

## Crescimento e Nutrição de Mudas de *Lafoensia pacari* com Lodo de Esgoto

Maurício Bergamini Scheer<sup>1</sup>, Charles Carneiro<sup>1</sup>,  
Otávio Augusto Bressan<sup>2</sup>, Kaline Gomes dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento – APD, Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR

### RESUMO

Na busca por alternativas para a destinação correta do lodo de esgoto de estações de tratamento, os objetivos deste trabalho foram: avaliar a utilização de substratos à base de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Lafoensia pacari* (dedaleiro), com diferentes níveis de fertilizante, e comparar o desempenho obtido em relação às mudas produzidas em substrato comercial à base de casca de *Pinus* sp. Foram testados três níveis de fertilizante (0; 2,7 e 4,0 g dm<sup>-3</sup>) em três tipos de substratos: (1) comercial de casca de *Pinus* compostada e vermiculita; (2) à base de resíduos de podas de árvores compostadas com lodo de esgoto na proporção 3:1 (v:v), e (3) na proporção 2:1 (v:v). Foram mensuradas as seguintes variáveis: altura, diâmetro, biomassa seca (folhas, raízes e ramos), teores e quantidades de N, P e K nas folhas. Os melhores resultados para todas as variáveis foram obtidos com a utilização de lodo de esgoto compostado como substrato, apresentando diferenças significativas na maioria dos tratamentos quando comparados aos valores referentes ao substrato comercial. O uso do composto de lodo 2:1 com 2,7 g dm<sup>-3</sup> apresentou os melhores resultados.

**Palavras-chave:** viveiro, macronutrientes, bio sólido, resíduos.

### Nutrition and Growth of *Lafoensia pacari* Seedlings on Sewage Sludge

### ABSTRACT

Seeking alternatives for the correct disposal of sewage sludge from sewage treatment plants, the purpose of this study was to assess the use of sewage sludge substrates for *Lafoensia pacari* seedling production and to compare seedling growth rates to those on commercial substrate. To this end, three different levels of fertilizer (0, 2.7 and 4.0 g dm<sup>-3</sup>) were tested in three types of substrates: (1) commercial substrate, consisting of composted pine bark and vermiculite, and (2) composted substrate based on crushed tree pruning and sewage sludge in 3:1 (v:v) ratio and (3) 2:1 (v:v) ratio. Seedling height, diameter, dry biomass (leaves, roots and branches), concentrations and amounts of N, P and K in leaves were measured. High seedling growth rates and nutrient content were obtained when composted sewage sludge was used, showing significant differences in most treatments when compared to commercial substrate values. The 2:1 composted sewage sludge plus 2.7 g dm<sup>-3</sup> of fertilizer presented the best results.

**Keywords:** nursery, macronutrients, biosolids, residue.

## 1. INTRODUÇÃO

*Lafoensia pacari* A. St.-Hil. é uma espécie de porte arbóreo, pertencente à família Lythraceae, conhecida popularmente como dedaleiro, dedal, mangava-brava e pacari, e encontra-se presente principalmente em florestas de altitude, no cerrado e na arborização de ruas (Carvalho, 1994; Lorenzi, 2002).

O dedaleiro é uma planta promissora em virtude de suas diversas utilidades e por seu grande valor medicinal. Sua madeira é utilizada para obras externas e internas, marcenaria, tacos para assoalho, moirões, cabos de ferramentas, construção civil e tabuados em geral, além do seu potencial para paisagismo e recuperação de áreas degradadas (Carvalho, 1994; Lorenzi, 2002).

O crescimento urbano desordenado causa problemas em função da significativa produção de resíduos. A problemática dos efluentes nas cidades faz com que seja necessário o gerenciamento dos resíduos ao final dos processos, sendo um dos principais desafios a destinação final da quantidade gerada (Maas, 2010; Schirmer, 2010).

Nos últimos anos, tem havido grande empenho para o desenvolvimento de novas técnicas de utilização dos resíduos provenientes das estações de esgoto. O uso do lodo de esgoto no meio agrícola e florestal figura entre uma das primeiras e mais utilizadas técnicas de disposição (Andreoli et al., 2001; Schirmer, 2010), sendo objeto de estudo de vários autores visando à produção de mudas (Maia, 1999; Cunha et al., 2006; Wilson et al., 2006; Nobrega et al., 2007; Assenheimer, 2009; Neves et al., 2010).

Considerando-se que o lodo é rico em macro e micronutrientes, este pode atuar como condicionador de solo e/ou fertilizante (Andreoli et al., 2001; Bettiol et al., 2006; Scheer et al., 2010), bem como na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais (Padovani, 2006).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivos avaliar a utilização de substratos à base de lodo de esgoto aeróbio compostado com podas de árvores trituradas como meio de crescimento e fonte de nutrientes para a produção de mudas de *Lafoensia pacari* (dedaleiro), com diferentes níveis

de fertilizante, e comparar o desempenho obtido em relação às mudas produzidas em substrato comercial à base de casca de *Pinus* sp. compostada e vermiculita, amplamente utilizado em viveiros florestais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação entre junho e outubro de 2008, e, em área de rustificação, entre novembro de 2008 e fevereiro de 2009, em viveiro pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, município de Araucária, Paraná. O viveiro localiza-se nas coordenadas 25° 32' 03" S e 49° 23' 15" O, a uma altitude de 900 m. O clima da região, segundo Köppen, é Cfb, com temperatura média anual entre 16 e 18 °C e com precipitação anual média entre 1400 e 1600 mm (Caviglione et al., 2000).

