

## Efeitos da fitotoxicidade do lodo de esgoto estabilizado e compostado sob a germinação e crescimento inicial de *Adenantha pavonina* L.

Gustavo de Oliveira Alves<sup>1</sup>, Cintia Dayrane Duarte Moreira<sup>2</sup>, Paulo Henrique Silveira Cardoso<sup>3</sup>, Paula Wellen Barbosa Gonçalves<sup>4</sup>, Reginaldo Arruda Sampaio<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia – UFMG, Montes Claros - MG, Brasil  
(gustavo.go83@gmail.com)

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Florestal – UFMG, Montes Claros - MG, Brasil

<sup>3</sup>Doutorando no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) – USP, Piracicaba – SP, Brasil

<sup>4</sup>Doutoranda em Ciências dos Solos – UNESP, Jaboticabal – SP, Brasil

<sup>5</sup>Professor Titular do Instituto de Ciências Agrárias – UFMG, Montes Claros – MG, Brasil

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a fitotoxicidade do lodo de esgoto estabilizado e compostado na germinação e crescimento inicial de *Adenantha pavonina* L. Nota-se que a germinação e o crescimento das plântulas foram afetados ao se incrementar as concentrações de ambos os resíduos. Contudo o composto de lodo apresentou a menor fitotoxicidade a espécie. Entre os extratos, as concentrações entre 2% a 4% mostraram-se mais adequadas para a germinação e desenvolvimento das plântulas.

**Palavras-chave:** biossólido; ecotoxicidade; adubo orgânico; higienização; resíduos sólidos.

### INTRODUÇÃO

*Adenantha pavonina* L. é uma importante espécie utilizada na construção civil e para fins ornamentais. É oriunda do continente africano e asiático e pertencente à família Fabaceae e subfamília Mimosoideae (Lorenzi et al., 2003). No Brasil, a espécie é encontrada em todas as regiões do país (Rodrigues et al., 2009), sendo também empregada em processos de recuperação de áreas degradadas (Ribeiro et al., 1999; Freire et al., 2019).

Para a utilização da espécie em meios urbanos ou em áreas degradadas, é necessária realizar a confecção das mudas em viveiros (Almeida, 2016; Santos e Asperti, 2006). Seguindo essa linha, a avaliação de diversos substratos e a aplicação de adubos para *A. pavonina* é comumente estudada (Alves et al., 2015; Fanti et al., 2002; Rodrigues et al., 2009), com o intuito de se obter as condições ideais ao seu desenvolvimento e que não prejudique a taxa de germinação (Souza e Pacheco, 2007).

No atual cenário de grande produção de lodo de esgoto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, por meio da resolução nº 375, publicada no ano de 2006, relata que sua utilização na agricultura é vista como a forma adequada e economicamente viável (Brasil, 2006). Sendo notado o emprego do biossólido em culturas importantes, como milho e eucalipto (Zuba Junio et

al., 2013; Silva et al., 2011). Desta forma, a utilização deste resíduo para a produção de mudas de *A. pavonina* pode se tornar uma forma promissora de substrato ou adubo, principalmente por se encontrar significantes quantidades de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica (Bridle e Pritchard, 2004; Carvalho et al., 2015), justificando a sua utilização em sistemas de reflorestamento, jardinagem e áreas alteradas.

Entretanto não se encontram na literatura trabalhos que elucidam o uso do lodo de esgoto e seus efeitos sob *A. pavonina*. Desse modo, as interações entre o biossólido e o comportamento da espécie deve ser avaliado, principalmente pela presença de contaminantes orgânicos e metais pesados no resíduo, sobretudo em lodo bruto (Chiochetta et al., 2015; Saito, 2007). Esses contaminantes em níveis elevados podem causar toxicidade em plantas, principalmente na fase inicial (Araujo e Monteiro, 2005; Manas e Haras, 2017; Zielínska e Oleszczuk, 2015). Para mitigar esses efeitos, a compostagem é vista como pós-tratamento eficiente para higienização, por reduzir a fitotoxicidade e estabilizar a matéria orgânica no biossólido (Alvarenga et al., 2017, 2018; Zuba Junio et al., 2019).

