

Lodo de esgoto e moinha de carvão na formação de mudas de *Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart. (Lamiales: Bignoniaceae)

Daiane Rezende da Fonseca Silva, Luca Gomes Nunes, Ana Paula Leite de Lima, Sebastião Ferreira de Lima*, Izabella Fabiani Fontes dos Santos e Marcus Vinicius Vieira Borges

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. *Campus* de Chapadão do Sul. Chapadão do Sul-MS, Brasil (CEP 79560-000). *E-mail: sebastiao.lima@ufms.br.

Resumo. O lodo de esgoto e a moinha de carvão constituem dois importantes resíduos gerados pela atividade humana e que apresentam potencial para a composição de substratos utilizados na produção de mudas de diversas plantas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do lodo de esgoto e da moinha de carvão na formação de mudas de *Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart. (Lamiales: Bignoniaceae). O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando o delineamento estatístico em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em uma mistura de terra argilosa de subsolo (TE), lodo de esgoto (LE) e moinha de carvão (MC). As parcelas foram formadas por 12 tubetes, com uma muda de ipê-verde por unidade. Aos 150 dias após a semeadura foram avaliadas características de crescimento e acúmulo de biomassa seca nas raízes e parte aérea das mudas. A maior altura de muda, 3,81 cm, foi obtida no tratamento 4 (T4), com uma proporção de 50% (TE), 25% (LO) e 25% (MC). Os maiores valores para o diâmetro de caule e área foliar foram alcançados no T4 e T2 (30% TE, 30% LO e 40% MC), com médias de 3,61 mm e 147,93 cm². O comprimento e volume de raiz foram mais prejudicados com maiores proporções de LO e MC. Para as variáveis massa seca de folha, de caule, da parte aérea e da raiz, os maiores valores, 1,2772, 0,0702, 1,3474 e 1,4006 g, respectivamente, foram obtidos no T4. Concluiu-se que a utilização de lodo de esgoto e moinha de carvão influenciaram no crescimento das mudas de ipê verde. Os maiores valores de crescimento e biomassa para mudas de ipê verde foram verificados com as proporções de 25% lodo de esgoto + 25% moinha de carvão e com 30% lodo de esgoto + 40% moinha de carvão. O lodo de esgoto e a moinha de carvão podem se tornar alternativas como componentes de substrato na produção de mudas de ipê-verde.

Recebido
04/09/2020

Aceito
30/12/2020

Disponível *on line*
15/08/2022

Publicado
31/08/2022

 Acesso aberto



ORCID

 0000-0003-2583-037X
Daiane Rezende da
Fonseca Silva

 0000-0002-0007-2990
Luca Gomes Nunes

 0000-0002-6442-2734
Ana Paula Leite de
Lima

Palavras-chave: Ipê-verde; Substrato; Qualidade de muda; Fino de carvão.

Abstract. Sewage sludge and coal mill in the formation of *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (Lamiales: Bignoniaceae) seedlings. The sewage sludge and the coal mill are two important residues generated by human activity and which have potential for the composition of substrates used in the production of seedlings of several plants. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of sewage sludge and coal mill on the formation of *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (Lamiales: Bignoniaceae) seedlings. The experiment was carried out in a greenhouse, using a randomized block design, with seven treatments and four replications. The treatments consisted of a mixture of clayey subsoil (CS), sewage sludge (SL) and coal mill (CM). The plots were formed by 12 tubes, with a seedling of green ipê per unit. At 150 days after sowing, growth characteristics and accumulation of dry biomass in the roots and aerial part of the seedlings were evaluated. The highest seedling height, 3.81 cm, was obtained in treatment 4 (T4), with a proportion of 50% (CS), 25% (SL) and 25% (CM). The highest values for stem diameter and leaf area were achieved in T4 and T2 (30% CS, 30% SL and 40% CM), with averages of 3.61 mm and 147.93 cm². Root length and volume were more affected with higher proportions of SL and CM. For the variables dry mass of leaf, stem, shoot and root, the highest values, 1.2772, 0.0702, 1.3474 and 1.4006 g, respectively, were obtained in T4. It was concluded that the use of sewage sludge and coal mill influenced the growth of green ipê seedlings. The highest values of growth and biomass for seedlings of green ipê were verified with the proportions of 25% sewage sludge + 25% coal mill and with 30% sewage sludge + 40% coal mill. Sewage sludge and coal mill can become alternatives as substrate components in the production of green ipe seedlings.

