanto não recomendado para produção de mudas de qualidade e com capacidade de sobrevivência quando plantadas em campo.

Para a relação massa seca da parte aérea/massa seca de raízes foi observado a variação de 0,868 a 3,604 (Tabela 6). Caldeira *et al.* (2008) avaliando a produção de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) em diferentes substratos concluem que a relação massa seca da parte aérea e raiz nas mudas deve ser de 2:1. Os autores ainda complementam que é importante analisar essa relação quando as mudas vão para o campo, pois a parte aérea das mudas não dever ser muito superior que a da raiz em função dos possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea. No mesmo estudo as mudas produzidas com 40% do composto orgânico (casca de arroz não carbonizada + resíduo de abate de aviário) + 60% de terra de subsolo foram superiores estatisticamente aos demais tratamentos. No presente estudo, a relação massa seca parte aérea e raiz obteve maior média no tratamento T6 com 60% LE + 40% CO (Tabela 6), sendo maior que a relação de 2:1 proposta por Caldeira *et al.* (2008).

Considerando as proporções indicadas por Caldeira *et al.* (2008), pode-se concluir que os valores próximo a 2 para MSPA/MSR são os mais indicados, sendo consideradas mudas de melhor qualidade para serem levadas a campo tendo um bom equilíbrio entre a parte aérea e as raízes. Com base nisso, os tratamentos que apresentam a melhor relação entre as partes são os tratamentos T1 (80% LE + 20% PC *in natura*), T5 (80% LE + 20% CO), T7 (40% LE + 60% CO), T8 (20% LE + 80% CO) e T10 (100% SC) que não diferiram estatisticamente entre si.

Resultados semelhantes ao presente estudo foi observado por Nóbrega *et al.* (2008) que avaliaram o efeito do lodo de esgoto misturado em terra de subsolo de Neossolo Quartzarênico ou de Latossolo Vermelho-Amarelo. Esses autores verificaram que a adição do lodo de esgoto ao substrato proporcionou aumento na altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca de raiz, da parte aérea e total, razão entre massa seca da parte aérea por massa seca de raiz, IQD e número de nódulos, sendo indicada a proporção de 57:43 de lodo de esgoto:terra de subsolo recomendada para a produção das mudas de *Sesbania virgata*.

Apesar das diferenças demonstradas entre os tratamentos pelo teste de média de Skott-Knott, é possível observar diferenças entre substratos formulados com palha de café *in natura* e composto orgânico por meio dos

Tabela 7 - Média das diferenças entre os contrastes ortogonais para altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto, (H/DC), índice de qualidade de Dickson (IQD), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação massa seca da parte aérea/massa seca de raízes das mudas de *Sesbania virgata*

Contrastes	H (cm)	DC (mm)	H/DC	IQD	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR
C1	-4,04 ^{ns}	1,440 ^{ns}	-2,740 ^{ns}	0,005 ^{ns}	-0,438 ^{ns}	-0,492 ^{ns}	-0,930 ^{ns}	-0,012 ^{ns}
C2	-22,047**	-2,330**	-2,186 ^{ns}	-0,373 ^{ns}	-3,694**	-0,548 ^{ns}	-4,242**	-3,782**
C3	-18,007**	-3,770**	0,555 ^{ns}	-0,379**	-3,256**	-0,056 ^{ns}	-3,312**	-3,770**
C4	-79,187**	-7,340**	-12,369**	-1,166**	-7,750**	-4,358**	-12,108**	-0,818 ^{ns}

C1 = 4T9 - (T1 + T2 + T3 + T4); C2 = 4T9 - (T5 + T6 + T7 + T8), C3 = (T1 + T2 + T3 + T4) - (T5 + T6 + T7 + T8) e C4 = 9T10 - (T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 + T8 + T9).^{ns} Não significativo. ** Significativo a 1% de significância pelo teste F

contrates C1, C2, C3 e C4 (Tabela 7). No contraste C1, onde o tratamento formado apenas com o lodo de esgoto é comparado aos tratamentos com a palha de café *in natura*, é possível observar que para todas as características avaliadas não houve diferenças significativas.