Contudo, é importante realizar testes que enfatizem os efeitos dos resíduos tratados ou não sob a espécie. Para esse fim, a utilização de bioensaios

ecotoxicológicos fornece informações rápidas sobre o comportamento dos vegetais em substratos possivelmente tóxicos (Rodrigues et al., 2013; Manas e Heras, 2017). Tiquia et al. (1996) cita que a utilização de parâmetros relacionados com o crescimento inicial e a germinação, são totalmente capazes de determinar o nível de fitotoxicidade de um resíduo e, conseqüentemente, a tolerância das plantas ao mesmo.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos fitotóxicos de diferentes concentrações de extrato de lodo de esgoto estabilizado e compostado sob a germinação e o desenvolvimento inicial da *Adenantha pavonina*,

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Montes Claros – MG (16°51'38" S; 44°55'00" O). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x6 (Resíduos x Extratos), com 5 repetições, com 40 sementes em cada parcela. Os tratamentos foram 6 concentrações de extrato de lodo de esgoto estabilizado (LE) ou compostado (LC) de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% (v/v).

O lodo de esgoto seco foi obtido da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE Vieira) de Montes Claros - MG. O mesmo foi caracterizado segundo Alcarde (2009), obtendo-se, em mg kg<sup>-1</sup>: 618 de Na; 3.075 de Fe; 283 de Zn; 112 de Cu; 120 de Mn; 23 de Ni e 31 de Pb. O teor de carbono orgânico, o pH e a condutividade elétrica foram determinados conforme Tedesco et al. (1995), encontrando-se 322 g kg<sup>-1</sup>; 6,03 e 2,72 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a consecução do lodo de esgoto estabilizado (LE), realizou-se o cultivo de *Urochloa brizantha* por 90 dias no lodo esgoto seco em caixotes de 250 L, revestidos com plástico. Posteriormente, a biomassa do vegetal foi picada e incorporada ao mesmo, mantendo-o em esquema de pilha durante 60 dias para a produção do lodo de esgoto compostado (LC). Durante ambos os processos, o bio-sólido foi mantido na capacidade de campo e aerados mecanicamente por ventiladores.

As soluções utilizadas nos tratamentos, foram preparadas segundo Manas e Heras (2017). As amostras de lodo de esgoto seco e compostado foram secas em estufa de circulação forçada de ar por 72h a 65 °C. Em seguida, foram moídas em almofariz de porcelana e passadas em peneira de 2 mm. Após, foram adicionados 2, 4, 6, 8 e 10 g dos bio-sólidos a cada 100 mL de água miliq e homogeneizadas em mesa agitadora por 45 min a 145 rpm. Os extratos foram centrifugados a 5.000 rpm e subsequentemente filtrados em papel de filtro qualitativo.

As sementes de *A. pavonina*, foram obtidas na zona rural do entorno de Montes Claros – MG, sendo selecionadas apenas as sementes sem injúrias físicas. O lote foi caracterizado segundo Regra de Análise de sementes - RAS (Brasil, 2009), apontando um peso de mil sementes de 253,65±0,45 g e 8±0,34% de umidade. Para maior conservação das sementes, estas foram reservadas em câmara fria a 4 °C até a realização do experimento. O teste de germinação seguiu o proposto por Rodrigues et al. (2009). Onde as sementes foram imersas no ácido sulfúrico por 22 minutos e lavadas por água corrente por 5 minutos para superação da dormência e mantidas em câmara BOD a 35 °C. O substrato empregado foram rolos de papel germitest, no qual se adicionaram os extratos dos respectivos tratamentos na proporção de 2,5 vezes o peso do papel (Brasil, 2009).

O número de sementes germinadas foi avaliado diariamente durante treze dias (Souza et al., 2009), considerando como plântulas germinadas aquelas que apresentavam a protusão da radícula igual ou maior que 2,0 mm. Foram obtidos o índice de velocidade de germinação (IVG) e a porcentagem de germinação total ao final do período, conforme Nakagawa (1999). Também foram selecionadas quinze plântulas de forma aleatória e aferidos o comprimento da parte aérea (PA) e radicular (PR) com auxílio de um paquímetro digital. Em seguida, foram determinados a porcentagem relativa da germinação (PRG); a porcentagem de crescimento relativo radicular (PCR) e o índice de germinação (IG) proposto por Tiquia et al. (1996), presentes nas equações 1, 2 e 3.

