

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE DEDALEIRO (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.) MEDIANTE DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO¹

DEVELOPMENT OF DEDALEIRO (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.) SEEDLINGS USING DIFFERENT SUBSTRATES AND IRRIGATION DEPTHS

Lucas Oliveira SANTANA²; Francineide Morais de ARAÚJO³; Flávia Luiza Pereira de SOUZA⁴; Mateus de Campos LEME⁴; Thiago Philipe de Carmargo e TIMO⁵; Thomaz Figueiredo LOBO⁶; Marcos Vinicius Bohrer Monteiro SIQUEIRA^{3,7}

RESUMO - *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. é uma espécie arbórea com grande valor econômico, ambiental e com alto potencial no mercado florestal. Pertence à família Lythraceae, conhecida como dedaleiro. É utilizada para fins medicinais, construção civil, produtos madeireiros, arborização urbana e reflorestamento de áreas degradadas. Assim, a pesquisa teve como objetivo analisar a resposta da espécie a tratamentos com lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de água. No experimento com 480 plântulas foram utilizados 5 tratamentos: T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial), cada qual com 4 repetições e 3 lâminas de irrigação, sendo elas, 10 L dia⁻¹, 20 L dia⁻¹ e 30 L dia⁻¹. Para avaliação foram utilizados parâmetros biométricos como altura, diâmetro do colo, número de folhas, massa seca total, Índice de Qualidade de Dickson e a relação altura-diâmetro do colo. Os dados obtidos mostraram que o substrato com lodo de esgoto compostado puro apresentou desenvolvimento superior em relação aos demais tratamentos mediante a lâmina de 10 L dia⁻¹.

Palavras-chave: Lodo de esgoto compostado; parâmetros biométricos; reflorestamento.

ABSTRACT - *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. is a tree species with high economic and environmental value, and potential in the forest market. It belongs to the Lythraceae family, known as the dedaleiro. It is used for medicinal purposes, construction, timber products, urban afforestation and reforestation of degraded areas. Thus, the research aims to analyze the response of the species to treatments with composted sewage sludge and distinct irrigation depths. In the experiment with 480 seedlings 5 treatments were used: T1 (100% Commercial Substrate); T2 (100% Composted Sludge); T3 (75% Commercial Substrate + 25% Composted Sludge); T4 (75% Composted Sludge + 25% Commercial Substrate) and T5 (50% Composted Sludge + 50% Commercial Substrate), each with 4 replications. The treatments were submitted to 3 irrigation depths, 10 L day⁻¹, 20 L day⁻¹ e 30 L day⁻¹. Biometric parameters such as height, stem diameter, number of leaves, dry mass, Dickson Quality Index and height-diameter ratio were used for evaluation. The seedling treated with 100% sewage sludge showed superior development in relation to the other treatments by means of 10 L day⁻¹.

Keywords: Sewage sludge; biometric parameters; reforestation.

¹ Recebido para análise em 26.08.2019. Aceito para publicação em 04.12.2019.

² Universidade do Sagrado Coração - USC, Rua Irmã Arminda, 10-50, 17011-160, Bauru, SP, Brasil. Bolsista de Iniciação Científica - CAPES.

³ Universidade do Sagrado Coração - USC, Rua Irmã Arminda, 10-50, 17011-160, Bauru, SP, Brasil.

⁴ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Departamento de Engenharia Rural, Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura, Av. Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil.

⁵ C&T Assessoria e Consultoria Ambiental, Rua Durval da Rocha Reis, 215, 18209-205, Itapetininga, SP, Brasil.

⁶ Faculdade Paulista, Av. Santo Inácio, 1089, 17420-000, Lupércio, SP, Brasil.

⁷ Autor para correspondência: Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira – mvbsiqueira@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Lafoensia pacari A.St.-Hil., popularmente conhecida como dedaleiro, é uma espécie arbórea, pertence à família Lythaceae, nativa do Cerrado e de algumas florestas de altitude (Lorenzi, 2002). O dedaleiro pode atingir até os 18m de altura e seu período de floração vai de outubro a dezembro. A espécie possui grande valor econômico, por apresentar diversas aplicações. Utilizado para projetos de reflorestamento e restauração de áreas degradadas, pode ser indicado para arborização urbana, a madeira para a construção civil e indústria, e a casca e folha para fins medicinais (Lorenzi, 2002; Carvalho, 2003).

