



ARTIGO ORIGINAL

Lucas Nunes Lopes¹
Oclizio Medeiros das C. Silva^{2*}
Avner Vianna Gusmão Vieira³
Juçara Garcia Ribeiro⁴
João Elves da Silva Santana⁵
Paulo Sérgio dos Santos Leles⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rod. BR 465, km 07, CEP 23890-000, Seropédica, (RJ), Brasil.

* **Autor correspondente:**
E-mail: omflorestal@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Aroeira
Fertilização florestal
Lodo de esgoto
Análise de componentes principais

KEYWORDS

Aroeira
Forest fertilization
Sewage sludge
Principal component analysis

EDITORA DE SESSÃO

Edna Santos de Souza

Potencial do bio sólido como adubação de plantio para *Schinus terebinthifolia* Raddi

*Potential of biosolids as planting fertilizer for *Schinus terebinthifolia* Raddi*

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de doses crescentes de bio sólido no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos com seis repetições. Os tratamentos consistiram em testemunha; 1,5; 3,0 e 6,0 litros de bio sólido por vaso de 18 litros. A cada dois meses foram mensurados a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto até 8 meses. Aos quatro meses foram coletadas amostras de solo dos vasos para avaliação do teor de nutrientes. Na última avaliação, coletou-se as plantas e mensurou-se a área foliar, massa de matéria seca de parte aérea e de raízes. Os dados de crescimento e o teor de nutrientes em função das doses de bio sólido foram submetidos à análise de variância e regressão. Verificou-se diferença significativa para o crescimento em diâmetro do coleto, área foliar e massa de matéria seca de parte aérea e o teor de nutrientes. Foi constatado que quanto maior a dose melhores foram os resultados encontrados. Recomenda-se a dose de 6 litros de bio sólido como adubação de plantio para mudas de *Schinus terebinthifolia*, levando em consideração as condições em que foi realizado o estudo.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effect of increasing doses of biosolids on the development of *Schinus terebinthifolia* Raddi seedlings. The experiment was installed in a completely randomized design, consisting of four treatments with six replications. The treatments consisted of a control; 1.5; 3.0 and 6.0 liters of biosolids per 18 liter vessel. Every two months, the height of the aerial part and the diameter of the collar were measured for up to 8 months. At four months, soil samples were collected from the pots to evaluate the nutrient content. In the last evaluation, plants were collected and leaf area, shoot and root dry matter were measured. Growth data and nutrient content as a function of biosolid doses were submitted to analysis of variance and regression. There was a significant difference for growth in stem diameter, leaf area and shoot dry matter and nutrient content. It was found that the higher the dose, the better the results found. It is recommended the dose of 6 liters of biosolids as planting fertilizer for *Schinus terebinthifolia* seedlings, taking into account the conditions under which the study was carried out.

Recebido em: 11/06/2021
Aceito em: 08/11/2021

1 Introdução

A implantação de povoamentos florestais, seja para fins produtivos ou para restauração, vem sendo executada na maioria dos casos, em áreas precedentemente ocupadas por agricultura e pastagens (Trentin *et al.*, 2018), onde geralmente essas áreas apresentam solos pobres em nutrientes e matéria orgânica (Lopes & Leles, 2020).

Um resíduo que pode ser usado nessas áreas de baixa fertilidade é o bio sólido, oriundo do lodo de esgoto. O bio sólido é um resíduo orgânico produzido pelas estações de tratamento de esgoto (ETEs), que geralmente é despejado em aterros sanitários, além da incineração, construção civil entre outros, dificultando ou impossibilitando a ciclagem dos nutrientes contidos no material. Neste contexto, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas sustentáveis e usos alternativos, para que esse material possa ser utilizado, e não simplesmente ser descartado na natureza, como ocorre na maioria dos casos (Abreu *et al.*, 2017a; Sharma *et al.*, 2017).

O bio sólido apresenta como vantagem sua composição rica em nutrientes e matéria orgânica, a qual possibilita a liberação dos nutrientes gradativamente ao solo, proporcionando maior aproveitamento pelas plantas. Este contribui para a melhoria das características físicas e químicas do solo (Abreu *et al.*, 2017a; Nobrega *et al.*, 2017; Balduino *et al.*, 2020), ao qual favorece o crescimento das plantas.

