








Crescimento de mudas de *Lafoensia glyptocarpa* utilizando lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de água

Luana Soares Oliveira¹, Francineide Morais de Araújo¹, Gustavo Henrique Gravatim Costa², Thomaz Figueiredo Lobo¹, Marcos Vinícius Bohrer Monteiro Siqueira^{1*}

¹Universidade do Sagrado Coração, Rua Irmã Arminda, 10-50, CEP 17011-160, Bauru, SP, Brasil

²Universidade do Estado de Minas Gerais, Avenida Professor Mário Palmério, 1001, CEP 38200-000, Frutal, MG, Brasil

*Autor correspondente:
mvbsiqueira@gmail.com

Termos para indexação:

Espécies nativas
Irrigação
Lodo residual

Index terms:

Native species
Irrigation
Sewage sludge

Histórico do artigo:

Recebido em 24/05/2019
Aprovado em 28/09/2020
Publicado em 27/12/2020

Resumo - Avaliou-se o crescimento de mudas de mirindiba (*Lafoensia glyptocarpa* Koehne) em diferentes concentrações de lodo de esgoto compostado (LEC), substrato comercial (SC) e lâminas de água (L). O delineamento experimental, em parcelas subdivididas, contou com 4 repetições, dispostas em 3 L e 5 diferentes tratamentos. Avaliou-se: altura, número de folhas, diâmetro do coleto, massa seca das raízes e parte aérea e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O uso de SC + LEC apresentou os melhores resultados nos diferentes parâmetros, porém, o IQD sugere o uso de 100% LEC com irrigação L2 (25,5 mm 9 min ao dia).

Growth of *Lafoensia glyptocarpa* seedling using compound waste sludge and different water slides

Abstract - The growth of mirindiba (*Lafoensia glyptocarpa* Koehne) seedlings at different concentrations of composted sewage sludge (LEC), commercial substrate (SC) and water slides (L) was evaluated. The experimental design, in split plots, had 4 replications, arranged in 3 L and 5 different treatments. The height, number of leaves, stem diameter, roots and shoot dry mass and the Dickson quality index (IQD) were evaluated. The use of SC + LEC showed the best results for all different parameters, but the IQD suggests the use of 100% LEC with L2 irrigation (25.5 mm 9 min by day).



O lodo de esgoto compostado (LEC) vêm sendo estudado na composição de substratos para produção de mudas em viveiro, especialmente de espécies nativas do Brasil. Esse material possui alto potencial fertilizante e funciona como condicionador de solo, aumentando a produtividade e reduzindo a fertilização convencional. Vários autores vêm desenvolvendo pesquisas com o intuito de avaliar a eficiência do LEC na produção de mudas nativas e exóticas em viveiros e/ou na recuperação de solos degradados (Leila et al., 2017; Santana et al., 2019; Morgado et al., 2020). Além disso,

deve-se destacar o reaproveitamento desse resíduo, que atualmente apresenta bons resultados em várias culturas (Barbosa et al., 2007).

Neste contexto, o LEC poderia ser utilizado na composição do substrato de mirindiba, árvore nativa do cerrado paulista e muito utilizada em programas de reflorestamento e em arborização urbana (Lorenzi, 2002), uma vez que a produção de mudas dessa espécie arbórea é realizada principalmente com substratos comerciais. Deve-se considerar que a disponibilidade hídrica é essencial para a produção das mudas, condição

fundamental para a germinação das sementes, bem como para o desenvolvimento vegetativo da cultura nos anos iniciais. A irrigação correta é importante para o desenvolvimento de mirindiba. Contudo, ainda não há dados que relacionem as diferentes lâminas de água e suas interações com o LEC. Desta maneira, o objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de mirindiba em diferentes concentrações de LEC e distintas lâminas de água.

O experimento foi realizado no viveiro Mudas Aciflora, Bauru, SP (latitude 22°18'52" S e longitude 49°03'38" W). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, e sua temperatura média anual é de 22,6 °C (Köppen, 1948).