Para obter sucesso no processo de crescimento e qualidade fisiológica da muda para plantio em campo, é importante observar alguns fatores, como a procedência do genótipo, a irrigação adequada e o uso de um substrato de qualidade (Cunha et al., 2006). A irrigação é um fator essencial no desenvolvimento da muda, e segundo Bernardo et al. (2006), deve ser considerada como parte de um conjunto de técnicas de manejo, visto que em doses excessivas ou reduzidas pode ter efeitos negativos no desenvolvimento da planta. Entretanto, se fornecida na quantidade e momento adequado, pode estimular em até 200% o seu desenvolvimento (Gonzaga Neto, 2000).

Devido à importância na produção em larga escala, é necessário conhecer a lâmina de água mais adequada para cada espécie, para que assim o produtor alcance o potencial máximo da muda, com uma menor quantidade de água, e consequentemente evitando desperdícios no manejo.

Assim como a irrigação, o uso do substrato é importante para a muda, porque servirá de base para a germinação inicial, desenvolvimento aéreo e radicular. Este deve apresentar teores de macro e microporosidade adequado para a espécie, visto que o substrato irá determinar a aeração, drenagem, retenção e disponibilidade de água e nutrientes (Oliveira et al., 2016). Importante também é o controle do pH do substrato, para não gerar a indisponibilidade de nutrientes essenciais e o aumento de infecções de alguns patógenos (Waller e Wilson, 1984).

Para composição do substrato, muitos produtores e empresas preferem adequar seu próprio manejo nutricional via fertilizantes químicos, no

entanto, o ideal seria o uso de compostos com alto teor de matéria orgânica, de baixo custo, que auxiliem diretamente na agregação de partículas e indiretamente na melhora da porosidade, aeração, infiltração e armazenamento de água no solo (Castro et al., 2014). Para a escolha do substrato, é necessário verificar a disponibilidade e custo do material a ser utilizado, características físicas e químicas, condições de produção e a espécie (Backes, 1989).

O lodo de esgoto é um dos principais poluidores de mananciais hídricos (Jonsson e Maia, 2007) sendo esta uma importante razão de ser tratado corretamente (Ceoloto, 2007). A compostagem é uma das alternativas mais sustentáveis e seguras para o tratamento deste resíduo (Maas, 2010). Realizado de forma eficiente, a compostagem do lodo de esgoto apresenta alta eficiência na eliminação de patógenos e gera resíduo de alta qualidade agrônômica (Aisse et al., 2000), que se enquadra nos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA nº 375/2006 (Brasil, 2006), tornando o composto apto para o uso florestal. O trabalho teve como objetivo analisar a resposta do dedaleiro ao lodo de esgoto compostado em relação ao substrato comercial, mediante diferentes lâminas de irrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O experimento foi conduzido no viveiro de Muda Brasil, localizado na Avenida Paulino Prata no município de Bauru, São Paulo.

Segundo a classificação de Koppen (Alvares et al., 2013), o clima da região é tropical de savana, tipo Aw, com uma média de precipitação anual de 1.331 mm.

2.2 Montagem do experimento

A espécie arbórea nativa utilizada foi o dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.). As sementes foram obtidas de diferentes matrizes com pelo menos 500 m de distância do viveiro. Foi realizado na sequência a quebra de dormência das sementes com água a 100 °C durante 1 min. (Floriano, 2004).

As sementes foram distribuídas em 4 bandejas de 200 células contendo substrato

comercial, cobertas com vermiculita e guardadas na casa de vegetação para posterior germinação.

Após a emergência das plântulas de aproximadamente 1,5 cm em um mês após a semeadura, foi realizada a seleção e repicagem, e posteriormente a transferência para os tubetes de 120 cm³.

Para o experimento foram utilizadas 480 plântulas, dispostas em bancadas e separadas em blocos casualizados de acordo com a lâmina de irrigação e substrato, cobertas com uma tela de sombreamento de 50% durante todo o ciclo de produção da muda. Cada bandeja foi considerada um bloco, na qual continha os cinco tratamentos secundários (diferentes misturas de substratos). Esses blocos foram repetidos 4 vezes por lâmina de água (tratamento principal).