Keywords: Green ipe; Substrate; Seedling quality; Fine coal.

0000-0001-5693-912X
Sebastião Ferreira de
Lima

0000-0002-2273-0309
Izabella Fabiani
Fontes dos Santos

0000-0002-5098-754X
Marcus Vinicius Vieira
Borges

Introdução

A crescente preocupação mundial com questões ambientais importantes como o aquecimento global, fez com que o Brasil compromettesse com a redução da emissão de gases de efeito estufa. Entre as ações firmadas está a restauração e reflorestamento de 12 milhões de hectares de florestas até 2030 (MMA, 2015). Para isso será necessária a produção de mudas de espécies nativas, de qualidade, para suprir a demanda destes reflorestamentos (Soares et al., 2017; Dalanhof et al., 2017). No entanto, ainda existe uma grande carência de informações silviculturais para a maioria das espécies nativas.

Uma espécie com alto potencial para ser utilizada nestes reflorestamentos é o ipê-verde *Cybistax antisyphilitica*. Pertencente à família Bignoniaceae, caracteriza-se por ser uma espécie heliófita, que ocorre naturalmente em diferentes formações florestais do Brasil (Lorenzi, 2002) e de outros países da América Latina (Araújo, 2008). Conforme Ribeiro-Oliveira et al. (2019), há classificações divergentes quanto ao grupo ecológico a que pertence, sendo classificada desde pioneira até climácica. Porém, ainda são poucos os

estudos silviculturais desenvolvidos com esta espécie. Entre eles têm-se pesquisas relacionadas ao armazenamento das sementes (Salomão et al., 2003; Freitas et al., 2011), germinação e caracterização de plântulas (Ortolani et al., 2008; Lobo et al., 2014). No entanto, quanto à produção de mudas, de acordo com Ribeiro-Oliveira et al. (2019), ainda são necessários estudos que investiguem, por exemplo, as proporções ótimas de minerais, condicionadores de substrato e o tipo de substrato para melhor desempenho das mudas em viveiro.

A principal função dos substratos é dar sustentação às mudas, tanto do ponto de vista físico como químico (Araújo e Paiva Sobrinho, 2011). Assim, o substrato pode ser formado por um determinado material ou uma mistura, desde que apresentem características favoráveis para o desenvolvimento da muda, garantido o seu estabelecimento em campo (Trazzi et al., 2012; Dalanhol et al., 2017; Brito et al., 2018). Para tanto, deve oferecer um nível adequado de fertilidade, boa capacidade de absorção de água e nutrientes, aeração e facilidade de aquisição (Hartmann et al., 2011).

Diversos materiais podem ser usados na composição do substrato para formação de mudas florestais (Delarmelina et al., 2014) e o aproveitamento de resíduos orgânicos na sua composição apresenta-se como uma alternativa ecológica, econômica e social (Abreu et al., 2018). Estes materiais são utilizados como fonte de nutrientes por melhorarem a fertilidade e contribuírem para a redução dos custos de produção de mudas, além de solucionarem problemas ambientais (Sousa et al., 2015), em razão de dar uma destinação a estes resíduos. Neste contexto, a utilização do lodo de esgoto urbano e da moinha de carvão torna-se alternativa a ser avaliada.

O lodo de esgoto é a parte sólida do esgoto, após passar por um processo de estabilização (Faria et al., 2013). Devido ao seu alto teor de nutrientes e matéria orgânica, seu uso tem se tornado promissor em projetos de recuperação de áreas degradadas e na formulação de substrato para mudas florestais, além de ser alternativa viável para a disposição final desse resíduo (Pedrosa et al., 2010; Trigueiro e Guerrini, 2014; Castro et al., 2015; Pedrosa et al., 2017). Pesquisas com a utilização do lodo para composição de substrato indicam que o seu bom desempenho na formação das mudas de espécies florestais nativas varia com a proporção utilizada e a espécie (Faria et al., 2013; Delarmelina et al., 2014; Faria et al., 2017; Siqueira et al., 2018).