A semeadura foi realizada em canteiro preenchido com areia e as sementes foram cobertas com substrato comercial (SC), permanecendo dessa forma por 7 dias. Posteriormente, as plântulas foram repicadas e transplantadas em tubetes (120 cm³) e levadas para casa de vegetação, onde foram submetidas à mesma lâmina de irrigação (L) por 15 dias. Estas foram retiradas da casa de vegetação e colocadas em bancadas a pleno sol. Foram utilizadas 300 mudas em um delineamento experimental fatorial, em esquema 5 x 3 x 2, com 5 blocos. O fator primário foi constituído por 5 substratos (S), sendo: S1 (100% SC); S2 (75% SC + 25% lodo de esgoto compostado - LEC); S3 (50% SC + 50% LEC); S4 (75% LEC + 25% SC) e S5 (100% LEC). O fator secundário foi representado por 3 lâminas de água: L1 (17 mm, 6 min ao dia), L2 (25,5 mm, 9 min ao dia) e L3 (34 mm, 12 min ao dia). O fator terciário foi constituído por 7 épocas de avaliação do desenvolvimento da planta (30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias).

O SC utilizado foi o Carolina Soil®, apresentando as seguintes características: condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹ diluição (1:5) variação 0,1 dS m⁻¹; pH: 5,65 variação de 0,25; CRA (capacidade de retenção de água) de 51% em volume; porosidade total de 76%; densidade em umidade de 50% de 220 kg m⁻³ (umidade 50%); CTC de 1.200 mmolc dm⁻³; e composição física: Sphagnum 70%, palha de arroz torrefada 20% e perlita 10%. O substrato orgânico usado foi o LEC, fornecido pela Tera Ambiental (Jundiaí, SP), sendo analisado no Laboratório de Fertilidade de Solo da Unesp de Botucatu, SP. Determinaram-se os seguintes parâmetros químicos: pH, M.O, P_{resina}, H+Al, K, Ca, Mg, SB, CTC, V% e S

(Tabela 1). Para as análises foi utilizada a metodologia proposta por Raij (2001).

Foram avaliados a altura das plantas, diâmetro do coleto, número de folhas, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e o índice de qualidade de Dickson (IQD), conforme Equação 1 (Dickson et al., 1960).

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad (1)$$

Onde: IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = massa seca total (g) (MSPA+ MSR); H = altura (cm); DC = diâmetro do coleto (mm); MSPA = massa seca da parte aérea (g); MSR = massa seca das raízes (g).

A altura da planta e o diâmetro de coleto foram mensurados mensalmente, no período de março a setembro de 2017 (180 dias). Ao final do experimento, as mudas foram retiradas dos tubetes, com remoção do substrato lavagem do sistema radicular e cortadas à altura do colo, separando parte aérea e raízes. Posteriormente, essas foram secas em estufa, com circulação forçada de ar a 60 °C para determinação da massa seca. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas segundo o teste de Tukey (5%), utilizando o programa AgroEstat (Barbosa & Maldonado Júnior, 2016).

Os substratos formulados com SC e LEC, bem como as diferentes épocas de avaliação, influenciaram sobre todos os parâmetros analisados. No entanto, as lâminas de água apresentaram interação somente para o número de folhas (Tabela 2). Os maiores valores de altura foram obtidos nos tratamentos S2 e S3. Isso se deveu, possivelmente, ao maior teor de matéria orgânica e maior capacidade de retenção de água presentes no LEC, que favorecem o melhor desenvolvimento das mudas. Em relação à lâmina de água, não houve influência significativa sobre o crescimento das mudas. As mudas submetidas aos tratamentos formulados com o 100% de LEC apresentaram médias superiores em altura aos 150 dias. Caldeira et al. (2013), avaliando LEC na produção de mudas de camponesa-da-canga (*Chamaecrista desvauxii*), aos 150 dias, encontraram resultados superiores ao tratamento com SC. Delarmelina et al. (2013) obtiveram maiores médias de crescimento em altura de mudas de cambaí-amarelo (*Sesbania virgata*) em formulações de substratos com LEC e vermiculita nas proporções de 60% e 40%, respectivamente, com média de 23,57 cm de altura após 150 dias da semeadura.