Equações:

$$PRG = \frac{G_t}{G_c} \times 100 \quad (1)$$

G<sub>t</sub>: Germinação nos respectivos tratamentos; G<sub>c</sub>: Germinação no controle.

$$PCR = \frac{C_t}{C_c} \times 100 \quad (2)$$

C<sub>t</sub>: Comprimento da radícula nos respectivos tratamentos; C<sub>c</sub>: Comprimento da radícula do controle.

$$IG = \frac{PRG \times PCR}{100} \quad (3)$$

Os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade, com posterior desdobramento dos fatores (Resíduos x Extratos). Para o fator quantitativo aplicou-se ajuste de regressão polinomial, com as significâncias dos coeficientes testadas pelo teste t (p<0,05). Enquanto, para o qualitativo, usou-se o teste Tukey a 0,05 de probabilidade. Para a realização das análises e confecção dos gráficos, utilizaram-se os softwares R Studio 1.2.5033 e Sigma Plot 14, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação foi reduzida na medida em que as concentrações de ambos os bio-sólidos foram elevadas (Figura 1). As maiores taxas de germinação ocorreram principalmente nos níveis inferiores a 4%, indicando uma variação de 3 a 6% em relação ao controle. Nas concentrações de 8 e 10% ocorreram reduções da porcentagem de germinação superiores a 20 e 34%, respectivamente, em comparação ao controle. Em diversos estudos nota-se que a presença de substâncias fitotóxicas reflete diretamente na capacidade germinativa de inúmeras espécies (Charles et al., 2011; Lau et al., 2001; Oleszczuk, 2008; Priac et al., 2017; Rodrigues et al., 2013). Desta forma, é possível que a utilização de extratos menos concentrados, de 2 a 6%, não provoque fortes reduções na porcentagem de germinação, devido a maior diluição das substâncias tóxicas presentes nos mesmos (Manas e Haras, 2017).

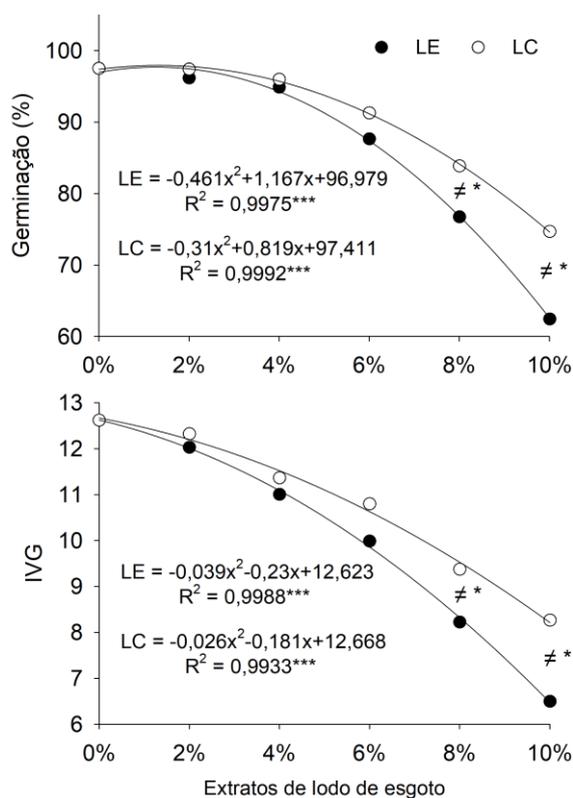


Figura 1: Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) da *A. pavonina* submetida a concentrações crescentes de lodo de esgoto estabilizado (LE) e compostado (LC).

Notas: \*\*\* Significância da regressão ( $p < 0,001$ ).  $\neq$  Tratamentos distintos estatisticamente a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey.

Entre os LE e LC notam-se poucas variações entre o controle (0%) e ao tratamento com concentração de 4%. Contudo, observa-se que o LE

apresentou maior fitotoxicidade a germinação, apresentando menor número de sementes germinadas nos extratos mais concentrados. Entretanto, o LE manteve-se estatisticamente igual ao LC até os 6%. Desse modo, é notado que o LC apresenta uma menor fitotoxicidade a *A. pavonina*, devido a maior estabilidade e reduções dos poluentes presentes no substrato. Assim, é possível que o processo de compostagem do lodo de esgoto seja uma fase necessária para maximizar a germinação para a espécie. No mais, Alvarenga et al. (2017, 2018) observaram que lodo de esgoto, cultivado com *Pennisetum purpureum*, reduz os teores de metais pesados e clorobenzenos, o que pode ter ocorrido ao compostar o lodo estabilizado.