Três tipos de substratos foram testados: (1) substrato comercial de casca de *Pinus* sp. compostada e vermiculita; (2) substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Belém/Curitiba/SANEPAR na proporção 3:1 (v:v), e (3) substrato à base de resíduos de podas de árvores trituradas compostadas com lodo de esgoto aeróbio na proporção 2:1 (v:v). Ambos os substratos à base de lodo de esgoto foram peneirados em malha de 2 mm.

Considerando as concentrações totais de metais pesados (segundo APHA, 1998; Tabela 1) e os parâmetros parasitológicos – ovos de helmintos (segundo Thomaz-Soccol et al., 1998; Tabelas 1 e 2) –, os substratos higienizados por meio da compostagem estavam aptos para a utilização agrícola, atendendo às Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 375/2006 e da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – Paraná (SEMA/PR) nº 021/2009.

Cada substrato foi submetido a três níveis de fertilização: (1) sem fertilizante; (2) dose de 2,7 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante granulado (N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K<sub>2</sub>O – 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) – dose padrão usada nos viveiros das Sanepar, e (3) dose de 4,0 g dm<sup>-3</sup> do mesmo fertilizante, totalizando nove tratamentos, com três repetições cada. As análises dos teores totais de macro e micronutrientes dos

**Tabela 1.** Concentrações totais de metais pesados em amostra composta pelos dois compostos à base de lodo de esgoto e de podas de árvores trituradas utilizados como substratos. Os números entre parênteses representam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 375/2006.

**Table 1.** Total concentration of heavy metals in a sample composed by two compounds on sewage sludge and pruning trees crushed used as substrates. The numbers between parentheses represent the limits established by CONAMA Resolution n° 375/2006.

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

**Tabela 2.** 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.

**Table 2.** Parasitological parameters (viable eggs per gram of total solids) of the aerobic sewage sludge composted with ground tree pruning used as substrates.

Helminto	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

Nota: análises realizadas em triplicatas. Limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 375/2006: ovos viáveis de helmintos <0,25 ovo por grama de sólidos totais.

tratamentos (Tabela 3), bem como a análise química dos elementos disponíveis no substrato comercial comumente utilizado nos viveiros da Sanepar (Tabela 4), foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFPR, segundo Martins & Reissmann (2007). A produção padrão de mudas nos viveiros florestais da SANEPAR utiliza a dose de 2,7 g dm<sup>-3</sup> do fertilizante granulado referido, em conjunto com o substrato comercial de casca de *Pinus* sp. compostada e vermiculita. A dose de 4,0 g dm<sup>-3</sup> (50% maior) foi escolhida para verificar se maiores níveis de fertilizante resultam em maior crescimento das mudas.

As sementes de *Lafoensia pacari* foram obtidas de aproximadamente 20 indivíduos provenientes da arborização urbana do município de Curitiba/PR. A semeadura foi realizada manualmente em

tubetes plásticos com formato cônico e capacidade de 110 cm<sup>3</sup>, encaixados em bandejas, colocando duas sementes a 0,5 cm de profundidade em cada tubete. A irrigação foi realizada duas vezes por dia, tanto no período na casa de vegetação quanto na área de rustificação, sendo uma pela manhã e outra à tarde, por microaspersores.

O raleamento consistiu no corte da muda menos desenvolvida em tubetes nos quais houve germinação de duas sementes. No período de avaliação, foi mensurado um número mínimo de dez plantas úteis de cada repetição (três repetições por tratamento), descartando-se as plantas das bordaduras. Quando as mudas atingiram oito meses de idade, foram mensuradas as seguintes variáveis: altura, diâmetro de colo e biomassa seca aérea (folhas e ramos). A altura foi medida com régua graduada e o diâmetro médio, com um paquímetro digital (0,01 mm). Para obtenção dos dados de biomassa (massa seca), foram cortadas na base do caule cinco plantas por repetição que, em seguida, foram dispostas em embalagens de papel e submetidas à secagem em estufa a 60 °C por 72 horas. O material vegetal seco foi separado em folhas e ramos, pesado em balança analítica (precisão 0,001 g) e, em seguida, as folhas foram enviadas para o Laboratório De Nutrição De Plantas da UFPR e submetidas à análise de N, P e K, segundo Martins & Reissmann (2007). Para avaliar a qualidade das mudas, foi calculado o índice de qualidade de Dickson - IQD, conforme Marana et al. (2008) (Equação 1):

$$IQD = \text{matéria seca total} / (\text{RAD} + \text{RBAR}) \quad (1)$$

em que: RAD: relação da altura (em cm) com o diâmetro de colo (em mm); RBAR: relação da biomassa seca aérea com a biomassa seca de raízes (em g).

**Tabela 3.** Concentrações totais de macro e micronutrientes nos substratos testados (março/2008).**Table 3.** Total concentration of macro and micronutrients in the substrates (March/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

**Tabela 4.** Propriedades químicas do substrato comercial com fertilização mineral comumente utilizado nos viveiros da Sanepar.**Table 4.** Chemical properties of the commercial substrate with mineral fertilizer commonly used at Sanepar nurseries.