A utilização do bio sólido, como potencial fertilizante e condicionador de solos, representa uma possibilidade de ganhos em relação a investimentos em fertilização química por parte do produtor, além de ganho ambiental, com uma melhor disposição final deste resíduo (Guedes *et al.*, 2006; Broderick & Evans, 2017). Tal forma de utilização do composto, permite dar continuidade na ciclagem nutricional dos componentes existentes no mesmo, reduz a dependência e os impactos sobre fontes naturais de nutrientes, além do consumo de fertilizantes químicos (Abreu *et al.*, 2017a).

Na produção de mudas de espécies florestais, o bio sólido foi avaliado como constituinte de substratos (Abreu *et al.*, 2017b; Caldeira *et al.*, 2018), apresentando resultados satisfatórios, ao qual contribui para o crescimento em altura e diâmetro das mudas, além de melhor crescimento da parte aérea e do sistema radicular. Como adubação de plantio, Lopes & Leles, (2020), Silva *et al.* (2020) e Lima Filho *et al.* (2021), observaram resultados positivos em seus trabalhos, e também verificaram que algumas espécies não responderam a adubação com bio sólido, evidenciando haver respostas distintas entre as espécies arbóreas nativas.

Nas últimas décadas, vem ocorrendo pela sociedade civil uma maior preocupação com o meio ambiente e com a recuperação de áreas degradadas. O uso de espécies nativas de rápido crescimento é indicado para tal finalidade, tendo em vista que em um período curto, essas podem desenvolver cobertura florestal e proporcionar melhores condições ao solo e ao meio

ambiente (Trentin *et al.*, 2018; Munguambe *et al.*, 2020).

Para ter sucesso na restauração florestal, é indicado o plantio de espécies nativas, com potencial de crescimento inicial rápido. Entre as espécies com grande potencial de utilização em povoamentos para fins de restauração, encontra-se *Schinus terebinthifolia* Raddi, conhecida como aroeira-vermelha. É uma espécie nativa do Brasil, perenifólia e classificada como pioneira, pertencente à família Anacardiaceae, e apresenta ampla ocorrência no território nacional (Carvalho, 2003).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento inicial de *Schinus terebinthifolia* Raddi, sob doses crescentes de bio sólido.

2 Material e métodos

O experimento foi instalado a pleno sol, no mês de outubro e conduzido até maio, no campo experimental Terraço, em área da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Unidade Agrobiologia, localizada no Município de Seropédica-RJ.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis repetições, de uma única planta. Para a definição das formulações dos tratamentos, foi adotada como base a aplicação de superfosfato simples (P_2O_5), como adubação de plantio em espécies nativas. Baseou-se também na análise química do solo (Tabela 1) e na análise química do bio sólido (Tabela 2). Com base nestas informações e resultados obtidos em trabalhos da equipe do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e considerando que a densidade do material utilizado é de $0,6 \text{ kg dm}^{-3}$, foi adotada como dose padrão 3 litros de bio sólido por planta, o equivalente a aproximadamente 34 g de P_2O_5 .

As doses utilizadas foram a metade e duas vezes a dose padrão, ou seja, 1,5; 3,0 e 6,0 litros de bio sólido por vasos de 18 litros. O restante de material foi completado com Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, camada de 0-60 cm, coletado em de área de morro, localizada no município de Queimados-RJ. Também foi utilizado tratamento testemunha (sem adubação).

Tabela 1. Análise química do solo utilizado para o crescimento de *Schinus terebinthifolia*.

Table 1. Chemical analysis of the soil used for the growth of *Schinus terebinthifolia*.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	MO
H ₂ O	----- mg dm ⁻³ -----		----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- dag kg ⁻¹ -----	
5,1	1,0	27	0,4	0,2	0,9	4,5	0,6

Em que: pH em água – Relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator de KCl 1,0M; H+Al: acetato de cálcio; MO = C. Org x 1,724: Walkley-Black.