O índice de velocidade de germinação foi mais afetado que a germinação, apontando reduções a partir dos extratos de 2% (Figura 1). Contudo, nota-se que ambos os resíduos LC e LE apresentaram valores próximos de 12, além de também terem pouca variação em relação ao controle (aproximadamente 12,6). Em contrapartida, as reduções no IVG aumentaram a partir de 6% nos dois bio-sólidos. Observa-se que o LE apresentou maiores reduções na velocidade em que as sementes germinam encontrando, a menos, de 2,83 a 6,24; e de 0,8 a 1,78 do IVG em relação ao extrato de 0% e a LC, respectivamente. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o maior valor do IVG aponta maior eficiência do processo germinativo. Desta forma, é possível que a utilização de ambos os resíduos passe a retardar a velocidade em que se germina a espécie, principalmente em concentrações  $>7,5\%$  para LC e  $>6\%$  para LE, conforme a Figura 1. Por outro lado, os resultados (juntamente com a germinação total) demonstram que o LC afeta com menor intensidade o processo de germinação em comparação ao LE.

O comprimento da parte aérea e radicular, foram influenciados ao se incrementar as concentrações dos resíduos (Figura 2). Ambos apresentam ajuste de regressão polinomial de segundo grau ( $R^2 > 0,98$ ) (Tabela 1). Nota-se que os comprimentos de PA e PR em ambos os resíduos apresentaram poucas variações entre 0 e 2%, sendo os mesmos estatisticamente iguais. No comprimento total das plântulas, a parte aérea foi o órgão mais afetado, apontando perdas significantes entre os tratamentos 4, 6, 8 e 10% para os dois resíduos. Além disso, ambos os resíduos foram diferentes entre si nos extratos superiores a 4%. Por outro lado, o LC apontou os menores efeitos negativos sob o alongamento do eixo embrionário ao se incrementar as concentrações.

Em contrapartida, o sistema radicular foi o órgão menos prejudicado pela fitotoxicidade de ambos os resíduos, mantendo-se semelhante nas concentrações de 0, 2 e 4%, sendo estas distintas de 6, 8 e 10% para os bio-sólidos analisados. Esses resultados corroboram com Manas e Haras (2017),

que observaram maior alongamento de PR em relação a PA de *Lactuca sativa* L. em extrato de lodo de esgoto à 1%. Contudo, o LC apresentou-se de 1,04 à 1,22 vezes menos fitotóxico às raízes que o LE entre os extratos de 6 a 10% respectivamente, indicando menor concentração de substâncias tóxicas. Entretanto, ambos os LE e LC, apenas diferenciaram entre si na maior concentração avaliada (10%).

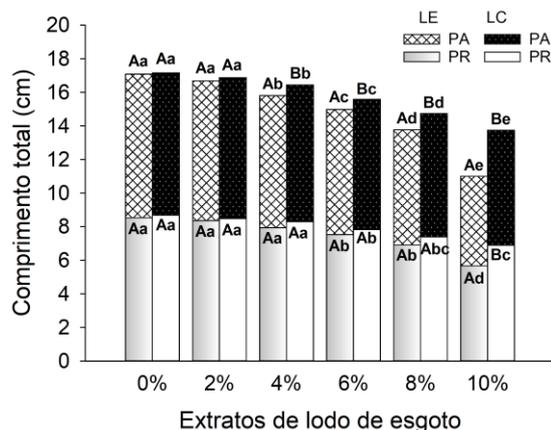


Figura 2. Crescimento total das plântulas de *A. pavanina* incubadas com diferentes níveis de extrato de lodo de esgoto seco (LE) e compostado (LC).

Notas: Barras seguidas das mesmas letras, maiúsculas ou minúsculas, são estatisticamente iguais a 0,05 e probabilidade pelo teste Tukey. PA: Parte aérea; PR: Parte radicular.

Tabela 1. Equações do comprimento da parte aérea (PA) e radicular (PR) de *Adenantha pavanina* germinada em rolo germitest umedecido com diferentes níveis de extrato de lodo de esgoto estabilizado (LE) e compostado (LC).

Equações	R <sup>2</sup>
LE <sub>PA</sub> = -0,033x <sup>2</sup> +0,031x+8,427	0,98***
LC <sub>PA</sub> = -0,012x <sup>2</sup> +0,044x+8,498	0,99***
LE <sub>PR</sub> = -0,027x <sup>2</sup> -0,002x+8,483	0,99***
LC <sub>PR</sub> = -0,011x <sup>2</sup> -0,069x+8,682	0,99***

Notas: \*\*\* Significância da regressão (p<0,001).

