



Substratos à base de lodo compostado com resíduo agroindustrial na produção de mudas de *Cedrela odorata* L⁽¹⁾.

Izabella Victoriano de Souza⁽²⁾; Francisca Alcivania de Melo Silva⁽³⁾; Jair Augusto Zanon⁽²⁾; Giovanna Margheri Nunes⁽²⁾; Reginaldo Barboza da Silva⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP (Proc. 2011/01581-1)

⁽²⁾ Alunos do Curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus Experimental de Registro; Registro, SP; E-mail: izabellavictoriano@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Assistente Doutor – UNESP – Câmpus Experimental de Registro; Registro, SP; E-mail: alcivania@registro.unesp.br.

RESUMO: Objetivou-se avaliar o uso de compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos da agroindústria do palmito pupunha e lodo de esgoto com diferentes níveis de fertilizante como substrato para a produção de mudas de *Cedrela odorata* L., além de comparar o crescimento das mudas com os substratos à base de lodo de esgoto e substrato comercial. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 3 x 4, sendo 3 substratos à base de lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito, 3 doses (0; 2,0; 4,0; g dm⁻³) de fertilizantes granulados e um substrato comercial. Foram medidos: diâmetro de colo, altura da planta, relação H/D, matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz. Os substratos formulados à base de lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito são promissores na produção de mudas de *Cedrela odorata* L., sendo que o substrato SI pode ser utilizado sem a adição de fertilizante granulado e os substratos SII e SIII devem ser utilizados com 4,0 g.L⁻¹ de fertilizante granulado.

Termos de indexação: *Cedrela odorata* L.; biossólido; fertilizante granulado; pupunha.

INTRODUÇÃO

O resíduo gerado nas estações de tratamento conhecido como lodo de esgoto ou biossólido, é rico em matéria orgânica e nutrientes e vem sendo utilizado para fins agrícola e florestal, por apresentar características de fertilizante (Bettiol & Camargo, 2006).

A estabilização e higienização do lodo através de compostagem bem conduzida pode apresentar alta eficiência na eliminação de micro patógenos e, com isso pode ser obtido um produto final de alta qualidade agrônômica (Aisse et al., 2001), atendendo normas rigorosas de utilização segundo a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 375/2006 (Brasil, 2006).

De acordo com Fernandes e Silva (1999), o lodo de esgoto não possui características que o tornam um resíduo capaz de ser compostado sozinho. É necessário misturá-lo com outro componente com características complementares para que a mistura,

racionalmente determinada, apresente as condições ótimas para a compostagem. Os agentes estruturantes, ou resíduos estruturantes têm a função de conferir integridade estrutural a mistura a ser compostada, além de fornecer carbono para os microrganismos do processo de compostagem (Fernandes et al, 1996).

Uma grande porcentagem dos viveiros que produzem mudas de espécies florestais utiliza substratos à base de casca de *Pinus* compostada, que apresenta baixa capacidade de retenção de água e necessita de maior quantidade de nutrientes via adubação. Portanto é essencial o estudo de outros constituintes que apresentem características complementares aos constituintes utilizados normalmente.

No Vale do Ribeira - SP, estudos associando usos alternativos para o lodo de esgoto gerados nas estações de tratamento e resíduos agroindustriais, na composição de substratos se revestem de maior importância devido à crescente demanda por mudas de espécies nativas e exóticas com qualidade e baixo custo. Silva et al. (2012) avaliando a compostagem de resíduos da agroindústria do palmito e lodo de esgoto em diferentes proporções verificaram a viabilidade do processo e sugeriram perspectivas do uso desses materiais como substrato para a produção de mudas de essências florestais como forma de reciclagem, aproveitamento e disposição final desses dois resíduos. Para a validação desses “novos” substratos, no entanto são necessários testes com mudas de diferentes espécies.

A *Cedrela odorata* L. é conhecida vulgarmente por cedro, cedro-rosa ou cedro cheiroso, sendo uma espécie arbórea que pertence à família Meliaceae, ocorrendo em todo Brasil tropical, com exceção das formações vegetais do tipo cerrado. Sua madeira é uma das melhores do país, com utilização para laminados, móveis e tabuado, além de ser uma planta importante na composição de reflorestamentos heterogêneos destinados à recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1998).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de compostos orgânicos produzidos a partir do lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito, com diferentes níveis de fertilizante granulado como



substrato para produção de mudas de *Cedrela odorata* L, além de comparar o crescimento das mudas com os substratos à base de lodo de esgoto e substrato comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no viveiro de mudas da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Registro - São Paulo - Brasil, no período de agosto a novembro de 2012.