A moinha ou fino de carvão é um resíduo da produção de carvão vegetal, originado a partir da pirólise da madeira, que apresenta potencial para a produção de mudas de qualidade, aumentando a taxa de sobrevivência em campo (Souchie et al., 2011). Quando utilizado na composição de substratos, é capaz de aumentar o pH, a capacidade de troca de cátions e o teor de carbono orgânico, absorver compostos orgânicos solúveis e reter água, além de servir como abrigo para microrganismos do solo (Trazzi et al., 2018). Porém, a sua eficiência na formação de mudas florestais tem mostrado resultados variáveis com a espécie, o material de origem do carvão e a proporção utilizada (Souchie et al., 2011; Freitas et al., 2014; Carvalho et al., 2018).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do lodo de esgoto e da moinha de carvão na formação de mudas do ipê-verde *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (Lamiales: Bignoniaceae).

Material e métodos

Local de estudo

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Chapadão do Sul, entre outubro de 2018 e março de 2019, em casa de vegetação com revestimento lateral em sombrite (50%) e teto com revestimento em filme plástico transparente. O local está situado nas coordenadas 18° 48' 459" S e 52° 36' 003" W e altitude de 820 m.

Delimitação estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em uma mistura de terra argilosa de subsolo (TE), lodo de esgoto (LO), proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da SANESUL, em Chapadão do Sul-MS, e moinha de carvão (MC), oriunda de carvão vegetal de eucalipto (Tabela 1). As parcelas foram formadas por 12 tubetes, com uma muda de ipê-verde por unidade.

Tabela 1. Composição dos tratamentos utilizados para produção de mudas de *C. antisiphilitica*.

Tratamentos	Composição
1	TE 20% + LO 40% + MC 40%
2	TE 30% + LO 30% + MC 40%
3	TE 40% + LO 30% + MC 30%
4	TE 50% + LO 25% + MC 25%
5	TE 60% + LO 20% + MC 20%
6	TE 70% + LO 15% + MC 15%
7	TE 50% + LO 0% + MC 50%

TE: Terra de subsolo; LO: Lodo de esgoto; MC: Moinha de carvão.

No preparo dos substratos, tanto o lodo de esgoto como a moinha de carvão, foram triturados e peneirados (malha 5 mm) e uma amostra destes dois materiais foi encaminhada para análise química (Tabela 2). Para cada substrato foi acrescido 6,0 kg m⁻³ de adubo Osmocote® (15-9-12) com liberação entre 3 e 4 meses. A homogeneização foi realizada utilizando uma betoneira. Após o preenchimento dos tubetes de polietileno (290 cm³) com os respectivos substratos, procedeu-se a semeadura, utilizando uma semente de ipê verde por recipiente.

Tabela 2. Resultados da análise química da moinha de carvão (MC) e do lodo de esgoto (LO).

Composto orgânico	pH ^{*1}	C/N ^{*2}	K ^{*3}	Corg ^{*4}	CTC ^{*5}	P ^{*6}	Ca ^{*7}
	-		%		mmolc.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	
MC	5,4	56	0,3	45,1	131	6	19
LO	5,4	8	0,3	20,8	339	1,5	10
	^{*7} Mg	^{*7} S	^{*7} Cu	^{*7} Fe	^{*7} Mn	^{*7} B	^{*7} Zn
	g.kg ⁻¹		mg.kg ⁻¹				
MC	4	2	38	8857	489	55	37
LO	2	8	493	42790	199	189	863

Métodos de extração: ^{*1}Cloreto de cálcio 0,01M; ^{*2}(-); ^{*3}Extração em H₂O; ^{*4}Oxidação por K₂Cr₂O₇; ^{*5}Extração com HCL 0,5 M; ^{*6}Citrato neutro de amônio + H₂O; ^{*7} Calcinação/extração HNO₃/HCl.

Coleta e análise dos dados

Aos 150 dias após a semeadura, no viveiro, foram realizadas as mensurações nas mudas de ipê verde: a altura total das mudas (HT), com uma régua graduada e, o diâmetro do colo (DC), utilizando um paquímetro digital. Em seguida, essas mudas foram levadas ao laboratório onde foram seccionadas em raiz, caule e folhas. As folhas foram utilizadas para obtenção da área foliar por muda, utilizando-se um medidor de área foliar CI- 203CA, da Bioscience.