2.3 Irrigação

A irrigação foi realizada por microaspersores tipo *Fog*, com bicos do modelo *mist*, com vazão de 120 L h⁻¹ e separados em três diferentes lâminas: L1 – 5 minutos de irrigação (9 mm); L2 – 10 minutos de irrigação (18 mm); L3 – 15 minutos de irrigação (27 mm); sendo cada lâmina submetida a quatro irrigações ao dia.

2.4 Substrato

Os substratos utilizados foram o *Carolina Soil Florestal*[®], identificado como substrato comercial (composição segundo o fabricante: turfa de *Sphagno*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada, e traços de NPK, calcário dolomítico e gesso agrícola) e o composto orgânico Terafertil, identificado como substrato de lodo de esgoto compostado (lodo de esgoto + bagaço de cana), fornecido pela empresa Tera Ambiental do município de Jundiaí-SP. A partir dos dois substratos foram formulados cinco tratamentos - T1: 100% substrato comercial, T2: 100% substrato de lodo de esgoto compostado, T3: 75% substrato comercial + 25% substrato de lodo de esgoto compostado, T4: 75% substrato de lodo de esgoto compostado + 25% substrato comercial e T5: 50% substrato de lodo de esgoto compostado + 50% substrato comercial.

O experimento foi realizado em parcelas subdivididas, sendo a parcela principal as lâminas de água e as parcelas secundárias, os tipos e misturas de substratos com quatro repetições.

As características físicas e químicas do substrato foram caracterizadas obtendo-se os valores de macro e microporosidade, porosidade total, retenção de água, pH e condutividade elétrica (Tabela 1).

Tabela 1. Análises físicas e químicas dos substratos, uma inicial e uma ao final do experimento de acordo com o tratamento.

Table 1. Physical and chemical analyzes of the substrates, one initial and one at the end of experiment according to the treatment.

Tratamentos	Macroporos (%)	Microporos (%)	Porosidade total (%)	Retenção de água (ml/cm ³)	pH (1/5)	Condutividade elétrica (1/5)
Início do experimento						
T1	30,46	46,89	77,35	24,37	6,48	0,17
T2	12,07	59,92	71,98	31,13	7,34	0,43
T3	26,13	54,04	80,17	28,08	7,11	0,67
T4	20,16	58,33	78,49	30,43	7,34	0,15
T5	13,31	62,98	76,29	32,8	7,31	0,97
Final do experimento						
T1	34,64	50,87	85,31	26,43	6,88	0,09
T2	20,69	57,79	78,47	30,1	6,9	0,13
T3	32,95	51,67	84,62	26,84	7	0,1
T4	31,14	52,87	84,01	27,58	7,08	0,08
T5	32,99	51,88	84,87	27,04	7,05	0,09

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial).

Foram realizadas duas análises físicas, uma no início e outra no término do experimento na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, Fazenda Lageado.

2.5 Parâmetros para Avaliação

Na avaliação das mudas foram medidos os parâmetros biométricos Altura da planta (H) e Diâmetro do colo (D). Além disso, foi avaliada a produção de massa seca da parte aérea e da raiz, aplicação do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e a relação entre altura e diâmetro de colo.

Para as análises biométricas foram realizadas 9 medições quinzenais com uso de um paquímetro e uma régua, iniciando-se 15 dias após o transplante para o tubetes e posteriormente uma medição final, aos 90 dias após repicagem, antes de cortar as mudas para pesagem da massa seca. Esta foi realizada com auxílio de uma balança eletrônica, após um período de 72 horas em uma estufa de circulação forçada a 60 °C.

Os dados foram submetidos à análise de variância, onde as médias de relação entre H/D, Índice de Qualidade de Dickson e a massa seca da parte aérea e raiz foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) por meio do software ASSISTAT 7.7. As medições de altura também foram analisadas a partir da plataforma R, pelo Teorema de Bayes, que deriva das definições de probabilidade condicional (Bolker, 2008; Link e Barker, 2009; Kruschke, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura de Mudas

Os substratos formulados com lodo de esgoto compostado obtiveram melhores resultados em altura, porém com diferentes exigências hídricas. Inicialmente, entre 15 e 30 dias, o melhor tratamento observado foi em T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ e T5 (50% Lodo Compostado

+ 50% Substrato Comercial) com 20 e 30 L dia⁻¹. Entre 45 e 60 dias, o T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) com 10 e 20 L dia⁻¹ apresentaram melhores resultados em altura. Entretanto, após os 75 dias, o T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹ apresentou as maiores médias. Na medição final, após 90 dias, o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ apresentou maior altura, seguindo-se de T2 (100% Lodo Compostado) e T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹, entretanto, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Com o uso do substrato de lodo de esgoto compostado puro, obteve-se uma menor exigência hídrica e com o aumento da lâmina de água houve um decréscimo no desenvolvimento das mudas. O mesmo ocorreu com o substrato comercial, que apresentou um decréscimo superior ao lodo de esgoto compostado, com o aumento da quantidade de água.