O delineamento e arranjo experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 3 x 4, sendo 3 substratos à base de biossólido e casca de pupunha e 4 doses (0; 2,0; 4,0 g/dm³) de fertilizante granulado (N, P₂O₅, K₂O; 15-9-12), e uma testemunha utilizando substrato comercial a base de casca de *Pinus* e vermiculita e 2,0 g de fertilizante granulado por litro de substrato), totalizando 10 tratamentos.

A caracterização física e química dos substratos encontra-se na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização física e química dos substratos.

Determinações	SI	SII	SIII	S Comercial	Limites Máximos*
pH	5,8	6,0	6,1	5,2	-
CE	1,0	1,0	1,2	0,9	-
Relação C/N	11/1	10/1	11/1	42/1	-
Nitrogênio (%)	1,16	1,25	1,33	0,82	-
Fósforo (%)	1,01	1,01	0,9	1,3	-
Potássio (%)	0,24	0,34	0,58	0,21	-
Cálcio (%)	0,75	0,84	0,51	0,35	-
Magnésio (%)	0,75	0,84	0,52	0,32	-
Enxofre (%)	0,19	0,2	0,26	0,12	-
CTC (mmol.kg ⁻¹)	405	430	480	175	-
Sódio (mg kg ⁻¹)	285	280	307	-	-
Cobre (mg kg ⁻¹)	31	34	31	0,8	-
Ferro (mg kg ⁻¹)	61275	63560	57568	87,0	-
Manganês (mg kg ⁻¹)	2166	2324	1799	4,7	-
Zinco (mg kg ⁻¹)	164	134	118	30,0	-
Arsênio (mg kg ⁻¹)	12,6	13,4	9,6	ND	41
Cádmio (mg kg ⁻¹)	15,19	13,25	ND	ND	39
Chumbo (mg kg ⁻¹)	16,05	12,65	12,7	ND	300
Cromo (mg kg ⁻¹)	16,5	12,6	12,3	ND	-
Mercúrio (mg kg ⁻¹)	0,22	0,24	0,12	ND	17
Níquel (mg kg ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	420
Selênio (mg kg ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	100
Macroporos (%)	22,5	26,9	25,8	12,6	-
Microporos (%)	46,7	43,4	46,6	51,3	-
Poros. Total (%)	69,2	70,3	72,5	63,9	-
CRA (ml 50cm ⁻³)	51,4	47,7	51,3	55,3	-
Dens. Aparente	0,25	0,21	0,19	0,26	-
Dens. Partículas	1,81	1,75	1,74	1,68	-

ND : Não detectado ** Limites máximos permitidos pelo CONAMA nº 375/2006 (BRASIL, 2006). SI: Biossólido + Casca de pupunha (1:1 v:v) - SII: Biossólido + Casca de pupunha (1:2 v:v) - SIII: Biossólido + Casca de Pupunha (1:3 v:v); *Capacidade de retenção de água (CRA)

Os recipientes usados para a produção das mudas foram tubetes cilindro-cônicos de polietileno com 120

ml, sendo que em cada tubete foram colocadas 2 sementes de *Cedrela odorata* L.

A irrigação foi realizada diariamente até a germinação. Após a germinação foi feito o raleamento, deixando-se 1 plântula por tubete e mantendo-se a mais vigorosa e centralizada. Durante a condução do experimento, mantiveram-se as irrigações diariamente, variando-se de duas a três vezes em um turno de rega de 4 minutos, dependendo das condições de temperatura e umidade do local. As mudas foram mantidas em viveiro com cobertura de sombrite com 50 % de luminosidade.

Cada tratamento foi avaliado com 4 repetições, cada uma representada por vinte (20) unidades, sendo utilizadas para as avaliações 10 mudas, contabilizando 40 unidades por tratamento, destinadas às avaliações morfológicas.

Aos 90 dias após a germinação foram feitas as medições de altura da parte aérea, utilizando régua graduada em cm e diâmetro do colo utilizando paquímetro digital de precisão.

