

Produção de mudas de *Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum com lodo de esgoto

Seedling production of Pimenta pseudocaryophyllus (Gomes) Landrum using sewage sludge

Maurício Bergamini Scheer^[a], Charles Carneiro^[b], Otávio Augusto Bressan^[c], Kaline Gomes dos Santos^[d]

^[a] Engenheiro florestal, doutor, pesquisador da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: mauriciobs@sanepar.com.br

^[b] Engenheiro agrônomo, doutor, pesquisador e gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: charlesc@sanepar.com.br

^[c] Engenheiro florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: oabressan@gmail.com

^[d] Engenheira florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: kalinegs@hotmail.com

Resumo

A necessidade de soluções sustentáveis para as questões ambientais impulsiona o aproveitamento do lodo gerado no tratamento de esgoto. Uma das opções é seu uso como insumo agrícola e florestal. Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram avaliar o uso de lodo de esgoto aeróbio compostado com podas de árvores trituradas para a produção de mudas de *Pimenta pseudocaryophyllus* (craveiro-do-mato) com diferentes níveis de fertilização e comparar seu crescimento com o do substrato comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita. Três níveis de fertilizante de liberação lenta foram testados (0; 2,7 e 4 g.dm⁻³) em três tipos de substratos: comercial; composto à base de lodo na proporção 3:1 (v:v); e composto à base de lodo na proporção 2:1 (v:v). Para avaliação foram mensuradas as variáveis: altura e diâmetro. O crescimento proporcionado às mudas com o uso dos compostos de lodo de esgoto foi superior ao substrato comercial em todos os níveis de fertilização, ficando ainda mais evidente se comparado ao nível sem adição de fertilizante. Apesar de os maiores valores obtidos (estatisticamente significativos para altura) terem sido observados com o uso do composto à base de lodo 3:1 com adição de 4 g.dm⁻³ de fertilizante, os obtidos com o uso do composto 2:1 com 2,7 g.dm⁻³ de fertilização foram capazes de proporcionar um crescimento 73% superior em diâmetro de colo e 66% superior em altura em relação às mudas produzidas com o substrato comercial com o mesmo nível de fertilização, e ainda, com o uso do substrato 2:1 com a dose de 1,9 g.dm⁻³, pode-se obter ganhos para a altura de 66 para 72% superiores, resultando em menor consumo de fertilizante mineral e uso de maior proporção de lodo de esgoto.

Palavras-chave: Biossólido. Compostagem. Viveiro.



Abstract

The need of sustainable solutions for environmental issues stimulates the utilization of sewage sludge as raw material for agriculture and forestry. The aim of this work was to evaluate the use of a substrate based on composted sewage sludge and crushed pruning tree for the production of *Pimenta pseudocaryophyllus* seedlings using different fertilization levels. The seedling growth was then compared to a commercial substrate based on composted Pinus bark and vermiculite. Three levels of fertilization were tested (0; 2.7 and 4 g.dm⁻³), using a coated slow-release fertilizer, and three types of substrates were used: commercial substrate, and 3:1 (v:v) or 2:1 (v:v) composted substrate based on aerobic sewage sludge and crushed tree pruning. The response in growth was superior using composted based sewage sludge at any fertilization level than when using commercial substrate, being more evident when comparing treatments without addition of the fertilizer. Besides the highest growth rates have been observed when the 3:1 composted substrate and 4 g.dm⁻³ of fertilizer were used, the 2:1 composted substrate and 2.7 g.dm⁻³ of fertilizer indicated nutritional and physical properties that resulted in diameters and heights 73% and 66% higher than those found for the commercial substrate with the same level of fertilizer. In addition, gains for heights should increase from 66 to 72%, resulting in lower consume of fertilizer and higher use of sludge, when using the 2:1 substrate with 1.9 g.dm⁻³.

Keywords: Biosolids. Composting. Nursery.

Introdução

A necessidade das atividades produtivas possuírem impactos ambientais minimizados tem impulsionado a procura por soluções ambientalmente corretas e economicamente viáveis. Neste sentido, uma ação que se faz necessária é a disposição adequada dos resíduos provenientes do tratamento de esgoto gerado pelas cidades. Durante esse processo, ocorre a geração de lodo de esgoto, que precisa ser disposto de forma adequada visando evitar a contaminação do meio ambiente (ROCHA; SHIROTA, 1999).