Entretanto, o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) apresentou maior desenvolvimento com o aumento da quantidade de água, onde apresentou a maior média de altura. O T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial), sofreram pouca interferência das lâminas de irrigação, com pouca variação de valores médios e não apresentaram diferença estatística entre si.

A altura das mudas é um fator essencial para indicar a qualidade do substrato, irrigação e outras técnicas de produção de mudas (Oliveira et al., 2010). Segundo Gonçalves e Benedett (2000), a altura ideal de uma muda de qualidade deve variar de 20 a 35 cm, e dentre os tratamentos os únicos que não se enquadraram dentro deste parâmetro foi o T1 (100% Substrato Comercial) em 20 e 30 L dia⁻¹ e o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ após os 120 dias, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Altura e diâmetro final das mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St-Hil.) agrupado por lâminas de irrigação (Lam.) e tratamento.Table 2. Height and diameter of the dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St-Hil.) seedlings grouped by irrigation depths (Lam.) and treatment.

	ALTURA (cm)			DIÂMETRO (cm)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T1	19,02aA	7,7bB	11,63bB	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T2	20,55aA	11,33bB	13,71bB	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T3	19,09aA	16,27aA	19,26aA	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T4	14,30bB	18,12aAB	19,81aA	0,3aA	0,3aA	0,3aA
T5	10,68bC	15,50aB	19,92aA	0,2bA	0,2bA	0,2bA

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). L1 = 10 L dia⁻¹, L2 = 20 L dia⁻¹ e L3 = 30 L dia⁻¹. As letras minúsculas diferem do substrato (coluna) e as maiúsculas diferem das lâminas de água (linha). As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey 0,5% de probabilidade. Valores significativos a 5%.

No estudo de Paiva et al. (2009) avaliando o desenvolvimento das espécies de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*), cabreúva-vermelha (*Myroxylon peruiferum*), pau-de-viola (*Citharexylum myrianthum*) e unha-de-vaca (*Bauhinia forficata*) sob adubação orgânica e mineral os autores concluíram que a aplicação do substrato de lodo de esgoto compostado se equiparou a fertilização mineral para a nutrição das mudas. No entanto, Scheer et al. (2010) avaliando o desenvolvimento das mudas de angico-gurucuia (*Parapiptadenia rigida*) observaram que o composto de lodo puro proporcionou uma nutrição as plantas, superior ao substrato comercial, embora a nutrição complementar tenha melhorado a condição da espécie.

Avaliando o dedaleiro com um substrato a base de lodo de esgoto compostado, Scheer et al. (2012) concluíram que a espécie tem melhor desenvolvimento com o lodo de esgoto, com valores superiores ao substrato comercial, embora o estudo sugira o uso de fertilização mineral complementar das mudas. Entretanto, no presente estudo, o dedaleiro não apresentou diferença significativa com a interação do substrato de lodo de esgoto compostado em consórcio com o mineral.

A interação entre o substrato a base de lodo compostado e o comercial proporcionou maior resistência das mudas ao excesso de água, como é representado em T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 30 L dia⁻¹, tendo o mesmo desenvolvimento que T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) na 10 L dia⁻¹, assim

como o T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial), que não diferiram entre as lâminas de água.

3.2 Diâmetro de Colo

Os diâmetros de colo das mudas de dedaleiro não apresentaram diferenças até a terceira medição (Tabela 2). Entre os 60 e 90 dias, a irrigação de 10 L dia⁻¹ apresentou as maiores médias em T1 (100% Substrato Comercial), T2 (100% Lodo Compostado) e T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado), porém a partir dos 105 dias até a medição final, o T2 (100% Lodo Compostado) apresentou o maior diâmetro.