Amostra	pH		Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg
	CaCl <sub>2</sub>	SMP	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>											
Comercial /2,7	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

Foi calculado também o índice de eficiência de uso de nutrientes - IEN, conforme Siddiqi & Glass (1981) (Equação 2):

$$IEN = \frac{\text{(matéria seca total produzida)}^2}{\text{(conteúdo total do nutriente na planta)}} \quad (2)$$

Após a verificação da homogeneidade das variâncias e outras condicionantes por meio do teste de Bartlett, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 × 3 (três tipos de substrato × três níveis de fertilização), sendo posteriormente realizadas as análises de variância e os testes de Tukey (5% de probabilidade). Para todas as variáveis, em que se detectou interação entre os fatores, foram comparados os níveis de um fator dentro do outro. Regressões polinomiais foram realizadas com o intuito de analisar o efeito dos diferentes níveis de fertilizante (fator quantitativo) sobre o crescimento das variáveis medidas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os maiores valores para a variável diâmetro, o composto à base de lodo 2:1 com 2,7 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante indicou média estatisticamente diferente

da obtida com o substrato comercial com 2,7 g dm<sup>-3</sup>, sendo 33% maior (Tabela 5). Ambos os compostos com lodo (3:1 e 2:1) resultaram em mudas com maiores diâmetros, não havendo diferença significativa entre as doses 2,7 e 4,0 g dm<sup>-3</sup> (Tabela 5). Vale a pena ressaltar que os diâmetros das mudas produzidas com os compostos à base de lodo 2:1 e 3:1 sem fertilizante foram similares aos diâmetros obtidos com o substrato comercial com 2,7 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante. Isso demonstra que os compostos à base de lodo por si só possuem boas características físicas e nutricionais (Tabela 5). Nota-se ainda que, para o composto 3:1, ocorreu um aumento progressivo nos diâmetros de colo dado pelo aumento das doses do fertilizante testadas (Figura 1b).

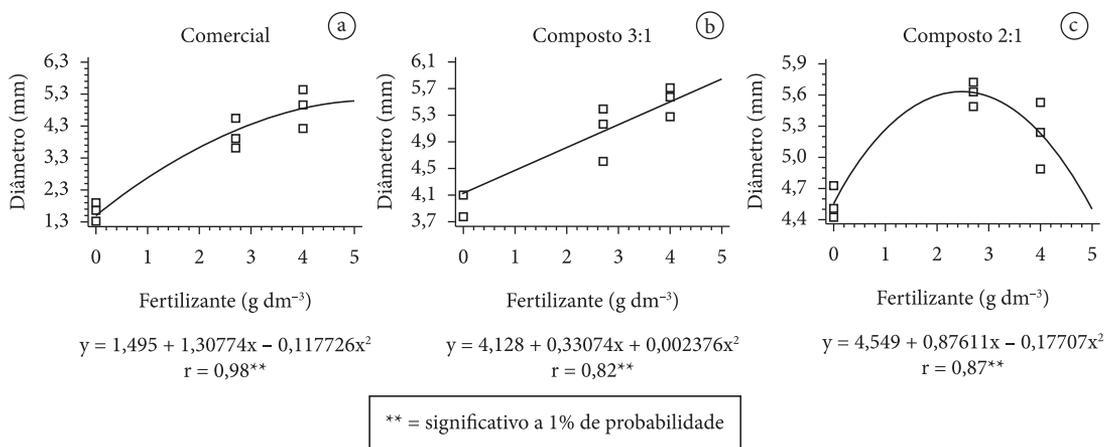
Para a variável altura, os maiores resultados também foram encontrados nas mudas produzidas com os compostos à base de lodo (Tabela 5 e Figura 2). Novamente, entre os maiores valores, o composto 2:1 com 2,7 g dm<sup>-3</sup> proporcionou alturas das mudas estatisticamente superiores às obtidas com o substrato comercial no mesmo nível de fertilização, sendo a média obtida 25% maior. As regressões polinomiais demonstram que para o composto 3:1, a dose de 2,7 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante

**Tabela 5.** Médias de altura e diâmetro de colo de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 5.** Average height and diameter of *Lafoensia pacari* in three different substrates and fertilizer; n = 3.

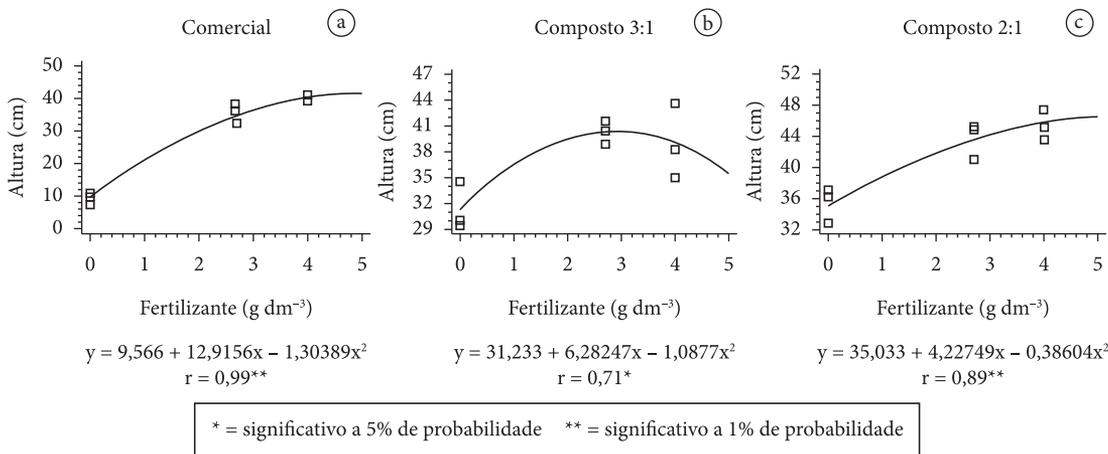
Substrato	Diâmetro (mm)			Altura (cm)		
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )					
	0	2,7	4,0	0	2,7	4,0
Comercial	1,5 ± 0,08 <sup>bc</sup>	4,2 ± 0,13 <sup>cb</sup>	4,8 ± 0,14 <sup>ba</sup>	9,5 ± 0,41 <sup>bc</sup>	34,9 ± 1,13 <sup>bb</sup>	40,4 ± 0,12 <sup>ba</sup>
Composto 3:1	4,1 ± 0,21 <sup>ab</sup>	5,1 ± 0,22 <sup>ba</sup>	5,5 ± 0,09 <sup>aa</sup>	31,2 ± 1,63 <sup>ab</sup>	40,3 ± 0,75 <sup>aa</sup>	38,9 ± 2,51 <sup>ba</sup>
Composto 2:1	4,5 ± 0,08 <sup>ab</sup>	5,6 ± 0,02 <sup>aa</sup>	5,2 ± 0,18 <sup>abA</sup>	35,0 ± 1,12 <sup>ab</sup>	43,6 ± 1,31 <sup>aa</sup>	45,7 ± 0,89 <sup>aa</sup>