Os altos teores de matéria orgânica e nutrientes presentes no lodo de esgoto fazem deste um insumo mundialmente utilizado no meio agrícola (ASSENHEIMER, 2009; FAUSTINO et al., 2005; MELO et al., 1994; PADOVANI, 2006; PAIVA et al., 2009; SILVA et al., 2002; TAMANINI, 2004; TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003) uma vez que seu uso diminui a demanda por fertilizantes, minimizando os custos da produção (INGELMO et al., 1998; MORAIS et al., 1997; NASCIMENTO et al., 2004; ROCHA; GONÇALVES; MOURA, 2004; SILVA et al., 2002). Segundo os mesmos autores, outra alternativa encontrada é o uso como componente de substratos para o cultivo de mudas, principalmente de espécies florestais nativas. Diversos autores (FAUSTINO et al., 2005; PADOVANI, 2006; SCHEER et al., 2010) têm observado que, quando comparados com substratos

convencionais, os substratos com uso de lodo de esgoto proporcionam aumento nos parâmetros diâmetro de colo, altura e biomassa aérea em mudas de diversas espécies arbóreas.

Entre as espécies arbóreas com pouco conhecimento sobre sua produção, muito menos com o uso de lodo de esgoto está a *Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum, conhecida como craveiro-do-mato. É uma árvore semidecídua, heliófita, pioneira, característica de matas de altitude e da caatinga, apresentando ainda baixa taxa de germinação das sementes (LORENZI, 1998). Segundo Girard (2005), essa espécie é bastante comum no Sul do Brasil, sobretudo na Floresta Ombrófila Mista, chegando a ocupar o sub-bosque com outras Myrtaceae, Lauraceae, Aquifoliaceae, entre outras. É uma planta aromática e possui qualidades ornamentais adequadas para a arborização urbana, podendo ser usada em ruas estreitas e sob redes elétricas; além de ser recomendada sua utilização para reflorestamentos energéticos e preservacionistas destinados a áreas incultas (LORENZI, 1998).

O presente trabalho teve os seguintes objetivos: (1) avaliar o crescimento obtido pelo craveiro-do-mato – *Pimenta pseudocaryophyllus* –, em substratos à base de lodo de esgoto aeróbio compostado com podas de árvores trituradas, com diferentes níveis de fertilizante, e (2) comparar o desempenho dessas mudas em

relação às produzidas em substrato comercial amplamente utilizado em viveiros florestais, composto de casca de *Pinus* compostada e vermiculita.

Materiais e métodos

O experimento foi realizado, entre junho de 2008 e janeiro de 2010, no Viveiro Florestal do Passaúna, pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Entre junho e novembro de 2008, as mudas ficaram em casa de vegetação, sendo então removidas em dezembro do mesmo ano para área de rustificação, permanecendo nesta até a medição realizada em janeiro de 2010. O local do experimento situa-se no município de Araucária (PR), na coordenada 25°32'03" S e 49°23'15" O. A região é situada a uma altitude de 900 m e apresenta clima Cfb (clima subtropical com verões frescos), segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual entre 16 e 18 °C, e precipitação anual média entre 1400 e 1600 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

O lodo de esgoto utilizado para compor o substrato usado no experimento foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto Belém (ETE Belém), pertencente à Sanepar, e compostado no mesmo local. Os resíduos de poda de árvores, posteriormente triturados, foram obtidos das podas realizadas em árvores provenientes da arborização urbana de Curitiba. As misturas das proporções (3:1 e 2:1) conforme descrito a seguir, foram realizadas em betoneiras e dispostas em leiras estáticas aeradas de aproximadamente 1,1 m de altura, 2,2 m de base e 4 m de comprimento. Após quatro meses, os compostos já estavam prontos para utilização. Para a padronização do experimento, os compostos à base de lodo foram peneirados em malha de 2 mm, visando à obtenção da mesma granulometria apresentada pelo substrato comercial.

Três tipos de substratos foram testados: substrato comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita; substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio na proporção 3:1 (v:v); e substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio na proporção 2:1 (v:v).