Após as medições as plantas foram cortadas na base do caule, submetidas à secagem em estufa a 60 °C por 72 horas e pesadas, compondo a matéria seca da parte aérea (MSPA). As raízes foram separadas e lavadas, secas em estufa à 60°C por 72 horas e pesadas, compondo a matéria seca de raiz (MSR). A MSPA foi enviada para análise química (N, P, K, Ca, Mg e S) segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Os dados foram submetidos as análises de variância e os testes de Tukey (5% de probabilidade) utilizando o programa estatístico Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de plantas foi influenciada pelos substratos e pelos níveis do fertilizante granulado aplicados. Para o substrato SI (Tabela 2), a altura de plantas foi semelhante ao substrato comercial, o que sugere o uso desse substrato sem a adição de fertilizante granulado. Scheer et al. (2010) verificaram que os compostos à base de lodo de esgoto são suficientes para produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* com qualidade, sem necessidade de usar fertilização mineral, apresentando vantagens em relação ao substrato comercial. As mudas cultivadas com os substratos SII e SIII apresentaram alturas inferiores às do substrato comercial nas doses 0 e 2,0 g L⁻¹.

Aos 90 dias após a germinação, as mudas cultivadas em todos os substratos, incluindo aqueles onde não houve adição de fertilizantes, encontravam-se no padrão (diâmetro) recomendado para expedição (Tabela 2), não havendo diferença



significativa entre os compostos, nas diferentes doses avaliadas. O incremento das doses do fertilizante granulado resultou em aumentos dos diâmetros das mudas de cedro mirim para os substratos SII e SIII.

Entre os substratos avaliados sem a adição de fertilizante, o uso dos substratos SI e SIII resultaram em maiores valores de MSPA (Tabela 3). Rocha et al. (2013) avaliando diferentes proporções de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de eucalipto obtiveram melhores resultados quando foram utilizadas proporções de lodo acima de 40%. Outros trabalhos com mudas de *Acacia* sp. (CUNHA et al., 2006) e *Schinus terebinthifolius* (NÓBREGA et al., 2007) obtiveram resultados semelhantes. Não foi observada diferença significativa entre os substratos nas diferentes doses de fertilizante avaliadas.

Não houve diferença significativa para a matéria seca de raiz (MSR) entre os substratos ou doses avaliadas (Tabela 3). O mesmo resultado foi observado para o IQD.

As concentrações macronutrientes nas folhas refletem a qualidade e eficiência no fornecimento de nutrientes dos substratos avaliados. Os valores obtidos foram comparados com os sugeridos por Malavolta et al. (1997), referentes aos teores foliares de nutrientes considerados adequados para essências florestais (g/kg): N (12 a 35); P (1,0 a 2,3); K (10 a 14); Ca (3 a 12); Mg (1,5 a 5,0); S (1,4 a 1,6).

As concentrações de nitrogênio na parte aérea das mudas foram estatisticamente diferentes, variando entre os tratamentos e entre os substratos avaliados (Tabela 4). O aumento nas doses do fertilizante resultou em acréscimos nas concentrações de N para os substratos SII e SIII. O uso do substrato SI, com maior proporção de lodo de esgoto na mistura, utilizado puro (dose 0) proporcionou concentrações de N superiores às demais doses de fertilizante granulado e semelhantes às obtidas com substrato comercial. Scheer et al. (2010) e Rocha et al. (2013) acreditam que a capacidade dos compostos obtidos a partir de lodo de esgoto e resíduos como casca de arroz e poda de árvores, utilizados puros (sem adição de fertilizantes) de suprirem as necessidades nutricionais de mudas, esses resultados podem variar com as diferentes espécies utilizadas.

Não foi verificada diferença estatística entre substratos e doses do fertilizante para as concentrações de fósforo na parte aérea das mudas. Quando comparados às concentrações de P considerados adequados por Malavolta et al (1997), todos os tratamentos avaliados estão dentro dessa faixa, incluindo aquele onde os substratos foram utilizados puros (sem adição de fertilizante).

A alteração na proporção de cascas de pupunha na composição dos substratos não resultou em acréscimos nos teores de potássio na parte aérea das mudas de *Cedrella odorata* L (Tabela 3). Esses resultados diferem dos verificados por Guerrini e Trigueiro (2003) e Rocha et al. (2013) utilizando proporções crescentes de casca de arroz carbonizada (fonte de K) em substratos produzidos com lodo de esgoto. As concentrações de K nas mudas de todos os tratamentos foram mais elevadas que o considerado adequado (10-14 g/kg) por Malvolta et al. (1997).

Ressaltam-se os elevados teores de cálcio em todos os tratamentos, acima dos níveis considerados adequados (3-12 g/kg) de acordo com Malavolta et al. (1997).

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para as concentrações de magnésio e enxofre na parte aérea das mudas de *Cedrella odorata* L. (Tabela 5).