De forma geral, essas reduções, podem estar relacionadas a maior fitotoxicidade de metais pesados e compostos orgânicos, principalmente nos extratos mais concentrados, que afeta o desenvolvimento celular (Baker e Walker, 1989; Jabeen et al., 2009). No mais, é importante observar que os resíduos utilizados apresentaram níveis consideráveis de íons, como o sódio, que podem reduzir o potencial osmótico (Hannachi e Van Labeke, 2018). Sendo que esses elementos podem estar mais disponíveis em condições mais mineralizadas (Carvalho et al., 2015; Moretti et al., 2013), como o LC, o que pode ter acarretado a redução do desenvolvimento das plântulas a 10%. Enquanto, para o LE, o pré-tratamento aplicado

talvez não tenha conseguido reduzir as quantidades de substâncias fitotóxicas em níveis não prejudiciais (<8%) ao desenvolvimento da espécie. Chiochetta et al. (2015) relatam que o lodo esgoto imaturo leva a fortes danos no sistema radicular devido a redução do O<sub>2</sub>, alta quantidade de amônia e produção e acúmulo de sulfito de hidrogênio.

A porcentagem relativa da germinação (PRG) foi reduzida na medida em que se incrementaram as concentrações dos resíduos (Tabela 2). Entre os bioresíduos, ambos se comportaram de forma semelhante, sendo os mesmos estatisticamente equivalentes em todos os tratamentos. Entretanto, o lodo compostado apresentou-se menos fitotóxico a germinação em comparação ao LE, sendo superior de 1,28 a 12% entre os extratos avaliados. Por outro lado, as concentrações 2, 4 e 6% atingiram níveis de germinação inferiores ao controle, menores que 7 e 11% para LC e LE, respectivamente. Além disso, nota-se que apenas entre as concentrações de 2 e 4% tiveram a PRG estatisticamente iguais entre si para o LC e LE, ao mesmo tempo que foram às que são similares ao controle (>97%).

Tabela 2. Porcentagem relativa da germinação (PRG), Porcentagem de crescimento relativo radicular (PCR) e índice de germinação (IG) de *A. pavanina* sob distintas concentrações de extrato de lodo de esgoto estabilizado (LE) e compostado (LC).

Variáveis	Ext. (%)	Resíduos	
		LE	LC
RGP	2	98,63Aa	99,91Aa
	4	97,30Aa	98,45Aa
	6	89,89Bb	93,61Ab
	8	78,70Ac	86,01Ac
	10	64,05Ad	76,61Ad
PCR	2	98,03Aa	97,75Aa
	4	93,12Ab	95,64Aa
	6	88,26Ac	90,20Ab
	8	81,04Ad	85,17Ac
	10	66,50Be	79,48Ad
IG	2	96,70Aa	97,65Aa
	4	90,61Bb	94,16Aa
	6	79,33Bc	84,43Ab
	8	63,78Bd	73,25Ac
	10	42,55Be	60,89Ad

Notas: Linhas e colunas seguidas das mesmas letras maiúsculas e minúsculas respectivamente, são estatisticamente iguais a 0,05 e probabilidade pelo teste Tukey. Ext: Extratos concentrados.

A porcentagem de crescimento relativo radicular (PCR) foi afetada principalmente no LE, onde ocorreram significantes reduções entre os tratamentos (Tabela 2). Enquanto para o LC, as concentrações de 2 e 4% foram estatisticamente iguais, atingindo perdas menores que 4,5% em comparação ao controle. Além disso, as maiores

reduções ocorreram em 8 e 10% para ambos os resíduos, notando-se que concentrações elevadas reduzem o desenvolvimento radicular. Para os dois solos avaliados, os mesmos foram estatisticamente iguais nos extratos concentrados de 2, 4, 6 e 8%, contudo o LC se manteve levemente superior ao LE. Por outro lado, observa-se que na maior concentração (10%), o LC foi 12,98% menos prejudicial às raízes que o LE.

Desta forma, é possível observar que o emprego de ambos os resíduos LC e LE refletiram, semelhantemente, na RGP e PCR. É importante observar que a utilização de substratos adequados, interfere diretamente no estabelecimento inicial das mudas em determinados ambientes (Santos e Asperti, 2006). Uma vez que a sobrevivência e estabilização das plantas está ligada à interação entre as suas características fisiológicas e o meio abiótico em que está presente (Nunes et al., 2015).