Where: pH in water – Ratio 1:2.5; P and K: Mehlich 1 extractor; Ca, Mg and Al: 1.0M KCl extractor; H+Al: calcium acetate; MO = C. Org x 1,724: Walkley-Black.

Tabela 2. Análise química do biossólido (amostra base seca) em %, utilizado como fertilizante no crescimento de *Schinus terebinthifolia*.

Table 2. Chemical analysis of the biosolid (dry base sample) in%, used as a fertilizer in the growth of *Schinus terebinthifolia*.

pH	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	MO
5,5	1,94	0,81	0,19	1,59	0,19	0,27	35,3

Em que: pH em água - Relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator de KCl 1,0M; N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal; MO = Matéria Orgânica - C. Org x 1,724 - Walkley-Black.

Where: pH in water - Ratio 1:2.5; P and K: Mehlich 1 extractor; Ca, Mg and Al: 1.0M KCl extractor; Total N - Sulfuric digestion - Kjeldhal distillation; MO = Organic Matter - C. Org x 1,724 - Walkley-Black.

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas no viveiro florestal da UFRRJ, em tubetes de 280 cm³, utilizando substrato formado por 80% de biossólido e 20% de vermiculita. Quando as mudas atingiram altura média de 40 cm, em condições de serem plantadas no campo, foram transplantadas para os vasos.

Todos os vasos receberam uma camada de brita de 2 cm ao fundo, para facilitar a drenagem de água. As doses de biossólido foram misturadas ao solo e, em seguida, os vasos foram preenchidos com a mistura solo-biossólido. Para a testemunha, os vasos foram preenchidos apenas com o solo sem incremento de adubação. Após preenchimento, foram plantadas as mudas de *Schinus terebinthifolia*.

Para evitar a mortalidade e perda de repetições, as plantas eram irrigadas diariamente colocando-se aproximadamente 2 litros de água por vaso. Durante a condução do experimento, foram realizados tratamentos culturais, sendo feita a retirada de plantas espontâneas, para evitar interferência de competição por água, luz e nutrientes com as plantas de interesse.

Para a avaliação dos efeitos dos diferentes tratamentos, mensurou-se aos 2, 4, 6 e 8 meses após o transplantio, a altura da parte aérea medida com uma trena graduada em centímetro, e o diâmetro do coleto, com o auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetro.

Após a última avaliação de diâmetro e altura (oito meses após o transplantio), todas as plantas foram cortadas para coleta de folhas e determinação da área foliar, usando medidor LICOR 1600. Em seguida, coletou-se também o caule e o sistema radicular, sendo este último, lavado em água corrente. Os componentes de cada planta foram separados, acondicionados em sacos de papel e levados para estufa a 65°C, até atingir peso constante. Após secagem, o material foi pesado e determinou-se a matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

Para verificar o efeito das doses de biossólido e testemunha no crescimento das plantas de aroeira, os dados da última medição foram submetidos à análise de variância e quando detectadas diferenças significativas, os dados foram submetidos à análise de regressão.

Com a finalidade de avaliar o efeito dos tratamentos no solo aos 4 meses após transplantio, foram retiradas 4

amostras por tratamento, totalizando 16 repetições, para realização de análises químicas. Posteriormente os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e para os elementos que apresentaram diferença significativa foram submetidos a análise de regressão.

Para melhor descrição da influência das doses de biossólido no crescimento das plantas, foi empregada a análise de componentes principais. As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 3.5.1 (R Core Team, 2019), utilizando-se os pacotes FactoMineR e Factoextra (Mundt, 2017).

3 Resultados e discussão

Na avaliação dos dados, constatou-se pela análise de variância que não houve diferenças significativas para altura das plantas e massa de matéria seca das raízes, nos períodos avaliados. Observou-se que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para as variáveis diâmetro do coleto, área foliar e massa de matéria seca da parte aérea (Tabela 3) e teor de nutrientes totais.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura, diâmetro do coleto, área foliar, massa de matéria seca de parte aérea e massa de matéria seca de raízes.

Table 3. Summary of the analysis of variance for the variables height, stem diameter, leaf area, shoot dry matter mass and root dry matter mass.