As raízes foram lavadas em água corrente, para a determinação do comprimento máximo de raiz (CR) e do volume de raiz (VR) por muda. O volume de raiz foi determinado com o auxílio de uma proveta de 100 mL, a qual foi preenchida com um volume de água conhecido e, em seguida, feita a imersão do sistema radicular da muda na proveta. A variação do volume de água da proveta foi equivalente ao volume de raiz, expresso em mL.

Para a determinação da massa seca de folhas (MSF), de caule (MSC), de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR), o material foi seco em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C ± 5 °C por 48 horas, até a obtenção da massa seca constante.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. O software utilizado foi o Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

Resultados e discussão

As diferentes proporções de lodo de esgoto (LO) e moinha de carvão (MC) utilizados na composição do substrato influenciaram no desenvolvimento das mudas de ipê-verde para as características morfológicas: altura total (HT), diâmetro de colo (DC), área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), massa seca de folha (MSF), caule (MSC), parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de altura total (HT), diâmetro de colo (DC), área foliar (AF), comprimento (CR) e volume de raiz (VR) de mudas de *C. antisyphilitica* em substratos com diferentes proporções de lodo de esgoto e moinha de carvão.

Tratamento	HT	DC	AF	CR	VR
	Cm	Mm	cm ²	cm	mL
1	2,56 c	2,70 b	70,96 d	7,58 c	1,48 d
2	3,44 b	3,51 a	145,12 a	11,06 a	6,00 a
3	3,06 b	2,78 b	118,25 b	10,88 a	4,38 b
4	3,81 a	3,70 a	150,73 a	10,08 b	5,38 a
5	3,08 b	2,80 b	81,72 c	10,48 b	3,50 c
6	2,50 c	2,63 b	79,69c	10,55 b	3,38 c
7	3,31 b	2,93 b	73,34 d	11,06 a	3,63 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

A altura total alcançada pelas mudas de ipê verde, aos 150 dias após semeadura, variou de 2,50 cm a 3,81 cm (Tabela 3). Estes valores demonstram uma característica relativamente comum às espécies nativas, o lento desenvolvimento em viveiro, principalmente para as espécies climáticas e tardias (Cunha et al., 2005). Trabalhando com mudas de ipê verde com cinco meses de idade, produzidas em substrato composto por solo de cerrado, areia e vermiculita (2:1:1), crescendo em diferentes ambientes (pleno sol, sub-bosque e clareira), Freitas (2016) encontrou, após sete meses de estudo, uma altura média de 1,95 cm, 3,76 cm e 5,2 cm, respectivamente. Desta forma, as alturas obtidas no presente estudo, estão dentro do intervalo encontrado por este autor, aproximando-se daquelas observadas em condição de sub-bosque.

A maior HT média foi obtida no tratamento 4 (TE 50% + LO 25% + MC 25%), enquanto as menores HT foram encontradas nos tratamentos T1 e T6, onde as proporções de LO e MC foram de 40% e 15%, respectivamente. A diferença entre a maior e as menores

HT apontam uma redução média de 33,6% entre estes tratamentos. Este resultado demonstra que tanto as proporções mais elevadas dos resíduos (LO + MC) quanto as mais baixas, não favoreceram o crescimento em altura das mudas. Caldeira et al. (2018) avaliando a qualidade de mudas de *Aegiphila sellowiana* Cham. cultivadas em substratos com diferentes proporções de lodo de esgoto, resíduos orgânicos e vermiculita verificaram que, para o crescimento em altura, a proporção de lodo de esgoto na composição do substrato, deve ficar entre 20% e 40%.

Um fator que pode afetar o crescimento das mudas é a densidade do substrato. O aumento da densidade, provocado por altas doses de LO, está diretamente relacionado com a redução da porosidade, afetando negativamente as boas características do substrato, a exemplo da adequada proporção de ar e umidade (Caldeira et al., 2012; Tigreiro e Guerrini, 2014).