Para a irrigação de 20 L dia⁻¹, até aos 75 dias, o T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) obteve maior diâmetro. Posteriormente, entre os 90 e 105 dias, o T2 (100% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) apresentaram os melhores resultados, e nas medições finais o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) apresentou maior valor de diâmetro de coleta. Na irrigação 30 L dia⁻¹, os melhores resultados foram apresentados em T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) e T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) durante as medições, com exceção dos 105 dias onde o T1 (100% Substrato Comercial) apresentou um valor de

diâmetro superior. Na medição final, o maior valor de diâmetro de coleto foi obtido no T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹.

O diâmetro de coleto é uma característica morfológica de fácil mensuração e de grande importância para a sobrevivência da muda em campo, visto que está relacionada com a resistência da planta (Carneiro, 1995). Segundo Gomes e Paiva (2006) o diâmetro de colo e altura de plantas são os melhores indicadores da qualidade da muda, um maior diâmetro apresenta maior equilíbrio em seu crescimento e maior rusticidade.

Delarmelina et al. (2013) avaliando o desenvolvimento de mudas de cambaí-amarelo (*Sesbania virgata*) com substrato de lodo de esgoto compostado, obtiveram valores superiores em diâmetro de colo com o substrato de lodo de esgoto compostado, assim como Scheer et al.

(2010) avaliando mudas de angico-gurucaia (*Parapiptadenia rigida*), corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

3.3 Massa Seca

Conforme apresentado na Tabela 3, na massa seca da parte aérea os melhores resultados foram obtidos em T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹ e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 30 L dia⁻¹, porém sem diferença estatística entre si. Entretanto, Lopes et al. (2007) avaliando o desenvolvimento de mudas de eucalipto e Martins et al. (2010) em plantas jovens de nim (*Azadirachta indica*), relataram que houve um aumento proporcional da massa seca da parte aérea com a quantidade de água fornecida às mudas.

Tabela 3. Massa seca das mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.).

Table 3. Dry matter of the dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.) seedlings.

	Massa seca aérea (g)			Massa seca radicular (g)			Massa total (g)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T1	3,98 abA	0,84 bB	0,51 bB	3,68 aA	0,80 bB	0,66 bB	7,66 aA	1,63 bB	1,17 bB
T2	5,16 aA	3,53 aA	3,83 aA	4,21 aA	3,23 aA	3,43 aA	9,38 aA	6,75 aA	7,27 aA
T3	4,86 aA	3,63 aA	3,89 aA	4,01 aA	3,45 aA	4,02 aA	8,87 aA	7,09 aA	7,92 aA
T4	4,57 aA	3,35 aA	4,94 aA	3,45 aAB	2,71 aB	4,54 aA	8,04 aAB	6,07 aB	9,11 aA
T5	1,81 bB	2,27 abA	5,50 aA	1,65 bB	2,31 abB	4,61 aA	3,46 bB	4,58 abB	10,11 aA

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). L1 = 10 L dia⁻¹, L2 = 20 L dia⁻¹ e L3 = 30 L dia⁻¹. As letras minúsculas diferem do substrato (coluna) e as maiúsculas diferem das lâminas de água (linha). As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey 0,5% de probabilidade. Valores significativos a 5%.

No presente trabalho, apenas em T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) mostrou aumento de massa seca conforme aumentou a lâmina de irrigação, nos outros três tratamentos houve decréscimo no desenvolvimento das mudas.

A massa seca da parte aérea, segundo Gomes e Paiva (2006), é um indicador de rusticidade da muda, sendo que maiores valores representam mudas mais rústicas, o que prepara a muda para as adversidades que pode encontrar

no campo. Peroni (2012) verificou que utilizar substrato comercial com doses abaixo de 40% de lodo de esgoto compostado para mudas de *Eucalyptus grandis* pode ser prejudicial para o desenvolvimento desta espécie.

A irrigação que utilizou 10 litros de água dia⁻¹ o substrato com 50% de lodo de esgoto obteve uma menor produção de massa seca comparando com os outros substratos. Quando foram utilizados 20 e 30 litros de água dia⁻¹ o substrato comercial produziu menos quantidade de matéria seca que os outros substratos testados.

Nas plantas que foram utilizados 100% e 25% de lodo de esgoto compostado não houve interferência da produção de massa seca em função do aumento da lâmina de água.

O substrato comercial apresentou maior produção de matéria seca na menor quantidade de água utilizada neste experimento (10 L dia⁻¹).