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.



**Figura 1.** Regressões polinomiais para diâmetro de colo de mudras de *Lafoensia pacari* nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização.

**Figure 1.** Polynomial regressions for diameters of *Lafoensia pacari* in three types of substrates according to fertilization levels.



**Figura 2.** Regressões polinomiais para altura de mudras de *Lafoensia pacari* nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização.

**Figure 2.** Polynomial regressions for heights of *Lafoensia pacari* in three types of substrates according to fertilization levels.

mostrou-se adequada, sendo este o ponto máximo da parábola; para os substratos comercial e 2:1, os valores máximos para a variável altura foram obtidos com níveis ainda superiores a  $4 \text{ g dm}^{-3}$  de fertilizante (Figura 2).

A maior biomassa de ramos foi encontrada com a utilização do composto à base de lodo 2:1. O uso da dose mais elevada de fertilizante ( $4 \text{ g dm}^{-3}$ ) possibilitou um maior crescimento em comparação aos outros níveis testados, entretanto, não diferindo estatisticamente do valor obtido com a dose anterior (Tabela 6 e Figura 3). Observou-se uma tendência à obtenção de maiores valores de biomassa de ramos à medida que se adicionou mais fertilizante para o substrato comercial e o composto 3:1, fato não notado para o composto 2:1 que, após a dose intermediária, tendeu a uma diminuição dos valores (Figura 3).

A biomassa de folhas apresentou comportamento semelhante ao observado para ramos, cujos maiores valores foram obtidos com o composto 2:1 e também com o uso da dose mais alta de fertilizante. No entanto, esses valores não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey do resultado com o uso da dose intermediária (Tabela 6). Da mesma forma, a tendência a um maior crescimento acompanhando a elevação da adubação nos dois primeiros tratamentos e a diminuição dos valores após a dose intermediária de fertilizante ( $2,7 \text{ g dm}^{-3}$ ) foi também observada para biomassa de folhas (Figura 4).

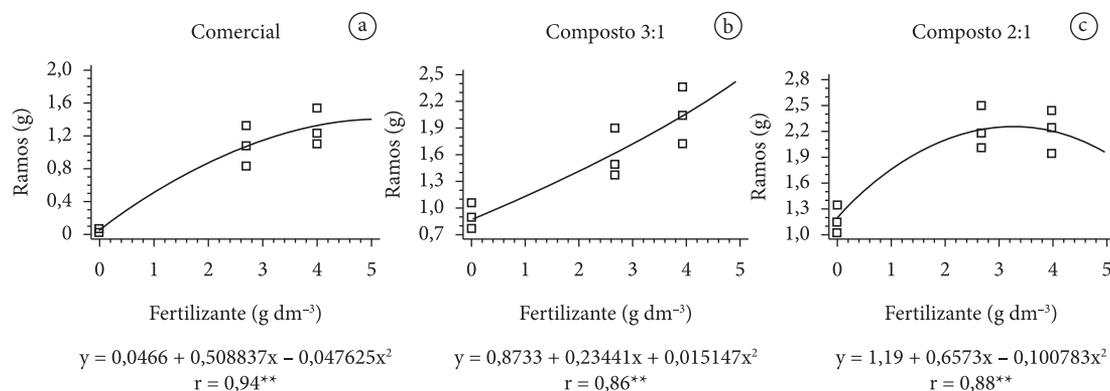
O composto à base de lodo de esgoto 2:1 foi capaz de proporcionar os maiores valores de biomassa aérea para as mudas de *L. pacari* entre todos os testados, obtendo média 142% maior que a do substrato comercial (Tabela 7). Por sua vez,

**Tabela 6.** Médias de biomassa seca de ramos e folhas de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 6.** Average dry mass of *Lafoensia pacari* leaves and branches in three different substrates and fertilizers; n = 3.

