

# Utilização de biossólido agroindustrial na composição de substrato para produção de mudas de sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.)

*Use of agroindustrial biosolids in substrate composition for production of "sangra d'água" (Croton urucurana Baill.)*

**Luiz Henrique Rodrigues de Oliveira**

Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNIPAM).

E-mail: [luizhenriqueamb@outlook.com](mailto:luizhenriqueamb@outlook.com)

**Maurício Antônio de Oliveira Coelho**

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: [mauricioac@unipam.edu.br](mailto:mauricioac@unipam.edu.br)

---

**Resumo:** Com o aumento da população mundial e com a redução do volume de água potável, o tratamento de efluentes industriais e domésticos vem sendo cada vez mais exigido com rigorosidade, reduzindo assim o lançamento do efluente bruto nos mananciais hídricos. Uma das formas de utilização desse lodo é a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo. Nesse contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes porcentagens de biossólido oriundo de uma agroindústria na composição de substrato para produção de mudas da sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.). Os tratamentos constaram de lodo industrial: substrato convencional utilizado no viveiro do IEF - 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de lodo. Os seguintes parâmetros foram avaliados: altura das mudas e diâmetro de caule. Os dados foram coletados aos 30, 60 e 90 dias. As porcentagens de lodo no substrato entre 25 e 50 % se mostraram as mais adequadas para o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas de sangra d'água, superando o crescimento e desenvolvimento das mudas com o substrato convencional utilizado no IEF de Patos de Minas. Na média das porcentagens de lodo avaliadas, não houve prejuízo para o crescimento e desenvolvimento das mudas de sangra d'água.

**Palavras-chave:** Lodo industrial. Mudas florestais. Resíduos.

**Abstract:** With the increase in the world population and the reduction in the volume of drinking water, the treatment of industrial and domestic effluents has been increasingly demanded with rigor, thus reducing the release of raw effluent in water sources. One way of using this sludge is to apply it to agriculture as a conditioner and soil fertilizer. In this context, this work was carried out with the objective of evaluating different percentages of biosolids from an agroindustry in the composition of substrate for the production of seedlings from sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.). The treatments consisted of industrial sludge: conventional substrate used in the IEF nursery - 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of sludge. The following parameters were evaluated: height of seedlings and stem diameter. Data were collected at 30, 60 and 90 days. The percentage of sludge in the substrate between 25 and 50% proved to be the most suitable for the growth and initial development of seedlings of sangra d'água, surpassing the growth and development of the seedlings with the conventional

substrate used in the IEF in Patos de Minas. In the average of the sludge percentages evaluated, there was no damage to the growth and development of the water bleeding seedlings.

**Keywords:** Industrial sludge. Seedlings. Waste.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e com a redução do volume de água potável, o tratamento de efluentes industriais e domésticos vem sendo cada vez mais exigido com rigorosidade nas indústrias e nos municípios, reduzindo assim o lançamento do efluente bruto nos mananciais hídricos. Porém, esse tratamento, qualquer que seja o processo utilizado, gera outro resíduo, conhecido por lodo de esgoto ou biossólido. No entanto, o destino do lodo produzido vem preocupando pesquisadores, órgãos ambientais, legisladores e empresas de tratamento do esgoto, em todo o mundo (MOREIRA *et al.*, 2003; MARTINS 2009; AZEVEDO, 2014).

Uma das formas de utilização desse lodo é a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo. De acordo com Bertoncini (1999), a possibilidade de fazer uso de resíduos industriais para fins agrícolas torna-se uma alternativa para resolver as questões de fertilização e destinação ambiental e econômica de resíduos. O lodo de estação de tratamento de esgoto é fonte de matéria orgânica, macro e micronutrientes e pode fornecer ao solo maior quantidade e qualidade de nutriente.

Silva *et al.*(1998), que trabalharam com a adubação do solo com lodo de esgoto (LE), mencionam que diversos autores apontam que no Brasil o LE foi avaliado como fertilizante para diversas culturas, mostrando que tem possibilidade de aproveitamento para esse fim, sendo fonte de N, P, K, Ca, Mg e Zn; em outros países, o LE de esgoto tem sido aplicado em solos para reflorestamento. Gera benefícios como o aumento da CTC do solo pela introdução de cargas negativas na porção orgânica e enriquece-o, principalmente em Ca e Mg. O LE adicionado ao solo age como corretivo de acidez, elevando o pH e reduzindo o teor de alumínio trocável.