Para os parâmetros DC e AF, os maiores valores foram observados nos tratamentos 2 e 4, cujos valores médios alcançados foram de 3,61 mm e 147,93 cm², respectivamente (Tabela 3). Estes valores estão acima dos encontrados por Freitas (2016) aos 13 meses de idade, cujos valores ficaram entre 1,46 mm e 1,97 mm, em sub-bosque e pleno sol, respectivamente, enquanto a área foliar total variou entre 35 e 44 cm². Essa comparação parece indicar que, no presente estudo a composição dos substratos avaliados, de modo geral, favoreceu o crescimento das mudas de ipê verde. De acordo com Abreu et al. (2018) a maior disponibilidade de nutrientes contidos no lodo de esgoto, assim como na moinha de carvão (Souchie et al., 2011), melhora a nutrição das mudas, resultando em mudas de qualidade morfológicas superiores as produzidas sem compostos orgânicos.

Comparando os maiores e os menores valores observados (Tabela 3), verificou-se redução média de 23,3% e 51,2%, para o DC e AF, respectivamente. Segundo Delarmelina et al. (2014), o diâmetro de colo está relacionado à taxa de sobrevivência das mudas em campo. Porém, para obtenção de mudas florestais de qualidade, Gonçalves et al. (2000), consideram que esse parâmetro deve ficar entre 5 e 10 mm. No presente estudo, nenhum dos tratamentos obteve um DC dentro destes limites, indicando que, ou o intervalo proposto não se aplica à espécie *C. antisyphilitica* ou ainda que as mudas necessitam de maior tempo de permanência em viveiro para serem levadas ao campo. O que é recomendável visto a altura média (3,11 cm) alcançada neste estudo.

Quanto ao desenvolvimento das raízes (Tabela 3), verificou-se que o CR variou, em média, de 11,0 cm (T2, T3 e T7) a 7,58 cm (T1) enquanto o VR variou de 5,69 mL (T2 e T4) a 1,48 mL (T1). Esta variação representou uma redução média de 31% e 74% para o CR e o VR, respectivamente. Para Cavalcante et al. (2016), a quantidade de fotoassimilados na planta é, em geral, proporcional a sua área foliar, ou seja, mudas com maior AF após o plantio podem produzir mais fotoassimilados e com isso, apresentar maior crescimento de raízes e sobrevivência em campo. Essa afirmação está em consonância com os resultados alcançados neste estudo, onde os maiores valores de AF observados nos tratamentos 2 e 4, também proporcionaram os maiores volumes de raízes.

De modo geral, as menores médias de CR e VR foram observadas no T1, cujo substrato apresenta as maiores proporções de LO (40%) e MC (40%). As misturas destes dois resíduos em maiores proporções podem ter prejudicado a aeração do substrato e, conseqüentemente, o desenvolvimento das raízes. Para Macedo et al. (2011) uma boa aeração possibilita o crescimento adequado do sistema radicular, de forma que a planta consiga absorver água e nutrientes. Entre as características atribuídas, tanto à moinha de carvão (Trazzi et al., 2018) quanto ao lodo de esgoto (Ibrahim et al., 2019), está a capacidade de retenção de umidade. Desta forma, a alta concentração destes dois resíduos no T1 pode ter prejudicado a aeração do substrato, prejudicando o desenvolvimento das raízes refletindo, conseqüentemente, no crescimento da parte aérea.

Outro fator que pode ter interferido nestes resultados é disponibilidade de macro e micronutrientes nos materiais testados (Tabela 2). Enquanto a moinha de carvão

apresenta valores superiores para P, Ca, Mg e Mn, o lodo de esgoto expressa valores bem altos para S, Cu, Fe, B e Zn. É possível que alguns desses elementos, como Fe, B e Zn, em alta concentração, possa ter proporcionado um efeito tóxico para o crescimento das mudas. No entanto, os valores adequados de nutrientes para o crescimento de mudas de *C. antisiphilitica*, ainda não são conhecidos.

Também é possível, de acordo com Silva et al. (2014), que a maior concentração de nutrientes pode contribuir para o menor crescimento do sistema radicular das mudas, visto que as plantas minimizam o gasto energético da emissão de sistema radicular volumoso, para buscar nutrientes, uma vez que esses estão prontamente disponíveis.