CONCLUSÕES

Os substratos formulados à base de lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito são promissores na produção de mudas de *Cedrella odorata* L., sendo que o substrato SI pode ser utilizado sem a adição de fertilizante granulado e os Substratos SII e SIII devem ser utilizados com 4,0 g.L⁻¹ de fertilizante granulado.

REFERÊNCIAS

- AISSE, M. M.; FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P.; Aspectos tecnológicos e de Processos. In: ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de Biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba: SANEPAR, Finep, 2001. p.59-69.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (2013). **Resolução nº375, de 29 de agosto de 2006**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em 25/11/2014.
- BETTIOL, W. e CAMARGO, O. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. EMBRAPA. Jaguariúna-SP, 2006.347p.
- CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T.; Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 207-214, 2006.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. Fundamentos do processo de compostagem aplicado ao tratamento dos biossólidos. In: **Manual prático para compostagem de biossólidos**. 1999. 84 p.



LORENZI, H. **Árvores brasileiras - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, Vol. II, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. 319 p.

NOBREGA, 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, 2007.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; DIOGO, F. A.; PASCOTTO, C. B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como

substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-35, 2013.

SILVA, F. A. M.; NUNES, G. M.; SILVA, R. B.; DAMATTO JUNIOR, E. R.; FUZITANI, E. J. Composição de Substratos Produzidos com Lodo de Esgoto e Resíduos da Agroindústria do Palmito. In: XXX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; 2012, Maceió. In: Anais do... Maceió: SBCS, 2012. CD – ROM.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, L.A. Uso de biossólidos como substratos para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.64, p.150-162, 2003.

Tabela 2. Altura (H), diâmetro (D) e altura/diâmetro (H/D) de mudas de *Cedrella odorata* L.

Fertil. (g.L ⁻¹)	H (cm)			D (mm)			H/D		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
0	7,5aA	5,7bB	5,7bB	2,9	2,7	2,6	2,5aA	2,1bA	2,1bB
2	8,8aA	6,6bB	4,9cB	3,3	3,0	2,7	2,7aA	2,2bA	1,8cB
4	8,0aA	8,3aA	9,2aA	2,9	3,5	3,1	2,7aA	2,4bA	2,9aA
S. Comerc.	8,6A	8,6A	8,6A	3,4	3,4	3,4	2,5 A	2,5 ^a	2,5B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha (comparando substratos) e maiúscula na coluna (comparando doses e o substrato comercial), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cedrella odorata* L.

Fertil. (g.L ⁻¹)	MSPA (g)			MSR (g)			IQD		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
0	0,2aB	0,1bC	0,2aB	0,1	0,1	0,1	0,7	0,8	0,6
2	0,2aB	0,2aB	0,2aB	0,1	0,1	0,1	0,7	0,7	0,9
4	0,2bB	0,3aA	0,3aA	0,1	0,1	0,1	0,7	0,7	0,7
S. Comerc.	0,3 ^a	0,3A	0,3A		0,2			0,8	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha (comparando substratos) e maiúscula na coluna (comparando doses e o substrato comercial), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Concentrações de N, P e K na parte aérea mudas de *Cedrella odorata* L.

Fertil.(g.L ⁻¹)	N			P			K		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
	----- (g.kg ⁻¹) -----								
0	16,4aA	12,1bC	10,5bC	1,7	1,8	1,7	19,6aA	16,5bB	15,6bC
2	15,6aB	14,2aB	15,6aB	1,7	1,9	1,7	21,3aA	19,6aA	19,3aA
4	15,5aB	16,1aA	18,3aA	1,8	1,6	1,9	20,0aA	18,6aA	20,1aA
S. Comerc.	16,0A	16,0A	16,0B		1,0		17,0B	17,0A	17,0B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha (comparando substratos) e maiúscula na coluna (comparando doses e o substrato comercial) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Concentrações de Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de *Cedrella odorata* L.

Fertil. (g.L ⁻¹)	Ca			Mg			S		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
	----- (g.kg ⁻¹) -----								
0	17,2aA	18,0aA	17,0aA	3,6	3,8	3,3	1,7	1,8	1,6
2	17,4aA	18,6aA	16,1aB	3,5	3,7	3,6	1,7	1,8	1,7
4	17,8aA	17,7aB	16,3aB	3,5	3,2	4,0	1,9	1,9	1,9
S. Comerc	12,0BV	12,0C	12,0C		4,0			2,0	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha (comparando substratos) e maiúscula na coluna (comparando doses e o substrato comercial), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.