Embora o uso do LE no solo agrícola possa ser interessante, a presença de metais pesados pode-se tornar motivo de preocupação em função da possibilidade de movimentação e consequente contaminação de camadas subsuperficiais do solo e águas subterrâneas por esses metais pesados (BERTONCINI, 1999).

A principal limitação do uso do lodo de esgoto na agricultura tem sido a presença de metais pesados potencialmente tóxicos e patógenos presentes nos resíduos. A concentração de metais pesados no lodo depende da atividade do desenvolvimento urbano e industrial da área que abastece a estação de tratamento. A adição de grandes quantidades de lodo de esgoto em aterros sanitários e na reciclagem agrícola pode levar à situação de solos altamente contaminados com metais pesados (AZEVEDO, 2014).

O incentivo à criação de projetos que visam a testar novas técnicas, a fim de garantir melhor qualidade nas recuperações de sítios degradados, é fundamental, devido à constante degradação do meio com consequente retardo da viabilidade dos recursos naturais (SOUZA; COSTA; CORAL, 2010).

Nesse sentido, a compreensão do meio a partir da iniciativa do projeto é justa, possibilitando a utilização do resíduo sólido e abrindo novos rumos para a aplicação do mesmo em caráter duplo na estruturação ambiental. O primeiro decorrente do uso de um composto considerado nocivo ao meio ambiental, que em sua grande maioria não possui uma destinação final adequada e viável. O segundo é o seu potencial nutritivo, sendo possível contribuir como agregado de micro/macro nutrientes de forma positiva nos fatores relacionados à produtividade em diversas culturas.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes concentrações de biossólido oriundo de uma agroindústria na composição de substrato para produção de mudas da sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.). Ainda visa a comparar o desenvolvimento do *Crotonurucurana* Baill. em diferentes dosagens de lodo; a comparar a eficiência silvícola do lodo com substrato comercial e a contribuir para ampliar a produção de dados em pesquisas científicas relacionadas à utilização do lodo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE

A Lei Federal nº 11.445 foi um marco regulatório que esclareceu e norteou o vários enigmas e furos que não eram contemplados pela legislação até então, definindo diretrizes nacionais para a prestação de serviços de água e esgoto, definindo direitos e obrigações da União para manter, estabelecer regulação, inspecionar e planejar políticas para o setor.

A lei determinou a criação de entidade reguladora específica em cada instância governamental e estabeleceu objetivos para o planejamento municipal de saneamento em que os municípios passaram a se estruturar como poder concedente. Criou mecanismos legais e políticos de pressão para atingir metas. É considerada um divisor de águas (IWAKI, 2017).

### 2.2 UTILIZAÇÃO DO LODO

O biossólido tem sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores, visto que apresenta um elevado conteúdo de matéria orgânica de macro/micro. Na Tabela 1, são descritos alguns autores que trabalharam com o uso do lodo em cultivares e espécies arbóreas.

**Tabela 1:** Autores que trabalharam com biossólido em cultivares e espécies arbóreas

<b>Autores</b>	<b>Espécies utilizadas</b>
Bettiol e Camargo (2004)	Milho cultivar CAT AL 30; híbrido AG1043; Savana 133s
Gadioli e Fortes Neto (2004)	Milho (Zeamays); Feijão preto ( <i>Phaseolusvulgaris</i> )
Guedes (2005)	<i>Eucalipto (Eucalyptusgrandis)</i> .
Lemainski e da Silva (2006)	Soja cultivar BRS Milena; cultivar BRS Pétala.
Silva <i>et al.</i> (2015)	Açaí ( <i>Euterpe oleraceae Mart.</i> ) cultivar BRS Pará.
Trigueiro e Guerrini (2014)	Aroeira-pimenteira ( <i>Schinusterebinthifolius Raddi</i> )

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2017.

## 2.3 VALORAÇÃO DO RESÍDUO

Segundo postulam Corrêa e Corrêa (2001), a reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica de esgotos reside na incorporação de biossólidos em solos. Problemas sanitários e econômicos norteiam o aproveitamento desses resíduos. As questões sanitárias podem ser superadas pela compostagem, secagem a calor, caleação ou insolação natural. A questão econômica é mais complexa, porque há uma série de custos e benefícios econômicos a serem mensurados. O valor do lodo fresco atingiu R\$22,00/tonelada, e os processos de estabilização empregados foram capazes de elevar esse valor entre 35%-620%.