Analisando a produção de biomassa por muda (Tabela 4), observou-se um comportamento semelhante entre os seus diferentes compartimentos. As maiores médias foram alcançadas, de modo geral, nos tratamentos 4 (TE 50% + LO 25% + MC 25%) e T2 (TE 30% + LO 30% + MC 40%). De modo semelhante, Abreu et al. (2017), ao avaliar o potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de ipê-roxo, também observaram as maiores médias de MSR para as mudas produzidas com 25% de LO. Segundo os autores, este resultado pode estar relacionado às características físicas dos substratos, principalmente com a maior aeração.

Tabela 4. Valores médios de massa seca de folha (MSF), caule (MSC), parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de mudas de *Cydistaxantisiphilitica* em substratos com diferentes proporções de lodo de esgoto e moinha de carvão.

Tratamento	MSF	MSC	MSPA	MSR
	g			
1	0,5308 d	0,0426 c	0,5734 d	0,2450 f
2	1,2698 a	0,0553 b	1,3251 a	1,3162 b
3	1,1455 b	0,0652 a	1,2107 b	1,2709 b
4	1,2772 a	0,0702 a	1,3474 a	1,4006 a
5	0,7036 c	0,0492 c	0,7528 c	0,7634 c
6	0,7128 c	0,0477 c	0,7605 c	0,5237 e
7	0,7250 c	0,0574 b	0,7824 c	0,5935 d

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Na produção de mudas de *Moquiniastrum polymorphum* subsp. *ceanothifolia* (Less.) Cabrera, Faria et al. (2017) verificaram que, para o melhor desenvolvimento das mudas, a proporção de lodo de esgoto no substrato deve ficar entre 20% e 60%. Porém, os autores afirmam que, embora este seja um resíduo orgânico importante na produção de mudas florestais, é necessário adicionar outros componentes ao substrato para dar equilíbrio entre a oferta de nutrientes e as condições físicas, como aeração e retenção de água. Características que estão relacionadas ao uso da moinha de carvão (Araújo et al., 2017; Trazzi et al., 2018). Conforme observado por Silva et al. (2012), substratos com maior porosidade total promovem maior MSPA e MSR.

Além da aeração do substrato, outro fator que pode explicar o melhor desenvolvimento das mudas nos tratamentos 2 e 4, cujas proporções de LO e MC variaram de 25% a 30% e de 25% a 40%, respectivamente, pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes e ao aumento da CTC dos substratos (Tabela 2), favorecendo o desenvolvimento das raízes e a resistência das mudas em fase de viveiro. A moinha de carvão apresenta grande potencial para a produção de mudas mais vigorosas, condição

recomendada para recuperação de áreas degradadas (Souchie et al., 2011). Lima et al. (2015) ao avaliarem mudas de *Magonia pubescens* A. St.-Hil. produzidas com *biochar* (MC) em conjunto com compostos orgânicos, indicaram a proporção de 30% MC como a mais eficiente. Em comparação com o presente estudo, evidencia a eficiência da mistura de LE e MC nos substratos.

Os valores de massa seca foram significativamente inferiores naqueles substratos que continham altas proporções, ou de terra de subsolo (T5 e T6) ou de lodo de esgoto e moinha de carvão (T1) e ainda, naquele que continha apenas terra e moinha de carvão (T7) (Tabela 4). Para Lima et al. (2013), a moinha de carvão não substitui de forma eficaz o uso de matéria orgânica, como esterco bovino, mas, seu uso pode ser interessante como condicionador de solo ou de substrato a longo prazo. Conforme revisto pelos autores, a moinha de carvão não é capaz de fornecer, diretamente, nutrientes às plantas, mas melhora a estrutura do solo, aumentando a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes.

Essa melhor estrutura do substrato pode explicar a MSR observada no T7 (50% de MC), que foi 2,42 vezes maior do que aquela observada no T1 (Tabela 4), que apresentava 40% de MC. Porém, a MSR do T2, que continha 40% de MC, foi 2,2 vezes maior do que aquela encontrada no T7. Isso demonstra a importância da conjugação dos dois resíduos orgânicos testados. Pois o LO, provavelmente proporcionou liberação de nutrientes para a formação do sistema radicular das mudas.

Conclusões

A utilização de lodo de esgoto e moinha de carvão influenciaram no crescimento das mudas de ipê verde.