Tabela 1. Análises físicas dos substratos utilizados nos tratamentos (S), no início e ao final do experimento.**Table 1.** Physical analysis of the substrates used in each treatment (S), at the beginning and end of the experiment.

Substrato	Macroporos (mg kg ⁻¹)	Microporos (mg kg ⁻¹)	Porosidade total (%)	Retenção de água (mL cm ⁻³)	pH (1/5)	Condutividade (1/5)
INICIAL						
S1	30,46	46,89	77,35	24,37	6,48	0,43
S2	26,13	54,04	80,17	28,08	7,11	0,67
S3	13,31	62,98	76,29	32,8	7,31	0,97
S4	20,16	58,33	78,49	30,43	7,34	0,15
S5	12,07	59,92	71,98	31,13	7,34	0,17
FINAL						
S1	34,64	50,87	85,31	26,43	6,88	0,09
S2	32,95	51,67	84,62	26,84	7	0,1
S3	32,99	51,88	84,87	27,04	7,05	0,09
S4	31,14	52,87	84,01	27,58	7,08	0,08
S5	20,69	57,79	78,47	30,1	6,9	0,13

S1 = 100% substrato comercial - SC; S2 = 75% SC + 25% lodo de esgoto compostado - LEC; S3 = 50% SC + 50% LEC; S4 = 75% LEC + 25% SC; S5 = 100% LEC.

Tabela 2. Análise de variância e teste F para altura, número de folhas e diâmetro do coleto de mudas de mirindiba.**Table 2.** Analysis of variance and F test to height, number of leaves and stem diameter of mirindiba seedlings.

	Altura (cm)	Número folhas	Diâmetro (mm)
Substratos (S)	25,53**	23,38**	3,51*
S1	5,78 c	18,66 b	0,70 b
S2	8,88 a	34,17 a	0,88 ab
S3	8,94 a	37,47 a	0,94 a
S4	7,81 ab	33,87 a	0,95 a
S5	7,22 b	31,02 a	0,88 ab
DMS	1,13	6,57	0,23
CV	30,75	44,48	56,28
Lâmina (L)	3,49*	7,18**	2,79ns
L1	7,22 a	28,71 b	0,91 a
L2	7,92 a	32,58 a	0,88 a
L3	8,04 a	31,82 a	0,82 a
DMS	0,82	2,66	0,08
CV	36,20	29,17	34,44
Dias (D)	1272,06**	1088,33**	716,91**
30	2,34 g	5,93 e	0,1 d
60	3,73 f	8,34 e	0,1 d
90	5,80 e	13,42 d	0,1 d
120	7,40 d	20,59 c	0,99 c
150	9,58 c	35,07 b	1,02 c
180	12,24 b	65,63 a	1,66 b
210	12,99 a	68,29 a	2,12 a
DMS	0,48	3,35	0,12
CV	11,49	19,92	27,15
Inter S x L	0,43NS	1,13NS	0,50ns
Inter S x D	15,64**	17,84**	5,28**
Inter L x D	1,74NS	7,17**	1,39ns
Inter S x L x D	0,64NS	0,90NS	0,40ns

S1 = 100% substrato comercial (SC); S2 = 75% SC + 25% lodo de esgoto compostado (LEC); S3 = 50% SC + 50% LEC; S4 = 75% LEC + 25% SC; S5 = 100% LEC; L1 = 17 mm, 6 min ao dia; L2 = 25,5 mm, 9 min ao dia; L3 = 34 mm, 12 min ao dia; DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação. Valores seguidos de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o diâmetro de coleto, o S1 foi o que proporcionou a menor média de diâmetros, com diferença em relação às formulações com adição de LEC (Tabela 2). Assim como no parâmetro altura de plantas, o tratamento S3 apresentou maior diâmetro de coleto, seguido de S4. No entanto, as lâminas de água não influenciaram esse parâmetro morfológico. O diâmetro de coleto é uma das principais características que determinam a sobrevivência de uma muda em campo. No estudo de Gonçalves et al. (2014), o acréscimo de LEC proporcionou ganho nas médias de diâmetro de coleto em mudas de timbó (*Aleteia glazioviana*). No presente estudo o tratamento formulado com 50% e 75% de LEC proporcionaram médias semelhantes entre si, sendo superiores aos demais tratamentos (Tabela 2). Assim, o produtor pode optar pela formulação que traga maior benefício financeiro. O acréscimo de matéria orgânica no solo ou no SC pode melhorar suas características físicas, químicas e biológicas e, conseqüentemente, melhorar o desenvolvimento das mudas.