Ainda segundo Corrêa e Corrêa (2001), a estabilização pela caleação apresentou muitas vantagens econômicas devido ao alto valor agregado ao produto. A secagem a calor foi a que mais agregou valor ao lodo fresco, atingindo R\$158,60/tonelada. Entretanto, os custos energéticos nesse processo atingem entre 27%-54% do valor intrínseco do produto. Apesar dos valores significativos atingidos, a consolidação de um mercado estruturado de biossólidos exige o crescimento da demanda por esses produtos.

O custo de transporte pode ser considerado fator limitante para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto, tendo como base sua alta taxa de umidade, sendo calculado seu valor agregado pelo método de mercados de bens substitutivos. Assim, o valor agregado ao lodo de esgoto calculado foi de R\$ 102,47/tonelada. O frete para cada tonelada de lodo de esgoto produzido na Estação de Tratamento é de R\$11,84 para distância de 25 km, que é a distância média entre a Estação e as fazendas da região (QUINTANA; BUENO; MELO 2012).

## 2.4 ELEMENTOS TÓXICOS

Os metais pesados que mais têm sido estudados, no solo ou na planta, são cobre, ferro, manganês e zinco. Esse fato pode ser justificado por dois motivos principais. Primeiro: esses metais pesados são também micronutrientes das plantas, o que tem despertado interesse pelo seu estudo sobre o ponto de vista da nutrição mineral das plantas para fins de previsão da disponibilidade no solo e da necessidade de suplementação por meio de fertilizantes, por aplicação direta no solo ou por pulverização foliar. Segundo: o interesse há muito despertado com relação a Cu, Fe, Mn e Zn levou ao desenvolvimento de métodos, hoje facilmente executados em grande número de laboratórios (MARQUES; MELO; MARQUES, 2001).

Ainda segundo Marques, Melo e Marques (2001) no caso dos outros metais pesados, principalmente As, Hg e Se, ainda hoje poucos são os laboratórios aptos a detectarem-nos em baixas concentrações em amostras de solo, de planta e de resíduos em geral, pelo fato de a metodologia ser mais sofisticada e pela inexistência de equipamentos como gerador de hidretos e de forno de grafite. Dessa forma, poucos são ainda os dados disponíveis sobre o efeito do lodo de esgoto aplicado na agricultura nos metais pesados como As, Se e Hg.

## 2.5 DESCRIÇÃO DO CROTON URUCURANA

A espécie sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.) pertence à família Euphorbiaceae; é árvore de 7-14 m, com tronco de 25-35 cm de diâmetro; possui folhas simples, de 9-18 cm de comprimento, pubescentes e prateadas na face inferior. (LORENZI, 1992).

É uma árvore pioneira, de pequeno a médio porte, heliófita, rápido crescimento com um ciclo de vida curto. Existem em diversas formações florestais brasileiras, principalmente em floresta estacional semidecídua. Pode suportar encharcamento e inundações, formando maciços quase puros em terrenos instáveis e aluviões às margens dos rios, mas ocorre também em clareiras e bordas de mata em terrenos secos de encosta, sendo resistente a épocas de friagem de pouca intensidade (DURIGAN *et al.*, 2002).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 ÁREA DE COLETA DO LODO

O lodo a ser utilizado no experimento foi proveniente da estação de tratamento de efluentes (ETE) do frigorífico de uma empresa situada no município de Patos de Minas (MG). O sistema de tratamento conta com quatro linhas: linha vermelha, linha verde, linha de sangue e linha sanitária.

O lodo em estudo é derivado da linha vermelha, responsável por tratar todo efluente que tenha sangue e gordura em sua composição. Após ser descartado dos setores de produção, passa por uma peneira estática, a fim de reter sólidos grosseiros. Em seguida, é acondicionado em um tanque de equalização para estabilizar o pH e homogeneizar. Aos poucos, esse efluente é encaminhado ao misturador onde são injetados os produtos químicos, como cloreto férrico (floculante) e Polímero (coagulante).