Os maiores valores de crescimento e biomassa para mudas de ipê verde foram verificados com as proporções de 25% lodo de esgoto + 25% moinha de carvão e com 30% lodo de esgoto + 40% moinha de carvão.

O lodo de esgoto e a moinha de carvão podem se tornar alternativas como componentes de substrato na produção de mudas de ipê-verde.

Agradecimento

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelo apoio.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Abreu, A. H. M.; Leles, P. S. S.; Melo, L. A.; Oliveira, R. R.; Ferreira, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1179-1190, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830300>

Abreu, A. H. M.; Oliveira, R. R.; Abel, E. L. S.; Lima Filho, P.; Leles, P. S. S. Biossólido e substrato comercial na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201501066>

Araújo, A. P.; Paiva Sobrinho, S. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, p. 581-588, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400001>

- Araújo, E. F.; Aguiar, A. S.; Arauco, A. M. S.; Gonçalves, E. O.; Almeida, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, p. 16-23, 2017. <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>
- Araújo, R. S. **Bignoniaceae Juss. do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil**: florística, similaridade e distribuição geográfica. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. (Dissertação de mestrado).
- Brito, L. P. S.; Bezerra, T. T.; Nunes, E. M. B.; Cavalcante, M. Z. B.; Siqueira Filho, J. A. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetidas a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1022-1034, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509833385>
- Caldeira, M. V. W.; Peroni, L.; Gomes, D. R.; Delarmelina, W. M.; Trazzi, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.
- Caldeira, M. V. W.; Santos, F. E. V.; Kunz, S. H.; Klippel, V. H.; Delarmelina, W. M.; Gonçalves, E. O. Solid urban waste in the production of *Aegiphila sellowiana* Cham. seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 831-836, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n12p831-836>
- Carvalho, J. H. N.; Lima, A. P. L.; Lima, S. F. Adição de moínha de carvão e de Stimulate® na formação de mudas de *Acacia mangium*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, p. 66-74, 2018. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2126>
- Castro, A. L. F. G.; Silva, O. R.; Scalize, P. S. Cenário da disposição do lodo de esgoto: uma revisão das publicações ocorridas no Brasil de 2004 a 2014. **Multi-Science Journal**, v. 1, p. 66-73, 2015. <https://doi.org/10.33837/msj.v1i2.84>
- Cavalcante, A. L. G.; Oliveira, F. A.; Pereira, K. T. O.; Dantas, R. P.; Oliveira, M. K. T.; Cunha, R. C.; Souza, M. W. L. Desenvolvimento de mudas de mulungu fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. **Floresta**, v. 46, p. 47-55, 2016. <https://doi.org/10.5380/rf.v46i1.34888>
- Cunha, A. O.; Andrade, L. A.; Bruno, R. L. A.; Silva, J. A. L.; Souza, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, p. 507-516, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400002>
- Dalanhol, S. J.; Nogueira, A. C.; Gaiad, S.; Kratz, D. Efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg., produzidas em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 931-945, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509828665>
- Delarmelina, W. M.; Caldeira, M. V. W.; Faria, J. C. T.; Gonçalves, E. O.; Rocha, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 224-233, 2014. <https://doi.org/10.4322/loram.2014.027>
- Faria, J. C. T.; Caldeira, M. V. W.; Delarmelina, W. M.; Lacerda, L. C.; Gonçalves, E. O. Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de *Senna alata*. **Comunicata Scientiae**, v. 4, p. 342-351, 2013. <https://doi.org/10.14295/cs.v4i4.242>
- Faria, J. C. T.; Melo, L. A.; Brondani, G. E.; Delarmelina, W. M.; Silva, D. S. N.; Nieri, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquinia strumpolymorphum*. **Floresta**, v. 47, p. 523-532, 2017. <https://doi.org/10.5380/rf.v47i4.50568>

Ferreira, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Freitas, A. F.; Souza, L. A. G.; Cardoso, I. M.; Paiva, H. N. Fino de carvão vegetal em substrato para produção de mudas de *Dipteryx odorata*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, p. 31-40, 2014.

Freitas, F. M. **Respostas ecofisiológicas de *Cybistax antisyphilitica* Mart. (ipê verde) em função das alterações na intensidade de luz**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2016. (Dissertação de mestrado).