Substrato	Ramos (g)				Folhas (g)			
	Fertilizante ( $\text{g dm}^{-3}$ )			Média	Fertilizante ( $\text{g dm}^{-3}$ )			Média
0	2,7	4	0		2,7	4		
Comercial	$0,05 \pm 0,01$	$1,07 \pm 0,14$	$1,32 \pm 0,10$	$0,81^c$	$0,06 \pm 0,01$	$0,92 \pm 0,11$	$1,16 \pm 0,04$	$0,71^c$
Composto 3:1	$0,87 \pm 0,05$	$1,62 \pm 0,14$	$2,05 \pm 0,18$	$1,51^b$	$1,07 \pm 0,07$	$1,62 \pm 0,03$	$1,73 \pm 0,25$	$1,47^b$
Composto 2:1	$1,19 \pm 0,07$	$2,23 \pm 0,14$	$2,21 \pm 0,14$	$1,88^a$	$1,31 \pm 0,04$	$2,13 \pm 0,10$	$2,04 \pm 0,10$	$1,83^a$
Média	$0,70^b$	$1,64^A$	$1,86^A$		$0,81^b$	$1,56^A$	$1,64^A$	

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



\*\* = significativo a 1% de probabilidade

**Figura 3.** Regressões polinomiais para biomassa de ramos de mudas de *Lafoensia pacari* nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização.

**Figure 3.** Polynomial regressions for dry mass of *Lafoensia pacari* branches in three types of substrates according to fertilization levels.

analisando-se os níveis de fertilizante, a maior média foi obtida com o uso da dose de 4 g dm<sup>-3</sup>, obtendo, entretanto, valor estatisticamente similar ao da dose de 2,7 g dm<sup>-3</sup> (Tabela 7). As regressões polinomiais demonstram que, para o substrato comercial e o composto 3:1, puderam-se obter maiores valores de biomassa à medida que se aumentou a dose de fertilizante (Figura 5). De forma diferente, a regressão para o composto 2:1 demonstra que a dose 2,7 g dm<sup>-3</sup> mostrou-se adequada para a obtenção de um maior crescimento, ficando próxima ao ponto máximo obtido pela regressão (Figura 5).

Os teores de nitrogênio nas folhas foram similares em todos os tratamentos (Tabela 8). Entre as maiores quantidades de nitrogênio encontradas na biomassa das folhas, o composto à base de lodo 2:1 apresentou valores aproximadamente 200% maiores

em relação ao substrato convencional com 2,7 g dm<sup>-3</sup> (Tabela 9). Os resultados indicam que as quantidades de nitrogênio presente nos compostos à base de lodo são suficientes para suprir as mudas. Diferentemente dos demais tratamentos, o substrato comercial sem fertilizante apresentou quantidade de nitrogênio bastante baixa (0,48 g dm<sup>-3</sup>) (Tabela 9), obviamente relacionada à biomassa total bastante reduzida nesse tratamento, pois os teores foram similares aos demais tratamentos (Tabela 8).

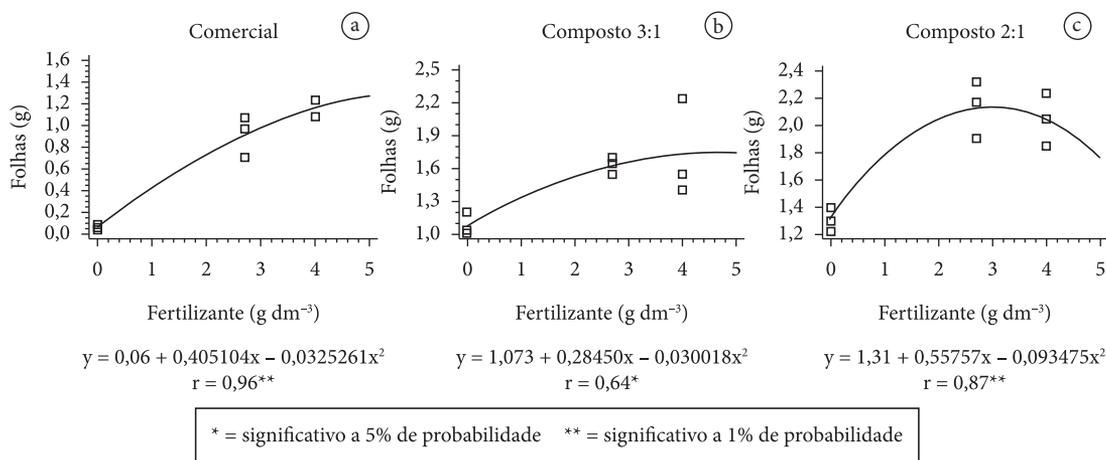
Os resultados para fósforo foram semelhantes aos observados para nitrogênio (Tabelas 8 e 9). Entre as maiores quantidades de fósforo na biomassa total, o maior resultado encontrado foi para o composto à base de lodo 2:1 com 2,7 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante; porém, esse resultado não difere dos encontrados para o composto 3:1 (Tabela 9). Considerando-se

**Tabela 7.** Médias de biomassa seca aérea total de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 7.** Average aerial dry mass of *Lafoensia pacari* in three different substrates and fertilizers; n = 3.