Três diferentes níveis de fertilização foram testados em cada substrato: testemunha (sem fertilizante); dose normal – 2,7 g.dm⁻³ de fertilizante granulado (N; P205; K20 - 15 - 9 - 12) de

liberação lenta (5 - 6 meses); e dose alta – 4 g.dm⁻³ de fertilizante, tendo-se nove tratamentos no total com quatro repetições cada. O padrão de fertilização usado em viveiros da região é a dose de 2,7 g do mesmo fertilizante usado nesse experimento, sendo este adicionado ao substrato comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita para a produção de mudas usadas pela empresa. A utilização de uma dose de 4 g foi escolhida para verificar se maiores níveis de fertilizante resultam em maior crescimento de mudas. Através de análises feitas no Laboratório de Nutrição de Plantas (UFPR), segundo Martins e Reissmann (2007), obtiveram-se os teores totais de macro e micronutrientes para cada substrato nos três diferentes níveis de fertilização (Tabelas 1 e 2).

Análises de parâmetros parasitológicos (ovos de helmintos), seguindo metodologia descrita por Thomaz-Soccol, Paulino e Castro (2000), realizadas no Laboratório de Parasitologia Molecular da Universidade Federal do Paraná (UFPR); e análises de teores totais de metais pesados, seguindo metodologia da American Public Health Association (APHA, 1998), realizados no Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), comprovaram que os substratos higienizados por compostagem estavam aptos ao uso agrícola, atendendo as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) nº 375/2006 e Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Paraná (SEMA-PR) n. 021/2009 (Tabelas 3 e 4).

As sementes de *Pimenta pseudocaryophyllus* utilizadas foram coletadas de 15 indivíduos de área ecotonal entre Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montanas, entre 1100 e 1350 m s.n.m., no município de Campina Grande do Sul. A semeadura foi realizada manualmente colocando-se duas sementes a 0,5 cm de profundidade direto em tubetes plásticos de formato cônico e capacidade de 110 cm³ encaixados em bandejas. A irrigação foi realizada por meio de microaspersores, no início da manhã e fim da tarde, tanto na casa de vegetação quanto na área de rustificação.

Nos tubetes em que mais de uma semente germinaram, foi realizado o raleamento, que consiste no corte da muda menos desenvolvida. Durante o período de avaliação, foram mensuradas pelo menos 10 plantas úteis de cada repetição (quatro repetições por tratamento), descartando-se as plantas das bordaduras. Ao atingirem sete meses de idade, as mudas foram mensuradas para obtenção das seguintes

Tabela 1 - Teores totais de macro e micronutrientes nos substratos testados (03/2008)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Comercial / 0	5,8	2,6	2,1	12,9	9,23	5780	78	12	9
Comercial / 2,7	5,0	2,2	2,8	11,5	9,86	7475	117	18	13
Comercial / 4,0	5,7	2,5	3,5	6,5	5,63	6266	105	27	16
Composto 3:1 / 0	19,6	8,0	2,7	17,1	4,49	10793	371	66	103
Composto 3:1 / 2,7	20,6	8,2	4,9	19,4	5,27	9233	378	72	100
Composto 3:1 / 4,0	20,9	8,3	6,2	18,2	4,98	8887	367	86	105
Composto 2:1 / 0	19,3	8,4	2,9	16,0	4,17	10388	395	73	117
Composto 2:1 / 2,7	20,1	8,5	4,6	16,8	4,40	9873	406	86	117
Composto 2:1 / 4,0	22,0	8,3	5,4	16,0	4,47	10456	385	38	118

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Propriedades químicas do substrato comercial com fertilização mineral comumente utilizado nos viveiros da Sanepar

Amostra	pH		Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	
Comercial / 2,7	CaCl ₂	SMP	cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		g dm ⁻³		%	%	
	5,9	6,2	0	4,2	18,3	5,1	1,2	24,6	28,8	721,8	133,8	85	0	3,6	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 - Parâmetros parasitológicos (ovos viáveis por grama de sólidos totais) dos compostos à base de lodo de esgoto e de podas de árvores trituradas utilizados como substratos

Helmito	Composto	
	3 : 1	2 : 1
<i>Ascaris</i> sp.	0	0,05
<i>Toxocara</i> sp.	0	0,01
<i>Trichuris trichiura</i>	0	0,00
<i>Trichuris vulpis</i>	0	0,01
Trichuroidea	0	0,01
<i>Hymenolepis diminuta</i>	0	0,01
<i>Taenia</i> sp.	0	0,00
Total geral	0	0,10
Protozoários	0,28	0,38

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Análises realizadas em triplicatas. Limite estabelecido pela Resolução Conama nº 375/2006: ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo por grama de sólidos totais (Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, 2006).

