

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

Gustavo de Oliveira Alves¹, Cintia Dayrane Duarte Moreira², Paulo Henrique Silveira Cardoso³, Paula Wellen Barbosa Gonçalves⁴, Reginaldo Arruda Sampaio⁵

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

²Graduanda em Engenharia Florestal – UFMG, Montes Claros - MG, Brasil

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

⁴Doutoranda em Ciências dos Solos – UNESP, Jaboticabal – SP, Brasil

⁵Professor 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⁻¹: 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⁻¹; 6,03 e 2,72 dS m⁻¹, 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 biossólido 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 biossólidos 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_t: Germinação nos respectivos tratamentos; G_c: Germinação no controle.

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

C_t: Comprimento da radícula nos respectivos tratamentos; C_c: 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).

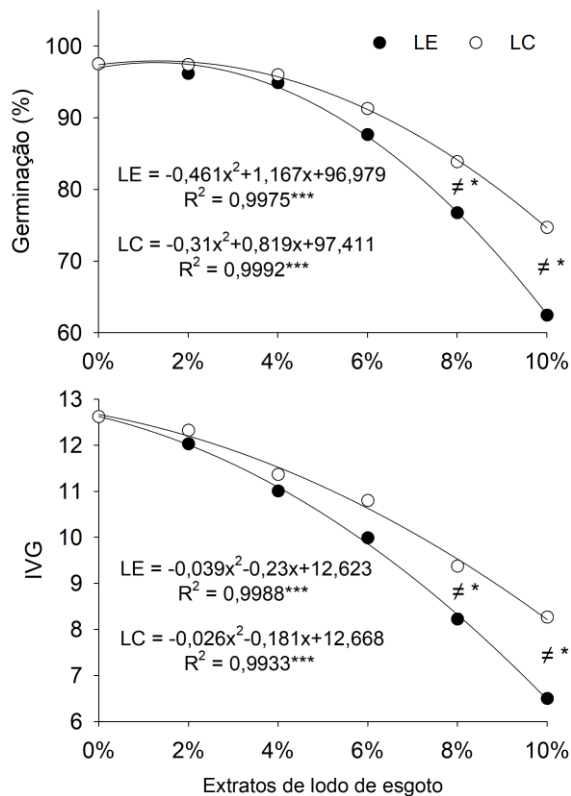


Figura 1: Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) da *A. pavonina* submetida a concentrações crescentes de lodo de esgoto estabilizado (LE) e compostado (LC).

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 significativas 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%).

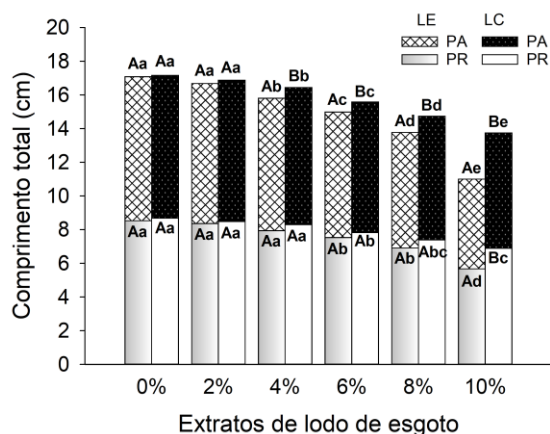


Figura 2. Crescimento total das plântulas de *A. pavanina* incubadas com diferentes níveis de extrato de lodo de esgoto seco (LE) e compostado (LC).

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 ²
LE _{PA} = -0,033x ² +0,031x+8,427	0,98***
LC _{PA} = -0,012x ² +0,044x+8,498	0,99***
LE _{PR} = -0,027x ² -0,002x+8,483	0,99***
LC _{PR} = -0,011x ² -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 O₂, 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 bio-sólidos, 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 *Adenanthera 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 *Adenanthera 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 *Adenanthera 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 *Adenanthera 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.