Por exemplo, em uma área degradada, a utilização de elevadas quantidades de LE e LC nas mudas ou covas, pode diminuir a capacidade de desenvolvimento da espécie, devido a injúrias causadas por contaminantes que diminuem o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea. No mais, solos de sistemas degradados apresentam-se de forma compactada e com baixa quantidade de nutrientes, matéria orgânica e menor capacidade de retenção de água (Azevedo et al., 2012; Dedecek, 1992; Montagnini, 2001). Desse modo, é necessário que as plantas tenham um sistema radicular bem desenvolvido e suficientemente capaz para lidar com as variações climáticas, stress hídrico (Saboya e Borghetti, 2012; Palma e Laurance, 2015) e a alta densidade desses solos (Alves et al., 2007).

Neste estudo, o LE apontou o maior valor do índice de germinação (IG) no extrato de 2%, contudo foi estatisticamente igual ao LC (Tabela 2). Em contrapartida, o lodo compostado foi superior ao lodo estabilizado nos demais tratamentos. O LC manteve-se equivalente entre 2 e 4%, atingindo valores superiores a 95%, indicando uma baixa fitotoxicidade às plântulas. Esses resultados foram próximos aos encontrados por Manas e Haras (2017) que determinaram que os altos valores do IG (100%) no extrato de 1% de lodo de esgoto, refletem em um bio-sólido totalmente seguro para se utilizar na agricultura.

Por outro lado, ao se elevar as concentrações a 6 e 8%, observa-se que o IG do LC se manteve superior aos 84 e 73%, respectivamente, indicando uma razoável presença de poluentes. Para Aguerre e Gavazzo (2012) valores de IG maiores que 70% são considerados satisfatórios, devido à moderada fitotoxicidade dos resíduos. Para o LE, ocorreu redução acentuada em todos as concentrações avaliadas. Contudo, este destaca-se nos tratamentos 2 e 4% com valores superiores a 80%. Além disso, as

concentrações de 6, 8 e 10%, indicaram reduções no IG de 5,1, 9,47 e 18,34%, respectivamente, em comparação ao LC, apontando uma maior fitotoxicidade e, conseqüentemente, maior concentração de poluentes. Ademais, o IG atingiu baixos valores (<70%), principalmente aos 8 e 10%, indicando uma moderada e alta concentração de substâncias tóxicas (Aguerre e Gavazzo, 2012; Tiquia et al., 1996).

## CONCLUSÃO

A utilização de lodo de esgoto estabilizado e compostado apresentou poucas reduções na germinação e desenvolvimento nas concentrações de 2% e 4%. Sendo esses, os níveis adequados para se manter a manutenção adequada do desenvolvimento das plântulas, principalmente da parte aérea. Contudo, a velocidade de germinação é mais afetada que a germinação em todas as concentrações, porém, apenas em níveis elevados (>7,5%), é possível observar situações desfavoráveis. Entre ambos os resíduos, o lodo compostado foi o menos fitotóxico que o lodo estabilizado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Universidade Federal de Minas Gerais pelo apoio financeiro e ao Programa de Ensino Tutorial PET/Mec / SESu pela bolsa concedida ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Aguerre Y. S.; Gavazzo G. B. Fitotoxicidade de papel reciclado. Ensayos preliminares. In: Proceedings of the ABTCP 2012? VII CIADICYP. The 45th ABTCP international pulp and paper congress and VII Ibero American Congress on Pulp and Paper Research, 2012.
- Alcarde, J. C. Manual de análise de fertilizantes. Piracicaba: FEALQ. 2009, 259p.
- Almeida, D. S. Modelos de recuperação ambiental. In: Almeida D. S. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3 ed. Ilhéus, BA: Ed. Editus, 2016, p. 100-137.
- Alvarenga, A. C.; Sampaio, R. A.; Pinho, G. P.; Cardoso, P. H. S.; Sousa, I. P.; Barbosa, M. H. C. Phytoremediation of chlorobenzenes in sewage sludge cultivated with *Pennisetum purpureum* at diferentes times. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 21, n. 8, p. 573-578, 2017.
- Alvarenga, A. C.; Cardoso, P. H. S.; Coutinho, M. A. N.; Oliveira, A. L. G.; Sampaio, R. A. Produção de biomassa e fitoextração de Cu e Zn pelo capim-elefante cultivado em lodo de esgoto puro. Revista