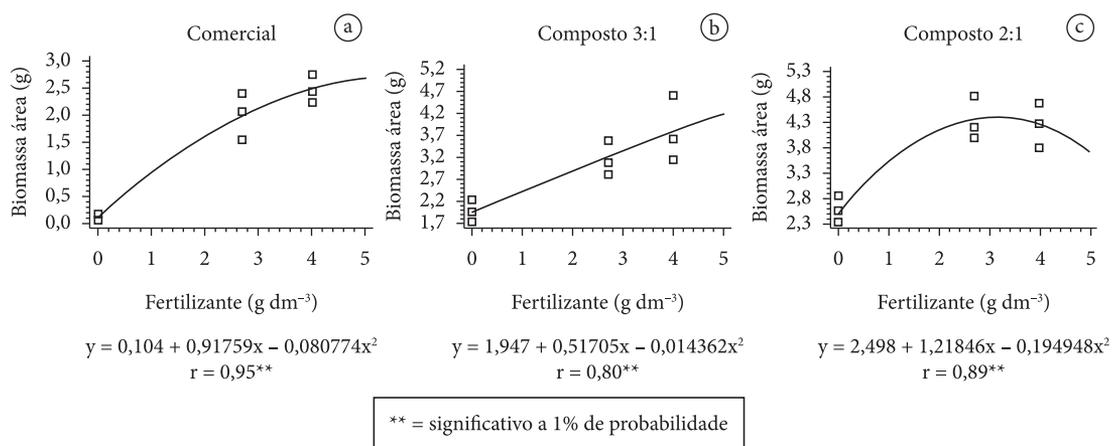
Substrato	Biomassa aérea (g)			Média
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			
	0	2,7	4	
Comercial	0,11 ± 0,01	1,99 ± 0,24	2,48 ± 0,13	1,53 <sup>c</sup>
Composto 3:1	1,95 ± 0,12	3,24 ± 0,17	3,79 ± 0,43	2,99 <sup>b</sup>
Composto 2:1	2,50 ± 0,12	4,37 ± 0,23	4,25 ± 0,25	3,70 <sup>a</sup>
Média	1,52 <sup>b</sup>	3,20 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	

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



**Figura 4.** Regressões polinomiais para biomassa seca de folhas das mudas de *Lafoensia pacari* nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização.

**Figure 4.** Polynomial regressions for dry mass of *Lafoensia pacari* leaves in three types of substrates according to fertilization levels.



**Figura 5.** Regressões polinomiais para biomassa seca aérea total das mudas de *Lafoensia pacari* nos três tipos de substratos em função dos níveis de fertilização.

**Figure 5.** Polynomial regressions for aerial dry mass of *Lafoensia pacari* in three types of substrates according to fertilization levels.

**Tabela 8.** Médias dos teores de nitrogênio e fósforo nas folhas de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 8.** Average nitrogen and phosphorus concentrations in *Lafoensia pacari* leaves in three different substrates and fertilizers; n = 3.

Substrato	N (g kg <sup>-1</sup> )				P (g kg <sup>-1</sup> )			
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média
	0	2,7	4		0	2,7	4	
Comercial	8,63 ± 1,70	7,57 ± 0,60	8,20 ± 2,20	8,13 <sup>a</sup>	1,10 ± 0,10	1,13 ± 0,10	1,07 ± 0,10	1,10 <sup>a</sup>
Composto 3:1	8,47 ± 1,00	7,97 ± 0,50	9,93 ± 0,30	8,78 <sup>a</sup>	1,20 ± 0,10	1,07 ± 0,10	1,20 ± 0,10	1,15 <sup>a</sup>
Composto 2:1	8,83 ± 0,40	10,00 ± 0,50	9,40 ± 0,40	9,41 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,10	1,13 ± 0,10	0,97 ± 0,10	1,08 <sup>a</sup>
Média	8,64 <sup>A</sup>	8,51 <sup>A</sup>	9,17 <sup>A</sup>		1,14 <sup>A</sup>	1,11 <sup>A</sup>	1,08 <sup>A</sup>	

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

**Tabela 9.** Médias das quantidades de nitrogênio e fósforo na biomassa das folhas de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 9.** Average amount of nitrogen and phosphorus in leaf biomass of *Lafoensia pacari* in three different substrates and fertilizers; n = 3.

Substrato	N				P			
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média
	0	2,7	4		0	2,7	4	
Comercial	0,48 ± 0,10	7,01 ± 1,10	9,58 ± 2,70	5,69 <sup>c</sup>	0,16 ± 0,10	1,02 ± 0,10	1,24 ± 0,10	0,81 <sup>b</sup>
Composto 3:1	8,95 ± 0,60	12,94 ± 1,00	17,21 ± 2,60	13,03 <sup>a</sup>	1,28 ± 0,10	1,73 ± 0,20	2,08 ± 0,30	1,70 <sup>a</sup>
Composto 2:1	11,60 ± 0,90	21,27 ± 1,00	19,31 ± 1,80	17,40 <sup>a</sup>	1,48 ± 0,10	2,41 ± 0,20	1,99 ± 0,30	1,96 <sup>a</sup>
Média	7,01 <sup>B</sup>	13,74 <sup>A</sup>	15,36 <sup>A</sup>		0,97 <sup>B</sup>	1,72 <sup>A</sup>	1,77 <sup>A</sup>	

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

que os dados de crescimento em diâmetro, altura e biomassa foram similares entre os compostos 2:1 nos dois níveis de fertilização, é recomendável o uso da dose de 2,7 g dm<sup>-3</sup> em função da economia de fertilizante.

As concentrações de K nas folhas foram superiores nas mudas no substrato comercial (Tabela 10). As doses de fertilizante não resultaram em maiores teores (Tabela 10). Em relação às quantidades de potássio nas folhas, os maiores

valores foram encontrados nas mudas de todos os substratos com 4 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante e para compostos com lodo (Tabela 11). As quantidades de K devem-se principalmente às maiores biomassas das folhas, encontradas nos tratamentos com maior fertilização.

Os maiores Índices de Qualidade de Dickson também foram obtidos nas mudas produzidas com ambos os compostos à base de lodo e para os níveis 2,7 e 4,0 g dm<sup>-3</sup>, indicando que o dedaleiro apresenta melhor resposta com a utilização dos compostos com lodo e já com o nível intermediário de fertilização (Tabela 12).