FV	GL	Quadrado médio				
		H	DC	AF	MSPA	MSR
Tratamento	3	237,4 ^{ns}	10,558*	471492*	1131,5*	237,0 ^{ns}
Resíduo	20	118,7	1,576	89734	117,5	88,7
CV (%)	-	13,09	8,82	44,24	26,49	30,69

Em que: FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; H = Altura (cm); DC = Diâmetro do coleto (mm); AF = Área foliar (cm²); MSPA = Massa de matéria seca da parte aérea (g); MSR = Massa de matéria seca de raízes (g); CV(%) = Coeficiente de variação.

Where: FV = Source of variation; GL = Degree of freedom; H = Height (cm); DC = Diameter of the collector (mm); AF = Leaf area (cm²); MSPA = Shoot dry matter mass (g); MSR = Root dry matter mass (g); CV(%) = Coefficient of variation.

A ausência de resposta da altura em relação as doses de biossólido aplicadas pode ter ocorrido devido à característica da espécie, que segundo Carvalho (2003) predomina o crescimento simpodial, gerando alta emissão de ramos laterais, investindo mais em biomassa e área foliar. Na avaliação do crescimento de eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto Guedes *et al.* (2006), também constataram que não houve diferenças estatisticamente significativas para a altura das plantas cultivadas. No trabalho desses autores, a deficiência de potássio, cujos sintomas visuais foram observados quatro meses após o plantio, pode ter comprometido o crescimento das mudas e atenuado o efeito dos tratamentos sobre a altura das plantas.

Contrariando essas observações, Lopes & Leles

(2020) encontraram resultados diferentes trabalhando com as espécies *Cordia superba* e *Guarea guidonia* no qual averiguaram que a aplicação do biofóssido proporcionou maior crescimento em altura as plantas ao comparar com a testemunha e fertilização química, principalmente devido ao alto teor de matéria orgânica contido no resíduo. Observa-se de modo geral, que as respostas das espécies, principalmente as nativas quanto aos nutrientes recebidos tendem a ser diferentes, possivelmente devido ao tipo de crescimento, aspectos genéticos da espécie e condições locais, além de outros aspectos.

Em relação a massa de matéria seca de raízes, em que não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos, isto ocorreu devido provavelmente a estratégia de crescimento de várias espécies florestais, que em solos mais pobres em nutrientes investem maior quantidade em produção de biomassa radicular, para melhor absorção dos nutrientes que estão prontamente disponíveis na solução do solo.

Para as respostas ao diferentes tratamentos, a análise de regressão apresentou comportamento linear para as variáveis diâmetro de coleto, área foliar e massa de matéria seca da parte aérea (Figura 1), evidenciando que as doses crescentes de biofóssido proporcionaram aumento no incremento médio das mesmas, até a dose máxima aplicada de 6 L vaso⁻¹.

Foi observado que quanto maior a dose de biofóssido, maior foi o diâmetro obtido, demonstrando uma relação diretamente proporcional. Com as doses de 1,5 e 3,0 L vaso⁻¹, houve incremento em crescimento quando comparado com a testemunha. Todavia, na dose de 6,0 L vaso⁻¹, o acréscimo foi maior para os parâmetros fitométricos. Tal fato ocorreu devido a maior concentração de nutrientes disponíveis na solução do solo que favoreceu o crescimento em diâmetro da espécie. O biofóssido é um composto rico em matéria orgânica, e possui macronutrientes que são essenciais para o crescimento das plantas (Sharma *et al.*, 2017).

O tratamento testemunha proporcionou menor crescimento às plantas, provavelmente devido à baixa oferta de nutrientes no solo. O uso de compostos que influenciam no aumento da taxa crescimento inicial é de suma importância em povoamentos florestais, visto que os indivíduos ficam menos susceptíveis a competição com plantas daninhas, prejudiciais ao seu crescimento (Resende *et al.*, 2017).