- Engenharia na Agricultura - Reveng, [s.l.], v. 26, n. 5, p. 473-482, 2018.
- Alves, M. C.; Suzuki, L. G. A. S.; Suzuki, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [s.l.], v. 31, n. 4, p. 617-625, 2007.
- Alves, M. M.; Alves, E. U.; Araujo, L. R.; Araujo, P. C.; Neta, M. M. S. S. Initial growth in seedlings of *Adenantha pavonina* L. for different substrates. *Revista Ciência Agronômica*, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 352-357, 2015.
- Araujo, A. S. F; Monteiro, R. T R. Plant bioassays to assess toxicity of textile sludge compost. *Scientia Agricola*, [s.l.], v. 62, n. 3, p. 286-290, 2005.
- Azevedo, S. M. A.; Bakke, I. A.; Bakke, O. A.; Freire, A. L. O. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da caatinga. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 9, n. 3, p. 50-160, 2012.
- Baburaj, S.; Gunasekaran, K. In vitro propagation of a tree legume *Adenantha pavonina*. *Indian Botanical Contactor*, v.10, p.1-3, 1993.
- Baker, A. J. M.; Walker, P. L. Physiological responses of plants to heavy metals and the quantification of tolerance and toxicity. *Chemical Speciation & Bioavailability*, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 7-17, 1989.
- Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 30 de ago. de 2006. Seção 1. p.141-146.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 398p, 2009
- Bridle, T.R.; Pritchard, D. Energy and nutrient recovery from sewage sludge via pyrolysis. *Water Science And Technology*, [s.l.], v. 50, n. 9, p. 169-175, 2004.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- Carvalho, C. S.; Ribeirinho, V.S.; Andrade, C. A.; Grutzmacher, P.; Pires, A. M. M. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences*, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 413-419, 2015.
- Carvalho, C.S.; Ribeirinho, V.S.; Andrade, C.A. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 10, n. 3, p. 413-419, 2015.
- Charles, J.; Sancey, B.; Morin-Crini, Nadia. Evaluation of the phytotoxicity of polycontaminated industrial effluents using the lettuce plant (*Lactuca sativa*) as a bioindicator. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 74, n. 7, p. 2057-2064, 2011.
- Chiochetta, C. G.; Cotelle, S.; Masfaraud, J. F.; Toumi, H.; Quaranta, G.; Adani, F.; Radetski, C. M. Use of agro-industrial organic sludge amendment to remediate degraded soil: chemical and eco(geno)toxicological differences between fresh and stabilized sludge and establishment of application rates. *Environmental Science and Pollution Research*, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 3018-3025, 2015.
- Dedecek R. A. A dinâmica dos solos em áreas degradadas. In *Simpósio Nacional, Recuperação de Áreas Degradadas*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 25-29, p. 44-5, 1992.
- Fanti, S.C.; Perez, S. C. J. G. A. Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenantha pavonina* L. *Ciência Florestal, Santa Maria*, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2002.
- Freire, F. C. J.; Santos, L. O.; Silva, E. S.; Oliveira, L. K. A.; Silva Júnior, J. M. Estudo da germinação e de alguns fatores condicionantes de semente de *Adenantha pavonina* L. e sua importância para a recuperação de áreas degradadas. *Brazilian Journal of Development*, [s.l.], v. 5, n. 11, p. 25958-25971, 2019.
- Hannachi, S.; Van Labeke, M. C. Salt stress affects germination, seedling growth and physiological responses differentially in eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 228, p. 56-65, 2018.
- Jabeen, R.; Ahmad, A.; Iqbal, M. Phytoremediation of Heavy Metals: physiological and molecular mechanisms. *The Botanical Review*, [s.l.], v. 75, n. 4, p. 339-364, 2009.
- Lau, S. S. S.; Fang, M.; Wong, J. W. C. Effects of Composting Process and Fly Ash Amendment on Phytotoxicity of Sewage Sludge. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, [s.l.], v. 40, n. 2, p.184-191, 2001.
- Lorenzi, H.; Souza, H. M.; Torres, M. A. V.; Bacher, L. B. Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p173, 2003.
- Mañas, P.; Heras, J. L. Phytotoxicity test applied to sewage sludge using *Lactuca sativa* L. and *Lepidium*