Em relação à eficiência no uso dos nutrientes, para o nitrogênio, os maiores índices foram obtidos com ambos os substratos à base de lodo de esgoto e com as doses 2,7 e 4 g dm<sup>-3</sup> (Tabela 12). As menores eficiências para nitrogênio foram obtidas nos substratos sem fertilização mineral. Esse dado sugere que, apesar de os compostos com lodo apresentarem resultados satisfatórios, similares ou superiores ao comercial com 2,7 g dm<sup>-3</sup> (Tabela 12),

esses substratos necessitam de fertilização química complementar para obter maior eficiência no uso do nitrogênio, bem como melhor IQD, na produção de mudas de *L. pacari*.

Para o fósforo, os maiores índices foram obtidos com o composto à base de lodo na proporção 2:1, também com 2,7 e 4,0 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante. Para o potássio, ambos os tratamentos com lodo apresentaram maiores índices de eficiência (Tabela 13).

Foi observado que as plantas com os maiores resultados de crescimento não foram aquelas com maiores teores de N, P e K nas folhas, mas aquelas que apresentaram maiores quantidades desses nutrientes em sua biomassa. Dessa forma, as mudas, mostraram-se mais eficientes no uso desses nutrientes, pois produziram significativa biomassa com uso relativamente menor de nutrientes.

Os resultados observados no presente trabalho corroboram com: Rocha et al. (2004), na aplicação de biossólido (lodo de esgoto) em um

**Tabela 10.** Médias dos teores potássio nas folhas de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 10.** Average potassium concentrations in *Lafoensia pacari* leaves in three different substrates and fertilizers; n = 3.

Substrato	K (g kg <sup>-1</sup> )			Média
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			
	0	2,7	4	
Comercial	34,80 ± 1,70	29,90 ± 0,60	39,77 ± 2,20	34,82 <sup>a</sup>
Composto 3:1	26,33 ± 1,00	26,20 ± 0,50	28,87 ± 0,30	27,13 <sup>b</sup>
Composto 2:1	20,90 ± 0,40	26,00 ± 0,50	28,37 ± 0,40	25,08 <sup>b</sup>
Média	27,34 <sup>A</sup>	27,37 <sup>A</sup>	32,33 <sup>A</sup>	

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

**Tabela 11.** Médias das quantidades de potássio na biomassa das folhas de *Lafoensia pacari*, nos três tipos de substratos e fertilizantes testados; n = 3.

**Table 11.** Average amount of potassium in leaf biomass of *Lafoensia pacari* in three different substrates and fertilizers; n = 3.

Substrato	K (g kg <sup>-1</sup> )			Média
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			
	0	2,7	4	
Comercial	2,01 ± 0,10	26,11 ± 1,10	43,21 ± 2,70	24,77 <sup>b</sup>
Composto 3:1	28,23 ± 0,60	42,39 ± 1,00	50,17 ± 2,60	40,26 <sup>a</sup>
Composto 2:1	27,33 ± 0,90	55,59 ± 1,00	58,03 ± 1,80	46,98 <sup>a</sup>
Média	19,19 <sup>C</sup>	41,36 <sup>B</sup>	51,47 <sup>A</sup>	

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

**Tabela 12.** Médias do Índice de qualidade de Dickson e Índice de eficiência de uso de N das mudas de *Lafoensia pacari*, em três tipos de substratos e fertilizantes.

**Table 12.** Dickson quality and nutrient use efficiency Index for N of *Lafoensia pacari* seedlings in three different substrates and fertilizers.

Substrato	Índice de qualidade de Dickson				Índice de eficiência no uso de N			
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média
	0	2,7	4		0	2,7	4	
Comercial	0,14 ± 0,01	0,78 ± 0,10	0,85 ± 0,06	0,59 <sup>b</sup>	0,01 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,16 ± 0,04	0,09 <sup>b</sup>
Composto 3:1	0,85 ± 0,08	1,22 ± 0,10	1,36 ± 0,15	1,15 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,25	0,20 ± 0,01	0,17 ± 0,03	0,17 <sup>a</sup>
Composto 2:1	0,92 ± 0,01	1,64 ± 0,04	1,27 ± 0,13	1,28 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,00	0,21 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,19 <sup>a</sup>
Média	0,64 <sup>B</sup>	1,22 <sup>A</sup>	1,16 <sup>A</sup>		0,09 <sup>B</sup>	0,18 <sup>A</sup>	0,18 <sup>A</sup>	

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

**Tabela 13.** Médias do Índice de eficiência de uso de P e de K das mudas de *Lafoensia pacari*, em três tipos de substratos e fertilizantes.

**Table 13.** Nutrient use efficiency Index for P e K of *Lafoensia pacari* seedlings in three different substrates and fertilizers.