Avaliando-se o número de folhas das mudas de mirindiba, observou-se que todas as combinações obtiveram maiores médias quando comparadas ao tratamento composto unicamente por SC. Em relação às lâminas de água, verificou-se que as mudas de mirindiba se adaptaram melhor à irrigação com maior volume de água (L2 e L3). A partir dos 180 dias de medição, a média do número de folhas quase dobrou, passando de 35,07 para 65,3, para todos os tratamentos. Araújo & Paiva (2011) afirmam que o número de folhas é um fator muito importante para o desenvolvimento de uma planta, visto que a energia que a planta necessita é obtida da fotossíntese realizada pelas folhas. As folhagens são também fonte de auxina e cofatores de enraizamento que contribuem para a produção de novos tecidos, como as raízes.

As maiores médias de MSR foram observadas nos tratamentos S3, S4 e S5, sendo que não houve diferença entre si, enquanto as menores produções de MSR foram verificadas em S1 (Tabela 3). Para a produção de MSPA, S5 foi o melhor tratamento, seguido por S3 e S4. Em relação às lâminas de água, não houve variância significativa de matéria seca das raízes entre as 3 lâminas testadas, diferente da parte aérea, onde a L3 apresentou maior valor de biomassa, seguido de L2. Para o IQD valores superiores foram obtidos em S3,

S4 e S5 para as 3 lâminas de água testadas, variando de 0,09 a 0,15 (Tabela 4). Semelhante a este estudo, Siqueira et al. (2018), estudando diferentes proporções de LEC em mudas de mirindiba rosa (*Lafoensia glyptocarpa*), obtiveram maiores médias de área foliar no substrato contendo 100% LEC. A maior área foliar também contribuiu para maior acúmulo de MSPA das mudas. Ainda, segundo os autores, esse resultado está associado ao maior teor de N presente no LEC. Segundo Gomes et al. (2002), quanto maiores forem os valores da massa seca, mais rústicas e lignificadas serão as mudas, obtendo-se maior rendimento em campo, uma vez que suas chances de sobrevivência serão maiores e maior será sua produtividade, independente de sua altura (Gomes & Paiva, 2006). Assim, pode-se afirmar que para este trabalho, as mudas produzidas em formulações contendo LEC apresentam maior probabilidade de sobrevivência em campo.

Tabela 3. Massa seca das raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de mudas de mirindiba sob diferentes tipos de substrato (S) e lâmina de água (L).

Table 3. Roots dry mass (MSR) and shoot dry mass (MSPA) of mirindiba seedlings under different types of substrate (S) and water blades (L).

	MSR (g)	MSPA (g)
S	5,38**	21,74**
S1	0,09b	0,12c
S2	0,21ab	0,43b
S3	0,26a	0,61ab
S4	0,31a	0,47ab
S5	0,28a	0,65 ^a
DMS	0,16	0,19
CV	55,99	33,70
L	0,80ns	3,40*
L1	0,24a	0,37b
L2	0,21a	0,46ab
L3	0,24a	0,53 ^a
DMS	0,07	0,14
CV	42,54	40,72
Inter A x L	0,56ns	0,59ns

S1 = 100% substrato comercial (SC); S2 = 75% SC + 25% lodo de esgoto compostado (LEC); S3 = 50% SC + 50% LEC; S4 = 75% LEC + 25% SC; S5 = 100% LEC; L1 = 17 mm, 6 min ao dia; L2 = 25,5 mm, 9 min ao dia; L3 = 34 mm, 12 min ao dia; DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação. Valores seguidos de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 4. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de mirindiba submetidas a diferentes substratos (S) e lâminas de água (L).