Já com o tempo de reação, o efluente é injetado com ar comprimido no flotor, onde ocorre a separação da parte sólida da parte líquida. O lodo flotado é raspado por pás giratórias e encaminhado a uma esterqueira onde o excesso de água pode escoar, local onde o lodo foi coletado para análise laboratorial.

A coleta do lodo foi de acordo com disposição prevista para coleta de amostras da Norma Brasileira NBR 10007:2004. Para caracterização da composição química, quando o lodo já se encontrava seco, foi coletado 1 kg desse material e enviado para o Centro de Análises Terrena, no município de Patos de Minas (MG).

### 3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O preparo da amostra foi realizado conforme metodologia EMBRAPA (1997): a secagem deve ser realizada ao ar livre conforme demonstrando na Figura 1, seguido de destorroamento e tamisação e posterior peneiramento em malha 9 mesh.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

O potencial agrônômico e as análises de metais pesados do lodo de esgoto foram determinados de acordo com a Resolução CONAMA n° 375/2006; a caracterização química deverá conter os parâmetros constantes na Tabela 2.

Depois de coletado, o lodo ficou exposto em uma estufa durante duas semanas para perda total de umidade. Para caracterização da composição química, quando o lodo já se encontrava seco, foi coletado 1 kg desse material e enviado para o Centro de Análises Terrena, no município de Patos de Minas (MG).

**Tabela 2:** Análise do lodo – Parâmetros analisados

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADOS
pH	-	6,40
Mat.Org	dag.kg <sup>-1</sup>	11,19
P	mg.dm <sup>-3</sup>	864,50
K	mg.dm <sup>-3</sup>	410,00
Ca	cmolc.dm <sup>-3</sup>	4,07
Mg	cmolc.dm <sup>-3</sup>	1,02
Al	cmolc.dm <sup>-3</sup>	0,50
H+Al	cmolc.dm <sup>-3</sup>	4,52
SB	cmolc.dm <sup>-3</sup>	6,14
CTC(t)	cmolc.dm <sup>-3</sup>	6,64
CTC (T)	cmolc.dm <sup>-3</sup>	10,66
m	%	7,53
V	%	57,60
B	mg.dm <sup>-3</sup>	5,20
Cu	mg.dm <sup>-3</sup>	4,10
Fe	mg.dm <sup>-3</sup>	3775,00
Mn	mg.dm <sup>-3</sup>	28,90
Zn	mg.dm <sup>-3</sup>	67,90
S	mg.dm <sup>-3</sup>	403,15
Argila	g.kg <sup>-1</sup>	260,00
Silte	g.kg <sup>-1</sup>	48,00
Areia	g.kg <sup>-1</sup>	692,00
COT	dag.kg <sup>-1</sup>	6,49

**Fonte:** Centro de Análises Terrena Agronegócios Ltda., 2017.

A Resolução cita parâmetros para presença de patógenos e indicadores bacteriológicos na caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado, sendo proibida a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Assim, o estudo utilizou mudas de espécies arbóreas, não havendo a necessidade da caracterização da presença de patógenos e indicadores bacteriológicos.

### 3.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS

Foi utilizado um total de vinte e cinco mudas de sangra d'água (*Crotonurucurana Baill.*), fornecidas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), em Patos de Minas.

### 3.5 OBTENÇÃO DO SOLO

O substrato utilizado nos vasos foi uma mistura, um litro de adubo NPK (nitrogênio, fósforo, potássio), 200 L de solo, 50 L de casca de café e esterco curtido. Os materiais foram homogeneizados e preenchidos os vasos com a mistura.

### 3.6 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS EXPERIMENTAIS

Após o processo de análises químicas, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm de diâmetro, para, posteriormente, serem adicionadas aos solos utilizados no experimento. A partir dos resultados da análise do lodo, foram avaliados os parâmetros e estabelecida a quantidade a ser utilizada. Todos os tratamentos foram construídos como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3:** Disposição do experimento e dosagem do substrato