Tabela 4 - Teores totais de metais pesados em amostra composta pelos dois compostos à base de lodo de esgoto e podas de árvores trituradas, utilizados como substratos. Os números entre parênteses representam os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 375/2006

Al	Cd	Pb	Na	Cr
%				
0,86	< 0,001 (0,0039)	< 0,005 (0,03)	< 0,01	< 0,005 (0,1)

Fonte: Dados da pesquisa.

variáveis: altura e diâmetro de colo. A altura foi medida com régua graduada e o diâmetro médio com um paquímetro digital (0,01 mm).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 3 (três tipos de substrato x três níveis de fertilização). Para a verificação da homogeneidade das variâncias e outras condicionantes, testes de Bartlett foram realizados. Análises de variância e teste de Tukey (5% de probabilidade), após a análise do efeito da interação entre os fatores, foram realizadas para a comparação das médias. Para cada variável, em que se detectou interação entre os fatores, foram comparados os níveis de um fator dentro do outro. Análises de regressão complementares foram realizadas com o intuito de analisar o efeito dos diferentes níveis de fertilizante (fator quantitativo) sobre variáveis medidas.

Resultados e discussão

As mudas nos compostos à base de lodo apresentaram diferenças significativas em todos os níveis de fertilização testados se comparados ao substrato

comercial, sendo todos os valores de diâmetro obtidos maiores para os compostos, indicando a sua superioridade nutricional. Segundo Carneiro (1995), essa é a variável mais observada para avaliar a capacidade de sobrevivência de mudas no campo, bem como para definir as doses de fertilizantes a serem aplicadas. Os valores observados com os compostos 3:1 e 2:1 sem a adição de fertilizantes foram superiores até mesmo ao substrato comercial com 4 g dm⁻³, produzindo mudas de boa qualidade (Tabela 5).

Os maiores valores de diâmetro obtidos no experimento foram com os compostos 3:1 e 2:1, com 4 e 2,7 g.dm⁻³ de fertilizante, respectivamente. As médias foram 61,5% maiores que as observadas com o substrato comercial ao mesmo nível de fertilização, evidenciando o ganho significativo de crescimento com o uso do substrato com lodo (Tabela 5). No entanto, esses valores não diferem estatisticamente dos compostos 3:1 com 2,7 g.dm⁻³ de fertilizante e 2:1 sem fertilizante, indicando que, para o parâmetro diâmetro de colo, este último tratamento é suficiente para garantir bom crescimento, com economia de fertilizante.

As alturas de craveiro no substrato comercial responderam positivamente aos níveis de fertilização,

Tabela 5 - Médias de diâmetro de colo e altura de *Pimenta pseudocaryophyllus*, nos três tipos de substratos e doses de fertilizantes testados; n = 4

	Diâmetro (mm)				Altura (cm)	
	Fertilizante (g dm ⁻³)					
Substrato	0	2,7	4,0	0	2,7	4,0
Comercial	1,5 ± 1,4 cB	3,3 ± 0,3 bA	3,5 ± 2,5 bA	10,9 ± 1,4 bB	23,3 ± 0,9 bA	24,3 ± 0,9 cA
Composto 3:1	4,1 ± 0,1 bB	5,3 ± 0,3 aA	5,7 ± 3,2 aA	29,1 ± 0,8 aB	34,0 ± 2,4 aB	43,0 ± 1,1 aA
Composto 2:1	5,2 ± 0,3 aA	5,7 ± 0,2 aA	5,1 ± 4,1 aA	32,4 ± 1,5 aB	38,8 ± 1,9 aA	30,2 ± 1,1 bB

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

sendo que não ocorreu diferença significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre 2,7 e 4 g.dm⁻³ (Tabela 5). Ao analisar o comportamento das mudas nos compostos e no substrato sem a adição de fertilizante, observaram-se valores mais elevados de altura nos compostos com lodo de esgoto, sendo o maior obtido no composto 2:1, sendo este 34% maior que a altura obtida com o substrato comercial. O maior valor observado para altura foi obtido com o composto 3:1 com a adição de 4 g.dm⁻³, 77% maior se comparado com o valor obtido observado com o substrato comercial ao mesmo nível de fertilizante (Tabela 5). Esse tratamento também ficou entre os que obtiveram os maiores diâmetros, indicando, provavelmente, ótimo balanço nutricional. No entanto, apesar dos maiores valores obtidos (estatisticamente significativos para altura, pelo teste de Tukey) terem sido observados para este tratamento, os obtidos com o uso do composto 2:1 com 2,7 g.dm⁻³ de fertilização, foram capazes de proporcionar um crescimento 73% superior em diâmetro de colo e 66% superior em altura em relação às mudas produzidas com o substrato comercial com o mesmo nível de fertilização, resultando em menor consumo de fertilizante mineral e uso de maior proporção de lodo de esgoto. Entre as análises de regressão complementares com os dados disponíveis, a única que se obteve um valor exato para melhor dose de fertilizante e só para a variável altura, foi a do composto 2:1, sendo indicada a dose de 1,9 g.dm⁻³ de fertilizante ($y = 32,45 + 8,43323*x - 2,24893*x^2$; $r^2 = 0,65$; $p < 0,01$). Portanto, com base nos resultados obtidos, recomenda-se o uso do substrato 2:1, com 1,9 g de fertilizante granulado (N; P205; K2O - 15-9-12) de liberação lenta (5 - 6 meses) por dm³.