Em relação a área foliar, Lima Filho *et al.* (2019) encontraram resultados similares ao do presente trabalho, em que as doses crescentes de biofóssido proporcionaram comportamento linear da curva, evidenciando que a maior dose apresentou maior incremento médio. A variável área foliar é importante na formação de povoamentos florestais. A rápida cobertura florestal da área auxilia na proteção do solo, ocasionando melhorias nas suas características físicas e químicas (Keys *et al.*, 2018) dificultando o crescimento de vegetação espontânea, que conseqüentemente, reduz a necessidade de tratamentos culturais por períodos mais extensos.

Quando avaliado aos dados de análise química das amostras de solo, observou-se diferença significativa

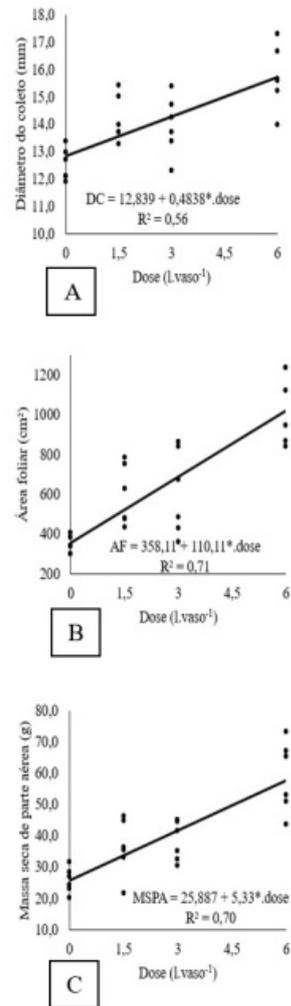


Figura 1. Características de crescimento de *Schinus terebinthifolia* em função de diferentes doses de biofóssido aos oito meses após o plantio. A – Diâmetro do coleto (mm); B – Área foliar (cm²) e C – Massa seca de parte aérea (g).

Figure 1. Growth characteristics of *Schinus terebinthifolia* as a function of different doses of biosolid at eight months after planting. A – Stem diameter (mm); B – Leaf area (cm²) e C – Shoot dry mass (g).

entre os tratamentos aplicados.

Observa-se pela Figura 2, que as equações ajustadas explicitaram comportamento linear das curvas para os elementos P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e para matéria orgânica (MO), evidenciando que com o aumento das doses até a maior aplicada (6 L vaso⁻¹), houve aumento da concentração dos nutrientes na solução do solo. Verificou-se que a maior dose de biofóssido disponibilizou mais nutrientes as plantas, favorecendo dessa forma o crescimento do diâmetro, massa de matéria seca da parte aérea e área foliar da espécie. Esses dados são semelhantes aos observados por Broderick & Evans (2017) e Guerrini *et al.*, (2017), ao qual observaram efeitos positivos nas plantas, quando utilizaram o biofóssido como fertilizante.

Com a finalidade de verificar o potencial de substratos à base de biofóssido e substrato comercial na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia*, Abreu *et al.* (2017b) observaram que quanto maior o aumento da dose de biofóssido contida no substrato, maior foi a concentração