Freitas, M. N.; Santana, D. G.; Camargo, R. Conservação de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* Mart.) por armazenamento a vácuo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 142-148, 2011.

Gonçalves, J. L. M.; Santerelli, E. G.; Moraes Netto, S. P.; Manara, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 309-350.

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies, F. T.; Geneve, R. L. **Plant propagation: Principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011.

Ibrahim, J. F. O. N.; Silva Junior, I. V.; Barros, F. C.; Paez, D. R. M.; Nascentes, A. L.; Silva, L. D. B. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas e no cultivo do eucalipto (*Eucalyptus* spp). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, p. 564-579, 2019.

Lima, S. L.; Marimon-Junior, B. H.; Petter, F. A.; Tamiozzo, S.; Buck, G. B.; Marimon, B. S. Biochar as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 333-341, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.17542>

Lobo, G. A.; Santana, D. G.; Salomão, A. N.; Rehbein, L. S.; Wielewiczki, A. P. A technological approach to the morphofunctional classification of seedlings of 50 Brazilian forest species. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 87-93, 2014. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372014000100011>

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

Macedo, M. C.; Rosa, Y. B. C. J.; Rosa Júnior, E. J.; Scalon, S. P. Q.; Tatará, M. B. Produção de mudas de ipê-branco em diferentes substratos. **Cerne**, v. 17, p. 95-102, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000100011>

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. 2015. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

Ortolani, F. A.; Mataqueiro, M. F.; Moro, J. R.; Moro, F. V.; Damião Filho, C. F. Morfo-anatomia de plântulas e número cromossômico de *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (Bignoniaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, p. 345-353, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000200005>

Pedrosa, M. M.; Vieira, G. E. G.; Sousa, J. F.; Pickler, A. C.; Leal, E. R. M.; Milhomen, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto: uma revisão. **Revista Liberato**, v. 11, p. 89-188, 2010.

- Pedrosa, M. V. B.; Lima, W. L.; Amaral, A. A.; Carvalho, A. H. O. Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, p. 125-142, 2017. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017999>
- Ribeiro-Oliveira, J. P.; Santana, D. G.; Lobo, G. A. **Ipê-verde: *Cybistax antisyphilitica*** (Mart.) Mart. Londrina: ABRATES, 2019. (Nota Técnica, 11).
- Salomão, N. A.; Sousa-Silva, J. C.; Davide, A. C.; Gonzáles, S.; Torres, R. A. A.; Wetzel, M. M. V.; Firetti, F.; Caldas, L. S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003.
- Silva, R. B. G.; Simões, D.; Silva, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 297-302, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000300010>
- Silva, R. F.; Eitelwein, M. T.; Cherubin, M. R.; Fabbris, C.; Weirich, S.; Pinheiro, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 609-619, 2014. <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403009>
- Siqueira, D. P.; Carvalho, G. C. M. W.; Barroso, D. G.; Marciano, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **Floresta**, v. 48, p. 277-284, 2018. <https://doi.org/10.5380/1980-5098201848i2.55795>
- Soares, C. B.; Freitas, E. C. S.; Paiva, H. N.; Neves, J. C. L. Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of *Cassia grandis* and *Peltophorum dubium*. **Revista Árvore**, v. 41, e410214, 2017. <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000200014>
- Souchie, F. F.; Marimon-Junior, B. H.; Petter, F. A.; Madari, B. E.; Marimon, B. S.; Lenza, E. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 811-821, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050984526>
- Souza, L. B.; Nóbrega, R. S. A.; Lustosa Filho, J. F.; Amorim, S. P. N.; Ferreira, L. V. M.; Nóbrega, J. C. A. Cultivo de *Sesbania virgata* (Cav. Pers) em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, p. 240-247, 2015. <https://doi.org/10.4322/rca.1942>
- Trazzi, P. A.; Caldeira, M. V.; Colombi, R.; Gonçalves, E. O. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, v. 42, p. 621-630, 2012. <https://doi.org/10.5380/1980-5098201242i3.19718>
- Trazzi, P. A.; Higa, A. R.; Dieckow, J.; Mangrich, A. S.; Higa, R. C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 875-887, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509832128>
- Trigueiro, R. M.; Guerrini I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, p. 657-665, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>