As mudas que utilizaram 50 e 75% de lodo compostado obtiveram maior produção de massa seca na maior lâmina de água utilizada.

Paiva et al. (2009) avaliando algumas espécies nativas observaram que com o uso do lodo de esgoto compostado em relação ao comercial, a aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*), pau-de-viola (*Citharexylum myrianthum*) e unha-de-vaca (*Bauhinia forficata*) apresentaram resultados similares ao presente estudo, no entanto, os autores observaram que a cabreúva vermelha (*Myroxylon peruiferum*) apresentou um desenvolvimento superior com o lodo de esgoto compostado e com potencial de aumentar sua produtividade com uma dose maior, desde que incrementada com potássio.

A partir do aumento da lâmina de água, verificou-se a diminuição da produção de matéria seca na planta com o uso de substrato comercial (Tabela 2). Com o uso de substrato comercial apresenta uma menor carga negativa, retém uma menor quantidade de nutrientes. Com o aumento da quantidade de água, provocou-se uma maior lixiviação desses nutrientes. No lodo de esgoto compostado, não houve diferença significativa entre as lâminas.

Analisando a massa seca radicular, os melhores resultados foram obtidos em T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com irrigação de 30 L dia⁻¹, seguido de T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹, porém sem diferença estatística entre si. Para a massa seca total, os melhores resultados foram obtidos no T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 30 L dia⁻¹, seguido de T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹.

As raízes necessitam de um substrato bem aerado para circulação do oxigênio e assim garantir seu processo de respiração e absorção de nutrientes (Nogueira et al., 2012). Apesar do lodo de esgoto compostado possuir menor porcentagem de macroporo em relação ao substrato comercial, as mudas apresentaram maior desenvolvimento com sua presença.

Cabral (2004) e Nascimento et al. (2011) obtiveram redução de biomassa total com a redução da irrigação. No presente estudo isto ocorre apenas com o T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). O T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado) e o T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) não apresentaram diferenças estatísticas e o T2 (100% Lodo Compostado) apresentou um decréscimo em seu desenvolvimento.

3.4 Índice de Qualidade de Dickson

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador de qualidade de mudas. Considera em seu cálculo a robustez, o equilíbrio da distribuição de biomassa, fatores como biomassa aérea e da raiz, altura e diâmetro de colo (Fonseca et al., 2002).

Para sua obtenção, leva-se em consideração a Produção da Massa Seca Total (PMST), Produção da Massa Seca Aérea (PMSPA), Produção da Massa Seca Radicular (PMSPR), a Altura (H) e o Diâmetro de Colo das plantas (DC) (Dickson et al., 1960) e tem sido o mais utilizado para avaliar a qualidade de mudas por meio da fórmula $IQD = \frac{PMST(g)}{[H(cm)/DC(mm)]} + \frac{PMSPA(g)}{PMSR(g)}$.

Conforme a Tabela 4, o maior valor de IQD foi obtido no T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹, seguido de T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) em L3, e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) também em L3. Entretanto todos ficaram acima de 0,2, o valor mínimo indicado por Hunt (1990).

Tabela 4. Relação entre Altura (H) e Diâmetro do colo (D) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.).

Table 4. Relationship between Height (H) and Stem Diameter (D) and Dickson Quality Index (QDI) in seedling of dedaleiro (*Lafoensia pacari* A.St.-Hil.).

	HxD			IQD		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T1	5,58	3,62	3,93	0,55	0,26	0,22
T2	4,64	6,58	7,74	0,66	0,5	0,49
T3	5,25	5,94	5,62	0,62	0,54	0,57
T4	6,7	6,23	5,59	0,54	0,49	0,65
T5	3,63	5,63	5,89	0,4	0,45	0,63

T1 (100% Substrato Comercial); T2 (100% Lodo Compostado); T3 (75% Substrato Comercial + 25% Lodo Compostado); T4 (75% Lodo Compostado + 25% Substrato Comercial) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial). L1 = 10 L dia⁻¹, L2 = 20 L dia⁻¹ e L3 = 30 L dia⁻¹. Valores significativos a 5%.

A relação entre altura da muda e diâmetro de colo pode revelar a qualidade da muda em qualquer estágio do seu desenvolvimento (Carneiro, 1995), indica as reservas da muda, assegura maior resistência em campo e melhor fixação no solo (Sturion e Antunes, 2000). Segundo Campos e Uchida (2002), essa relação demonstra que uma relação menor entre altura e diâmetro de colo implica em mudas mais resistentes.