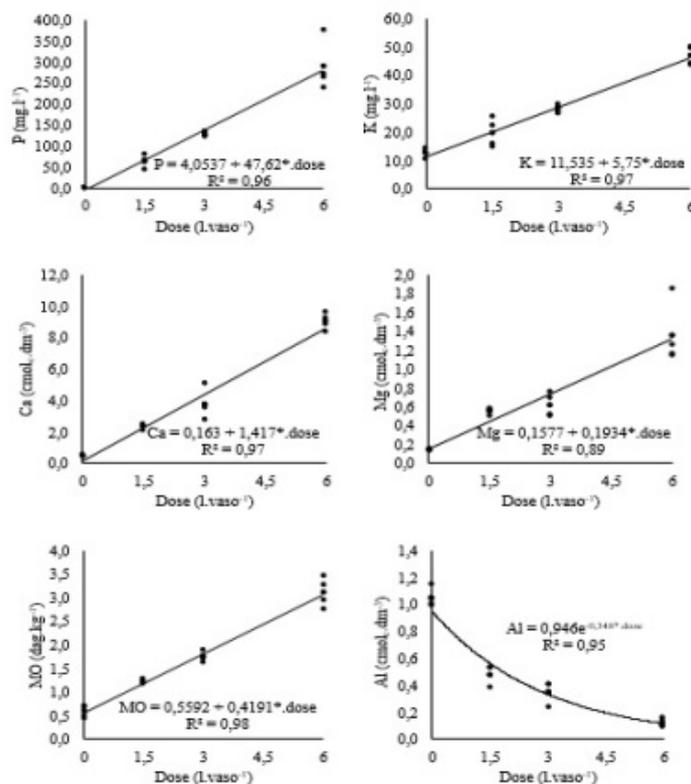


Figura 2. Teores de P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, MO e Al³⁺ em função de aplicação de doses crescentes de biossólido.

Figure 2. P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, MO e Al³⁺ contents as a function of increasing doses of biosolids.

de N, P, K e S disponíveis. Todavia, Silva *et al.* (2020) verificaram que a maior dose de biossólido (8 L) provocou redução do crescimento de *Senna multijuga* em até 50%. Diante disso, observa-se que doses elevadas podem causar toxidez nas plantas, fazendo-se necessário o estudo do comportamento dessas diferentes espécies, frente a diferentes doses de biossólido.

Avaliando possíveis mudanças na fertilidade do solo e crescimento de três espécies florestais da Mata Atlântica, Lopes & Leles (2020) verificaram que a quantidade de nutrientes disponíveis no solo foi maior no tratamento que recebeu a fertilização química, em comparação com a testemunha e a aplicação de biossólido que apresentou o maior teor de matéria orgânica no solo. Esse aumento nos teores de matéria orgânica, proporcionou maior taxa de sobrevivência para as espécies no campo, ainda, maior crescimento em altura para duas das três espécies avaliadas, evidenciando que este material pode ser utilizado como adubo orgânico para espécies florestais nativas.

Lima Filho *et al.* (2021), na avaliação de diferentes doses de biossólido como fertilizante de plantio para espécies arbóreas da Mata Atlântica, observaram que *Ceiba speciosa* e *Peltophorum dubium* responderam positivamente à aplicação de biossólidos. Aos 12 meses após plantio, verificaram que as covas que receberam biossólidos apresentaram valores significativamente maiores dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, que contribuíram para o crescimento das referidas espécies.

Na avaliação do crescimento de *Eucalyptus urophylla*

x *Eucalyptus grandis* em Latossolo Vermelho, em diferentes fontes de nutrientes, Afáz *et al.* (2017) constataram que a taxa de crescimento relativo se apresentou em maiores valores, nos tratamentos que receberam fertilização, quando comparado ao tratamento que não recebeu fertilização. Porém, não diferiram estatisticamente entre a fertilização mineral e o biossólido. Os autores concluíram que o resíduo de lodo de esgoto apresentou potencial para substituir os fertilizantes químicos no crescimento inicial de eucalipto.

Em relação ao alumínio (Al³⁺), o comportamento dos dados a regressão foi diferente dos nutrientes e MO, onde houve redução exponencial do teor de Al³⁺ com aumento das doses de biossólido (Figura 2). Lima Filho (2019) e Lopes & Leles (2020) demonstram que ao usar biossólido em solos ácidos, não há necessidade de realizar a aplicação de calcário na cova.

Tal fato explicita o potencial do biossólido como fonte de nutrientes e na possível complexação do Al³⁺, com potencial de uso como adubação de plantio, na formação dos povoamentos florestais, tendo em vista que na maioria dos casos, essas áreas apresentam baixa quantidade de nutrientes e teores elevados de Al³⁺, que afeta o crescimento das plantas e absorção de elementos essenciais. Com a diminuição do elemento tóxico no perfil do solo, o sistema radicular das plantas consegue se desenvolver para camadas mais profundas, modificando os padrões de absorção e o metabolismo de nutrientes, fazendo com que a planta aproveite melhor os nutrientes do solo e, conseqüentemente, o potencial de crescimento da planta é aumentado (Lopes & Leles, 2020).