No contraste 2 (Tabela 7), onde o tratamento com apenas lodo de esgoto em sua composição é comparado aos tratamentos com composto orgânico, as características altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca total e razão massa seca da parte aérea e raiz foram significativos, sendo estas características superiores para os tratamentos com composto orgânico.

Comparando os tratamentos com palha de café *in natura* com os tratamentos com composto orgânico (contraste 3), apenas as características relação altura/diâmetro do coleto e massa seca de raízes não apresentaram diferenças significativas. Este contraste comprova que os tratamentos com composto orgânico resultaram em mudas com melhores características de crescimento quando comparadas a utilização de palha de café.

A utilização de substrato comercial (T10) para a produção de mudas de *Sesbania virgata* proporcionou resultados inferiores para todas as características quando comparados ao emprego de diferentes proporções de lodo de esgoto com palha de café *in natura* ou composto orgânico (contraste 4), sendo não indicado para produção da referida espécie.

Conclusões

A adição do composto orgânico acarretou em maior crescimento das características morfológicas altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea e das raízes nas mudas de *Sesbania virgata*.

A maior qualidade e crescimento das características morfológicas avaliadas foram verificados com a proporção de 40% de lodo de esgoto + 60% composto orgânico, sendo esta a recomendada para o crescimento inicial das mudas de *Sesbania virgata*.

Literatura científica citada

- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, 2007.
- BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 375/2006**, de 30 de agosto de 2006 – In: RESOLUÇÕES, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- BUCKERIDGE, M.S.; TINÉ, M.A.S.; MINHOTO, M.J.; LIMA, D.U. **Respiração**. In: KERBAUY, G.B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro, 2004. p.198-216.
- CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P.A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 015-022, 2012.
- 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**, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 161 - 170, 2000.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/Campos: UENF, 1995. 451p.
- CARPANEZZI, A. A.; FOWLER, J. P. A. **Quebra da dormência tegumentar de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers**. Colombo: Embrapa, 1997. p.1-2. (Comunicado Técnico, 14).
- COSTA JÚNIOR, P. F. **Comportamento de leguminosas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio em estéril de argila**. 1997. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1997.

- COSTA, M. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ALBRECHT, J. M. F.; COELHO, M. F. B. Substratos para produção de mudas de genipapo (*Genipa americana* L). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.19-24, 2005.
- 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**, v.30, p.207-214, 2006.
- DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 40p.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, p.11-13, 1960.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 2009. 627p.
- ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Ações Estratégicas e Planejamento. **Informações municipais do Estado do Espírito Santo, 1994**. Departamento Estadual de Estatística, Vitória, v.1, 1994.
- FONSECA, É. 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**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 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**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GONÇALVES, J. L. M.; SANTERELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: ESALQ/USP, p.309-350, 2000.
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para a produção de mudas florestais. In: SOLO-SUELO-CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Águas de Lindóia – SP. **Resumos ... Água de Lindóia: SLCS: SBCS: ESALQ/USP: CEA – ESALQ/USP:SBM**, 1996. (CD Room).
- 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, n. 6, p. 1069-1076, 2004.
- HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200. 1990. Roseburg: **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa SDA N° 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.
- MIRANDA, S. C. de; MELO, L. C. G.; RICCI, M. dos S. F. . **Substratos alternativos para produção de mudas de cafeeiros em tubetes**. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil, 2001, Espírito Santo. II Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil. Brasília: Embrapa Café, 2001. p. 175.
- MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, v.26, p.3-16, 1996.
- NÓBREGA, R.S.A.; PAULA, A.M.; VILAS BOAS, R.C.; NÓBREGA, J.C.A.; MOREIRA, F.M.S. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 597-607, 2008.
- NÓBREGA, R. S. A.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M. de; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, v. 31, n.2, p.239- 246, 2007.
- 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**. v. 32, n.1, p. 122-128, 2008.
- 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**, v.5, n.3, p. 152-159, 2010.
- PERONI, L. **Substratos renováveis na produção de mudas de Eucalyptus grandis**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- 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**, v. 30, p. 1173 - 1186. 2009.
- SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, R. B. de; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p. 243-249, 2006.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de eucalipto., v.64, p.150-162, 2003.