Substrato	Índice de eficiência no uso dos nutrientes							
	P				K			
	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média	Fertilizante (g dm <sup>-3</sup> )			Média
0	2,7	4	0		2,7	4		
Comercial	0,02 ± 0,01	0,85 ± 0,19	1,09 ± 0,06	0,66 <sup>c</sup>	0,01 ± 0,01	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,02 <sup>b</sup>
Composto 3:1	0,90 ± 0,10	1,54 ± 0,11	1,44 ± 0,21	1,29 <sup>b</sup>	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 <sup>a</sup>
Composto 2:1	1,17 ± 0,11	1,94 ± 0,28	2,13 ± 0,14	1,74 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 <sup>a</sup>
Média	0,70 <sup>B</sup>	1,44 <sup>A</sup>	1,56 <sup>A</sup>		0,03 <sup>B</sup>	0,06 <sup>A</sup>	0,05 <sup>AB</sup>	

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

povoamento de *Eucalyptus grandis*; Cunha et al. (2006), na produção de mudas de *A. mangium* e *A. auriculiformis*; Padovani (2006), na produção de mudas de *Inga uruguensis*, *Lafoensia glyptocarpa*, *Poecilanthe parviflora* e *Tecoma stans*; Nóbrega (2007), na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*; Scheer et al. (2010), na produção de mudas de *Parapiptadenia rígida*, e Scheer et al. (2011), para mudas de *Calophyllum brasiliense*.

#### 4. CONCLUSÕES

Os melhores resultados para crescimento em diâmetro, altura e biomassa, para IQD, eficiência no uso de nutrientes, e para quantidade de nutrientes nas mudas se deram com a utilização de lodo de esgoto compostado com podas de árvores trituradas como substrato para produção de mudas.

De maneira geral, o melhor potencial de crescimento, qualidade e eficiência no uso de

nutrientes para a produção de mudas de dedaleiro foi obtido com o composto 2:1 com 2,7 g dm<sup>-3</sup> de fertilizante, indicando que este apresenta provavelmente melhores condições físicas e balanço nutricional. Portanto, apesar do ótimo resultado dos substratos com lodo de esgoto, sugere-se o uso da fertilização química complementar, visando ao melhor rendimento e à eficiência na produção de mudas.

Ressalta-se que a utilização de lodo de esgoto para a composição de substratos deve ser realizada de acordo com a legislação, evitando-se, assim, possíveis contaminações por metais pesados e helmintos.

#### STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 26/10/2011

Aceito: 30/01/2012

Resumo publicado online: 08/02/2012

Artigo completo publicado: 31/03/2012

## AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

### Maurício Bergamini Scheer

Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento –  
APD, Companhia de Saneamento do Paraná –  
SANEPAR,  
Rua Engenheiros Rebouças, 1376, Rebouças,  
CEP 80215-900, Curitiba, PR, Brasil  
e-mail: mauriciobs@sanepar.com.br

## REFERÊNCIAS

- American Public Health Association - APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20rd ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation; 1998.
- Andreoli CV, Pegorini ES, Fernandes F. Disposição do lodo no solo. In: Andreoli CV, Von Sperling M, Fernandes F, editores. *Lodo de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: UFMG/SANEPAR; 2001. 484 p.
- Assenheimer A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. *Revista Ambiência* 2009; 5(2): 321-330.
- Bettiol W, Camargo OA, Galvão JAH, Ghini R. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto: descrição do estudo. In: Bettiol W, Camargo OA, editores. *Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente; 2006.
- Carvalho PER de. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira*. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/SPI; 1994.
- Cavaglione JH, Kiihl LRB, Caramori PH, Oliveira D. *Cartas climáticas do Paraná* [CD-ROM]; 2000; Londrina. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR.
- Cunha AM, Cunha GM, Sarmento RA, Cunha GM, Amaral JFT. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore* 2006; (30)2: 207-214.
- Lorenzi H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 4rd ed. Nova Odessa: Editora Plantarum; 2002. v. 1.
- Maas, KDB. *Biossólido como substrato na produção de mudas de timburi* [dissertação]. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso; 2010.
- Maia CMBF. *Uso de casca de Pinus e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de Pinus taeda*. Colombo: EMBRAPA Florestas; 1999. Boletim de pesquisa florestal, n. 39.
- Marana JP, Miglioranza E, Fonseca EP, Kainuma RH. Índices de qualidade e crescimento em mudas de café, produzidas em tubetes. *Ciência Rural* 2008; (38)1: 39-45. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100007>
- Martins APL, Reissmann CB. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agrária* 2007; (8)1: 1-17.
- Neves JMG, Silva, HP, Duarte RF. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. *Revista Verde* 2010; (5)1: 173-177.
- Nobrega RSA, Vilas Boas RC, Nobrega, JCA, Paula, AM, Moreira FMS. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Revista Árvore* 2007; (31)2: 239-246.
- Padovani VCR. *Composto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas* [dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2006.
- Rocha GN, Gonçalves JLM, Moura, IM. Mudanças da Fertilidade do Solo e Crescimento de um Povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com Biossólido. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 2004 (28)4: 623-639.
- Scheer MB, Carneiro C, Santos KG, Bressan OA, Horokoski G. Produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess com substrato comercial e à base de lodo de esgoto compostado. *Revista DAE* 2011; (187): 55-61.
- Scheer MB, Carneiro C, Santos KG. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rigida* (Benth.) Brenan. *Scientia Forestalis* 2010; (38)88: 637-644.
- Schirmer GK. *Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de Pinus elliottii engelm* [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2010.
- Siddiqi MY, Glass ADM. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition* 1981; (4)3: 289-302. <http://dx.doi.org/10.1080/01904168109362919>
- Thomaz-Soccol V, Paulino RC, Castro EA. Metodologia de análise parasitológica em lodo de esgoto e esgoto. In: SANEPAR, editor. *Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto*. Curitiba: SANEPAR; 1998.
- Wilson SB, Mecca LK, Danielson HE, Graetz DA, Stoffella PJ. Container and Field Evaluation of Three Native Shrubs Grown in Compost-Based Media. *Compost Science & Utilization* 2006; (14)3: 178-183.