- BRODERICK, S. R.; EVANS, W. B. Biosolids promote similar plant growth and quality responses as conventional and slow-release fertilizers. **Hort Technology**, v. 27, n. 6, p. 794-804, 2017. DOI: 10.21273/HORTTECH03639-17
- CALDEIRA, M. V. W.; FAVALESSA, M.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; SANTOS MOURA, R. R. Sewage sludge assessment on growth of *Acacia mangium* seedlings by principal components analysis and orthogonal contrasts. **Journal of Plant Nutrition**, v. 1, p. 1-9, 2018. DOI: 10.1080/01904167.2018.1450421
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, v. 1. 1039 p. 2003.
- GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição de eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 267-280, 2006.
- GUERRINI, I. A.; CROCE, C. G. G.; DE CARVALHO BUENO, O.; JACON, C. P. R. P.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, D. M.; CAPRA, G. F. Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. **Forestry and Urban Greening**, v. 22, p. 93-104, 2017 DOI: 10.1016/j.ufug.2017.01.015
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016. DOI: 10.18607/ES201653398
- KEYS, K.; BURTON, D. L.; PRICE, G.W.; DUINKER, P. N. Forest floor chemistry and mineral soil ion exposure after surface application of alkaline- treated biosolids under two white spruce (*Picea glauca*) plantations in Nova Scotia, Canada. **Forest Ecology and Management**, v. 417, p. 208-221, 2018. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.02.040
- LIMA FILHO, P.; GOMES, R. F.; RIBEIRO, J. G., ABREU, A. H. M., SANTOS, F. A. M., LELES, LELES, P. S. S. Biosolids as planting fertilization of tree species of the Atlantic forest and concentration of nutrients in soil layers. **BOSQUE**, v. 42, n. 1, p. 43-51, 2021. DOI: 10.4067/S0717-92002021000100043
- LIMA FILHO, P.; LELES, P. S. S.; ABREU, A. H. M.; SILVA, E. V.; FONSECA, A. C. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 27-39, 2019. DOI: 10.5902/1980509819340
- LOPES, L. N.; LELES, P. S. S. Biossólido de lodo de esgoto e fertilizantes químicos como adubação de plantio para espécies arbóreas: crescimento inicial e seus efeitos no solo. **Revista Ineana**, v. 8, n. 1, p. 28-43, 2020.
- MUNDT, F.; KASSAMBARA, A. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.5, 2017.
- MUNGUAMBE, J. F.; SILVA, O. M. C.; CHELENE, I. S.; COME, M. J.; SILVA, D. S. N.; VENTURIN, N. Quality of Indian cedar seedlings grown under micronutrient omission. **Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, p. 1-7, 2020.
- NOBREGA, M. A. S.; PONTES, M.S.; SANTIAGO, E. F. Incorporação de lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas nativas. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 43-55, 2017, 2017. DOI: 10.18571/acbm.121
- R Core Team. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.
- RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; FRANÇA JUNIOR, H. M.; MACHADO, A. F. L. Controle de plantas daninhas em propriedades rurais visando a restauração florestal. In: RESENDE, A. S.; LELES, P. S.S. (Eds.). Controle de plantas daninhas em restauração florestal. Brasília, **Embrapa**, v. 5, p. 85-99, 2017.
- SHARMA, B.; SARKAR, A.; SINGH, P.; SINGH, R. P. Agricultural utilization of biosolids: A review on potential effects on soil and plant grown. **Waste Management**, v. 64, p. 117-132, 2017. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.03.002
- SILVA, M. V.; CHAER, G. M.; LELES, P. S. S.; RESENDE, A. S.; SILVA, E. V.; BARROS, T. O. C. Uso de biossólido em plantios de espécies da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, e2728, 2020. Atlântica. DOI: 10.18671/scifor.v48n126.16
- SILVA, O. M. C.; HERNANDEZ, M. M.; ALMEIDA, R. S.; MOREIRA, R. P.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A. Seedlings of tree species produced in substrates based on organic composts. **Floresta**, v. 51, n. 2, p. 371-380, 2021. DOI: 10.5380/rf.v51 i2. 69047
- TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na mata atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018. DOI: 10.5902/1980509831647