A tendência de decréscimo na altura, tal qual também constatado para a variável diâmetro para o composto 2:1 (maior proporção de lodo de esgoto na mistura) (Tabela 5), provavelmente ocorreu graças a um desbalanço nutricional, com maior quantidade de nutrientes, o que pode inibir sítios de absorção ou até mesmo ser tóxica para a planta. Em trabalho realizado por Santin et al. (2008) com *Ilex paraguariensis* (erva-mate), foi observado que, com o aumento das doses de N, ocorreu o decréscimo das variáveis altura e diâmetro de colo em relação à testemunha, sem adição de fertilizante. Dados semelhantes foram observados também por Mazuchowski (2004) também em trabalho realizado

com erva-mate, em que foi observado que a adição de nitrogênio demonstrou ser ineficiente e causadora de mortalidade de plantas, concluindo que o excesso de nitrogênio resultou em condições estressantes para o desenvolvimento da planta. Ainda segundo Carneiro (1995), doses elevadas de N afetam a qualidade fisiológica das mudas, resultando em efeitos negativos no desenvolvimento.

Segundo Santin et al. (2008), são poucos os casos de toxidez provocados por K em plantas. No entanto, em excesso, este pode interferir positiva ou negativamente na absorção de outros cátions pelas plantas. Tal fato ocorre desde que haja competição direta com o mesmo sítio de absorção, sendo que altos teores de potássio na planta aumentam a absorção de NO₃, e podem inibir as de Ca e Mg (MARSCHNER, 1995). Possivelmente, a espécie utilizada neste estudo seja sensível ao aumento excessivo de adubação e, provavelmente, a adição da maior dose de fertilizante no composto com mais lodo de esgoto acabou gerando toxicidade às mudas, o que acarretou no decréscimo das variáveis observadas.

De acordo com Mclachlan et al. (2004) e Wilson et al. (2006), compostos à base de poda de árvore e lodo de esgoto possuem teores elevados de N, P, K, Zn, Cu, Mn, Al e Fe, macro e micronutrientes essenciais para um bom desenvolvimento vegetativo das plantas. O maior crescimento obtido pelas mudas em que foram usados compostos à base de lodo se dá provavelmente em face disso, entre outros fatores. Como observado nas Tabelas 1 e 5, mesmo os compostos sem adição de fertilizante já são capazes de produzir mudas visualmente com boa qualidade, pois contêm concentrações totais de N e P semelhantes aos compostos fertilizados. O maior crescimento das plantas nos compostos com adição de fertilizantes se dá provavelmente por estes liberarem maiores doses de nutrientes em menor tempo, já que o composto sem a adição disponibiliza os nutrientes à medida que a matéria orgânica vai sendo decomposta, o que leva mais de tempo para a mineralização.

Neste trabalho, todos os valores obtidos para as variáveis observadas, em todos os níveis de fertilização, com o uso de compostos à base de lodo, foram maiores se comparados aos obtidos com o substrato comercial à base de casca de *Pinus* compostada e vermiculita, até mesmo para o composto 2:1 com 4 g.dm⁻³ que, conforme comentado, apresentou decréscimo em relação ao nível anterior de fertilização de 2,7 g.dm⁻³.