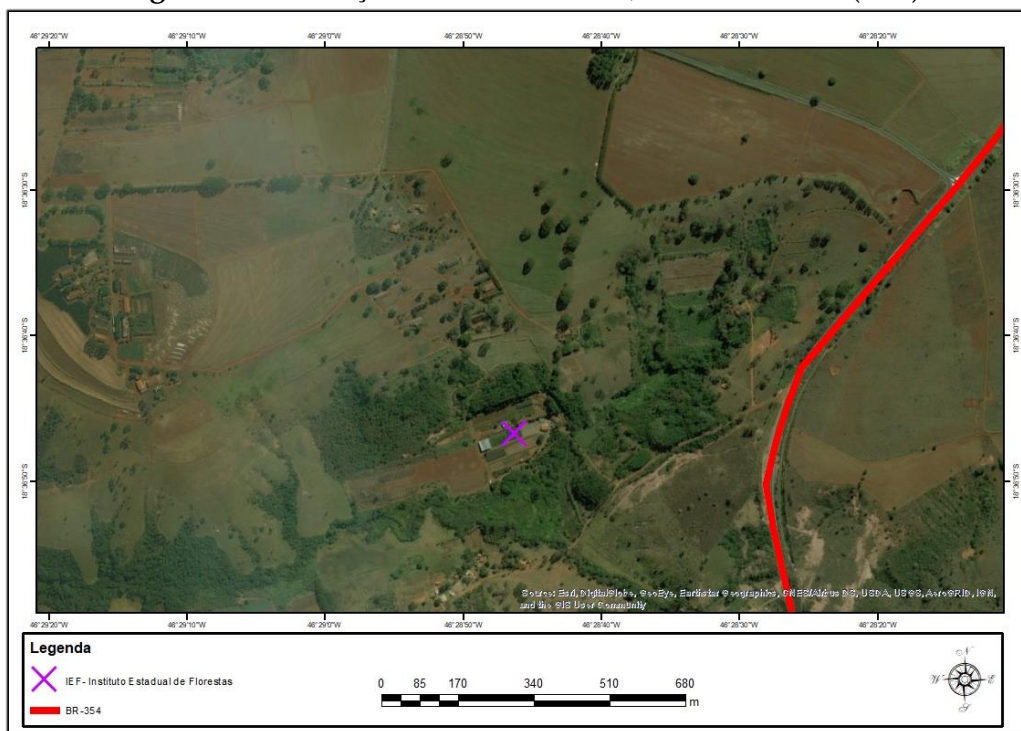
Tratamento	Descrição do substrato
T1	100% substrato comercial
T2	25% lodo + 75% substrato comercial
T3	50% lodo + 50% substrato comercial
T4	75% lodo+ 25% substrato comercial
T5	100% lodo

**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2017.

As amostras foram pesadas e misturadas, a fim de se homogeneizar e formar o substrato. O substrato foi acondicionado em fitocelas com capacidade para 4 L. Após preenchidas as fitocelas, as mudas foram retiradas com cautela de seus saquinhos, evitando o destorroamento, que poderia provocar danos às raízes. Posteriormente foram transplantadas e cobertas com seus devidos tratamentos.

A disposição das unidades experimentais foi em delineamento de blocos inteiramente casualizados, sendo cinco tratamentos com cinco repetições, totalizando vinte e cinco unidades experimentais. O experimento foi acondicionado no Viveiro de Mudas do Instituto Estadual de Florestas (IEF), em Patos de Minas (MG) (Figura 3), localizado nas coordenadas 18°36'46.84"S e46°28'46.67"O, Rodovia MG 354, km 171,5, zona rural sob irrigação diária, conforme Figura 1.

**Figura 1:** Localização do viveiro do IEF, Patos de Minas (MG)



Fonte: Arquivo dos autores, 2017.

### 3.7 PARAMETROS AVALIADOS

Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- *Altura de plantas:* crescimento em altura, medida com fita métrica graduada em centímetros, sendo a altura mensurada do tronco rente ao solo até a última folha presente na parte aérea da muda.
- *Diâmetro de caule:* diâmetro (mm) realizado com o auxílio de um paquímetro digital, sendo considerado o diâmetro na altura do solo (DAS). Esse parâmetro foi feito juntamente com a altura das mudas.

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados de acordo com os parâmetros foram inicialmente submetidos à análise de variância. Devido ao caráter quantitativo da % de lodo nos substratos, foram ajustados modelos de regressão para a altura das plantas e para o diâmetro do caule. Os critérios para escolha dos modelos foram maior coeficiente de determinação e significado biológico do modelo. Devido ao caráter qualitativo, nas diferentes épocas das avaliações (dias), os mesmos parâmetros foram comparados pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância está apresentado na Tabela 4. Houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste tukey a 5% entre as diferentes porcentagens de lodo no substrato, entre as diferentes épocas de avaliação das mudas (dias) e na interação lodo 90 dias.