Table 4. Dickson Quality Index (IQD) for mirindiba seedlings on different substrates (S) and water blades (L).

	L1	L2	L3
S1	0,04b	0,03b	0,02b
S2	0,07ab	0,08ab	0,09ab
S3	0,10a	0,11a	0,13a
S4	0,09a	0,13a	0,13a
S5	0,11a	0,14a	0,15a

S1 = 100% substrato comercial (SC); S2 = 75% SC + 25% lodo de esgoto compostado (LEC); S3 = 50% SC + 50% LEC; S4 = 75% LEC + 25% SC; S5 = 100% LEC; L1 = 17 mm, 6 min ao dia; L2 = 25,5 mm, 9 min ao dia; L3 = 34 mm, 12 min ao dia. Valores seguidos de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores de IQD foram superiores para S5 nas 3 diferentes lâminas. A L3 apresentou o maior valor (0,15), o que mostra a grande eficiência do LEC quando aplicado isoladamente. Fonseca et al. (2002) mostraram que esse parâmetro é um eficiente indicador de qualidade, visto que considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda. Estudando os resultados de várias características importantes empregadas para avaliação de qualidade da muda, Faria et al. (2013) obtiveram resultados relativamente diferentes a esse estudo com mudas de fedegoso gigante (*Senna alata*), quando os tratamentos com 100% LEC e SC apresentaram médias estatisticamente semelhantes para o IQD (médias de 0,15 e 0,16, respectivamente).

O maior acúmulo de MSPA pode ser explicado pelo melhor desenvolvimento foliar nas lâminas de água L2 e L3, não havendo diferença significativa entre si. Dessa forma, é possível afirmar que o produtor pode optar pela lâmina L2, com irrigação de 25,5 mm, 9 min ao dia, sem afetar a qualidade das mudas de mirindiba.

Conclusões

A adição do lodo de esgoto compostado (LEC) em substrato comercial (SC) influenciou de forma positiva o desenvolvimento da mirindiba com as combinações S2 (75% SC + 25% LEC) e S3 (50% SC + 50% LEC). Segundo o índice de qualidade de Dickson, sugere-se o uso de 100% LEC com irrigação pela L2 (25,5 mm, 9 min ao dia).

Agradecimentos

Ao viveiro Aciflora (Bauru, SP) pelas facilidades concedidas e aos revisores que contribuíram para a qualidade do manuscrito.

Referências

- Araújo, A. P. & Paiva S. P. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 581-588, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400001>.
- Barbosa, G. M. C. et al. Efeito residual de lodo de esgoto na produtividade de milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 601-605, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000300020>.
- Barbosa, J. C. & Maldonado Júnior, W. **Software AgroEstat**: sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2016.
- Caldeira, M. V. W. et al. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100004>.
- Delarmelina, W. M. et al. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Agro@mbiente**, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i2.888>.
- Dickson, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 11-13, 1960.
- Faria, J. C. T. et al. Uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxb. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 3, p. 133-146, 2013. <https://doi.org/10.5902/2316980X14754>.
- Fonseca, E. P. et al. 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. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>.
- Gomes, J. M. & Paiva, H. N. **Viveiros florestais**: propagação sexuada. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- Gomes, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>.
- Gonçalves, E. O. et al. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 339-348, 2014. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.029213>.
- Köppen, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479 p.
- Leila, S. et al. Fertilization value of municipal sewage sludge for *Eucalyptus camaldulensis* plants. **Biotechnology Reports**, v. 13, p. 8-12, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2016.12.001>.

Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 576 p.

Morgado, B. et al. Growth of *Cecropia hololeuca* in water blades and substrates formulated with sewage sludge. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, p.1-10, 2020. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2020.3174>.

Raij, B. V. et al. **Análise química para avaliação e fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

Santana, L. et al. Desenvolvimento de mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* a. St.-Hill) mediante diferentes substratos e lâminas. **Revista do Instituto Florestal**, v. 31, p.147 - 156, 2019.

Siqueira, D. P. et al. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 277-284, 2018. <https://doi.org/10.5380/rf.v48i2.55795>.