Os resultados obtidos com o uso de lodo de esgoto compostado são concordantes com os obtidos por Padovani (2006), na produção de mudas de *Inga uruguensis*, *Lafoensia glyptocarpa*, *Poecilanthe parviflora* e *Tecoma stans*; Maia (1999) para a produção de mudas de *Pinus taeda*; Schirmer (2010) na produção de mudas de *Pinus elliottii* inoculadas com fungo ectomicorrízico, Nóbrega et al. (2007) na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, Wilson et al. (2006) *Forestiera segregata* var. *pinerotum*, *Myrcianthes fragrans* e *Viburnum obovatum*, e Scheer et al. (2012) para produção de mudas de *Prunus brasiliensis* e Scheer et al. (2010) na produção de mudas de *Paraptadenia rigida*, corroborando para a seu uso como um bom substrato para o crescimento vegetal.

Conclusões

Os valores obtidos para as variáveis diâmetro e altura observadas, com o uso de compostos à base de lodo de esgoto, foram significativamente maiores aos obtidos com mudas de *Pimenta pseudocaryophyllus* produzidas com substrato comercial, indicando, provavelmente, melhores características nutricionais e físicas.

Apesar dos maiores valores obtidos (estatisticamente significativos para altura) terem sido observados com o uso do composto à base de lodo 3:1 com adição de 4 g.dm⁻³ de fertilizante, os obtidos com o uso do composto 2:1 com 2,7 g.dm⁻³ de fertilização, foram capazes de proporcionar um crescimento 73% superior em diâmetro de colo e 66% superior em altura em relação às mudas produzidas com o substrato comercial com o mesmo nível de fertilização. Ainda, com o uso do substrato 2:1 com a dose de 1,9 g.dm⁻³, pode-se obter ganhos para a altura de 66 para 72% superiores, resultando em menor consumo de fertilizante mineral e uso de maior proporção de lodo de esgoto.

Os resultados observados neste trabalho comprovam que os compostos à base de lodo de esgoto devidamente higienizados são capazes de substituir os substratos comerciais, devido ao menor consumo de insumos e o bom crescimento das mudas. Deve-se, no entanto, atentar para as necessidades nutricionais da espécie, evitando a adição excessiva de fertilizante, o que pode reduzir as taxas de crescimento.

Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 1998.
- ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Revista Ambientia**, v. 5, n. 2, p. 321-330, 2009.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.
- CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- FAUSTINO, R. et al. Lodo de esgoto como substrato na produção de *Senna siamea*. Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, (Suplemento 1), p. 278-282, 2005.
- GIRARD, E. A. **Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro (*Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum) em Floresta Ombrófila Mista**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- INGELMO, F. et al. Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. **Bioresource Technology**, v. 63, n. 2, p. 123-129, 1998. doi:10.1016/S0960-8524(97)00105-3.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998, v. 2.
- 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**, n. 39, p. 81-82, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995.
- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil.** 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- MCLACHLAN, K. L. et al. Variability of soluble salts using different extraction methods on composts and other substrates. **Compost Science & Utilization**, v. 12, n. 2, p. 180-184, 2004.
- MELO, W. J. et al. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 3, p. 449-455, 1994.
- MORAIS, S. M. J. et al. Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparada com outros substratos orgânicos. **Sanare**, v. 6, n. 6, p. 44-49, 1997.
- NASCIMENTO, C. W. A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2004. doi:10.1590/S0100-06832004000200017.
- NOBREGA, R. S. A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007. doi:10.1590/S0100-67622007000200006.
- PADOVANI, V. C. R. **Composto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas.** 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- PAIVA, A. V. et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 499-511, 2009.
- ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004. doi:10.1590/S0100-06832004000400005.
- ROCHA, M. T.; SHIROTA, R. Disposição final de lodo de esgoto. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 1, n. 3, p. 1-25, 1999.
- SANTIN, D. et al. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008.
- SCHEER, M. B. et al. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.
- SCHEER, M. B. et al. Crescimento de mudas de *Prunus brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. em substratos à base de lodo de esgoto compostado e fertilizante mineral. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 739-747, 2012.
- SCHIRMER, G. K. **Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm.** 2010. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. II – Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 497-503, 2002.
- TAMANINI, C. R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólidos e gramíneas forrageiras.** 2004. 181 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- THOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. Metodologia de análise parasitológica em lodo de esgoto e esgoto. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto.** Curitiba: Sanepar, 1998. p. 27-41.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólidos como substratos para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 150-162, 2003.
- WILSON, S. B. et al. Container and field evaluation of three native shrubs grown in compost-based media. **Compost Science & Utilization**, v. 14, n. 3, p. 178-183, 2006.

Recebido: 25/05/2011
Received: 05/25/2011

Aprovado: 06/08/2012
Approved: 08/06/2012