- sativum L. seeds. International Journal of Environmental Science and Technology, [s.l.], v. 15, n. 2, p.273-280, 2017.
- Montagnini, F. Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from latin america. INCI, Caracas, v. 26, n. 10, p. 498-503, 2001.
- Moretti, S. M. L.; Bertoncini, E. I; Abreu-Junior, C. H. Aplicação do método de mineralização de nitrogênio com lixiviação para solo tratado com lodo de esgoto e composto orgânico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [s.l.], v. 37, n. 3, p. 622-631, 2013.
- Nakagawa, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira, R. D.; Carvalho, N. M. Testes de Vigor em Sementes. Jaboticabal. FUNEP, 1994, p.49- 85.
- Nunes, Y. R. F.; Fagundes, N. C. A.; Veloso, M. D. M. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de floresta estacional decidual, Norte de Minas Gerais. Revista Árvore, v. 39, n. 5, p. 801–810, 2015.
- Palma, A. C.; Laurance, S. G.W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? Applied Vegetation Science, v. 18, n. 4, p. 561–568, 2015.
- Priac, A.; Badot, P. M.; Crini, G. Treated wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa*: Focus on germination and root elongation test parameters. Comptes Rendus Biologies, [s.l.], v. 340, n. 3, p.188-194, 2017.
- Ribeiro, J. E. L. S.; Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A. S.; Brito, J. M. D.; Souza, M. A. D. de; Martins, L. H. P.; Lohmann, L. G.; Assunção, P. A. C. L.; Pereira, E da C.; Silva, C. F.; Mesquita, M. R.; Procopio, L. C. Flora da reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999, p. 816.
- Rodrigues, A. P. A. C.; Oliveira, A. K. M.; Laura, V. A.; Yamamoto, C. R.; Chermouth, K. S.; Freitas, M. H. Tratamentos para superação da dormência de sementes de *Adenanthera pavonina* L. Revista Árvore, [s.l.], v. 33, n. 4, p. 617-623, 2009.
- Rodrigues, L. C. de A.; Barbosa, S.; Pazin, M.; Maselli, B. S.; Beijo, L. A.; Kummrow, F. Fitotoxicidade e citogenotoxicidade da água e sedimento de córrego urbano em bioensaio com *Lactuca sativa*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 17, n. 10, p. 1099-1108, 2013.
- Saboya, P.; Borghetti, F. Germination, initial growth, and biomass allocation in three native Cerrado species. Brazilian Journal of Botany, v. 35, n. 2, p. 129–135, 2012.
- Santos, M. R. O.; Asperti, L. M. Viveiros florestais: da análise de sementes à produção de mudas de espécies nativas. In: Barbosa, L. M. Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista. São Paulo, SP: Instituto de Botânica de São Paulo; p. 85-105, 2006.
- Saito, M. C. O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. Embrapa Meio Ambiente, 2007, p. 35.
- Silva, O. H. M.; Poggiani, F.; Laclau, J. P. Applying Sewage Sludge to *Eucalyptus grandis* Plantations: effects on biomass production and nutrient cycling through litterfall. Applied And Environmental Soil Science, [s.l.], v. 2011, p. 1-11, 2011
- Souza, E. B.; Pacheco, M. V.; Matos, V. P.; Ferreira, R. L. C. Germinação de sementes de *Adenanthera pavonina* L. em função de diferentes temperaturas e substratos. Revista Árvore, [s.l.], v. 31, n. 3, p. 437-443, 2007.
- Oleszczuk, P. Testing of different plants to determine influence of physico-chemical properties and contaminants content on municipal sewage sludges phytotoxicity. Environmental Toxicology, [s.l.], p. 38-47, 2009.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.174, 1995.
- Tiquia, S.M.; Tam, N.F.Y.; Hodgkiss, I.J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter, Environmental Pollution, v. 93, n. 3, p. 249–256, 1996.
- Zielińska, A.; Oleszczuk, P. The conversion of sewage sludge into biochar reduces polycyclic aromatic hydrocarbon content and ecotoxicity but increases trace metal content. Biomass And Bioenergy, [s.l.], v. 75, p. 235-244, 2015.
- Zuba Junio, G. R.; Sampaio, R. A.; Nascimento, A. L.; Santos, G. B.; Santos, L. D. T.; Fernandes, L. A. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 17, n. 7, p. 706-712, 2013.
- Zuba Junio, R. Z.; Sampaio, R. A.; Fernandes, L. A.; Pegoraro, R. F.; Maia, V. M.; Cardoso, P. H. S.; Sousa, I. P.; Vieira, I. T. R. Content of Heavy Metals in Soil and in Pineapple Fertilized with Sewage Sludge. Journal Of Agricultural Science, [s.l.], v. 11, n. 9, p. 281, 2019.