As menores relações de altura da muda e diâmetro de colo foram obtidas em T2 (100% Lodo Compostado) e T5 (50% Lodo Compostado + 50% Substrato Comercial) com 10 L dia⁻¹ e T1 (100% Substrato Comercial) nas irrigações de 20 e 30 L dia⁻¹, entretanto, com exceção de T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹, essas relações obtiveram valores baixos para altura e altos para o diâmetro de colo. Assim, o T2 (100% Lodo Compostado) com 10 L dia⁻¹ apresentou maior altura e diâmetro.

4 CONCLUSÃO

O lodo de esgoto compostado trouxe efeitos benéficos para o desenvolvimento do dedaleiro. O uso do substrato com lodo de esgoto compostado puro apresentou melhor eficiência para os parâmetros analisados em relação aos demais para tratamentos mediante a lâmina de 10 L dia⁻¹.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Viveiro Mudas Brasil, à Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva e ao técnico Cláudio Roberto Ribeiro da Silva (UNESP - Botucatu), ao CNPq pela bolsa concedida ao primeiro autor e aos três anônimos revisores pelas importantes sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M.M. et al. Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbio compartimentado sequencial no tratamento de esgoto sanitário. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.1-9.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BACKES, M.A. **Composto do lixo urbano como substrato de plantar ornamentais**. 1989. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

- BOLKER, B. M. **Ecological Models and Data in R**. 1. ed. Princeton: Princeton University Press, 2008. 408 p.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 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, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- CABRAL, E.L. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Marsh) Benth. & Hook. F. ex s. Moore submetida a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995. 451 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1039 p. il. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).
- CASTRO, L.H.S et al. Composição do substrato e parâmetros fisiológicos de crescimento de mudas de Guapuruvú (*Schizolobium parahyba* Vell. Blake). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 70-75, 2014.
- CEOLATO, L.C. **Lodo de esgoto líquido na disponibilidade de nutrientes e alterações dos atributos químicos de um argissolo**. 2007. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.
- CUNHA, A.M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DELARMELINA, W.M. et al. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (CAV.) Pers. **Revista Agro@ambiente online**, v. 7, n. 2, p. 179-183, 2013.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960.
- FLORIANO, E.P. **Germinação e dormência de sementes florestais**. Caderno Didático, 2004. n. 2, 19 p.
- 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.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2006. 116 p.
- GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETT, V. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETT, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. **Revista dos Agrônomos**, v.3, n.1, p. 14-20, 2000.
- HUNT, G.A. Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings. In: MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture Forest Service, 1990. p. 218-222.
- JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N. Avaliação da toxicidade do lodo de esgoto de duas estações de tratamento para o invertebrado aquático *Daphnia similis*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 17, p. 1-8, 2007.
- KRUSCHKE, J. **Doing Bayesian Data Analysis: a Tutorial with R, JAGS, and Stan**. 2. ed. London, UK: Elsevier Science, 2014. 759 p.
- LINK, W.A.; BARKER, R.J. **Bayesian Inference: with ecological applications**. [s.l.]: Elsevier Science, 2009. 354 p.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.

MAAS, K.D.B. **Biossólido como substrato na produção de mudas de Timburi**. 2010. 45 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MARTINS, M.O. et al. Crescimento de plantas de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

NASCIMENTO, H.H.C. et al. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenae courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.

NOGUEIRA, N.W. et al. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth em função de diferentes substratos. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 1, p. 17-24, 2012.

OLIVEIRA, G.N.; TEIXEIRA, L.A.F.; DAVIDE, A.C. Desenvolvimento de mudas de ipê branco, açoita cavalo, ipê roxo, caroba e vinhático em viveiro. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA, 19., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras, 2010.

OLIVEIRA, M.C. et al. **Manual de viveiro e produção de mudas**: espécies arbóreas nativas do Cerrado. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.

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.

PERONI, L. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis***. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

SCHEER, M.B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K.G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SCHEER, M.B. et al. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta & Ambiente**, v. 19, p. 55-65, 2012.

STURION, J.A.; ANTUNES, B.M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: Embrapa, 2000. p. 125-150.

WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 51-58, 1984.