**Tabela 4:** Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) no experimento conduzido no viveiro de mudas do IEF, Patos de Minas, 2017

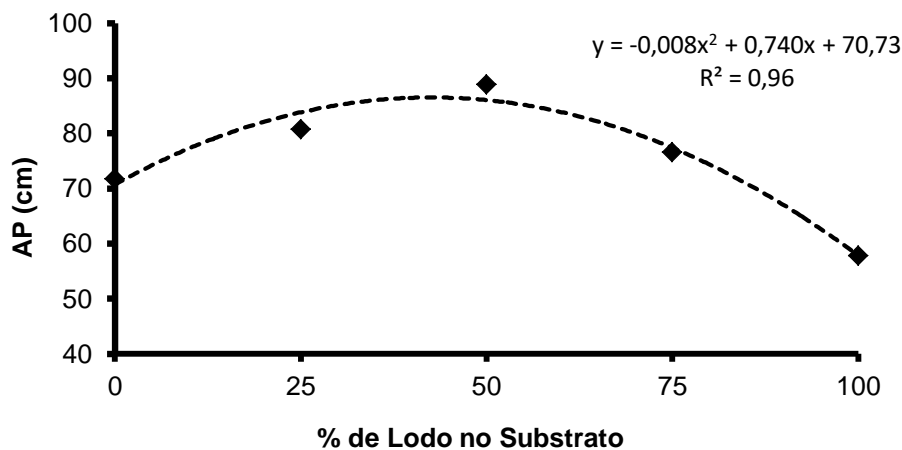
F.V.	G.L.	Soma de Quadrados	
		AP	DC
LODO (L)	4	1878**	0,2604**
DIAS (D)	2	34197**	2,4128**
L x D	8	671**	0,0427**
BLOCO	4	54**	0,0098**
RESÍDUO	55	89	0,0008
C.V. (%)		12,3	2,8
Média		76,6	1,01

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

##### 4.1 ALTURA DE PLANTAS

Observou-se que houve resposta quadrática da altura de plantas em função das porcentagens de lodo no substrato. A altura máxima de plantas foi obtida na com 46,25 % de lodo no substrato. Para a sangra d'água, as porcentagens de lodo no substrato superior a 46,25% reduziu o crescimento em alturas das mudas avaliadas (Gráfico 2).

**Gráfico 1:** Altura de plantas em função da % de lodo utilizada no substrato no experimento conduzido no viveiro de mudas do IEF, Patos de Minas, 2017



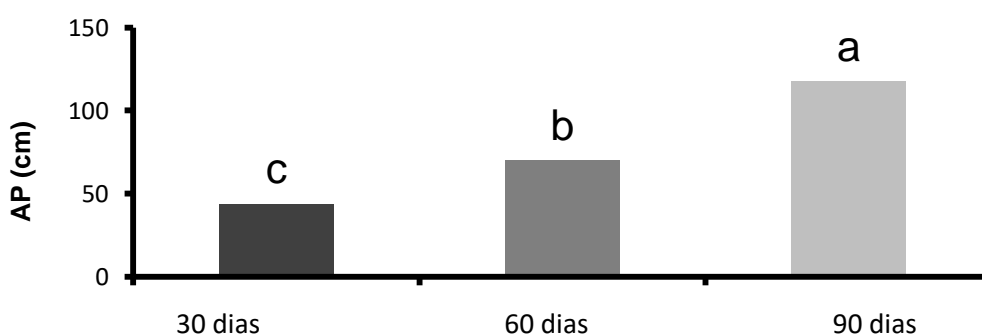
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

De acordo com Sorreano *et al.* (2008), para a mesma espécie sangra d'água (*Crotonurucurana Baill.*), há os sintomas de deficiência de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e o seu efeito na composição mineral das folhas e no crescimento das mudas. A espécie mostrou-se sensível à falta de Cu, Mn e Mo; são os primeiros a demonstrarem características de deficiência visual aos 40 dias após o início dos tratamentos, seguidos pelo B, Fe e Mo com deficiências visíveis aos 60 dias após o início dos tratamentos. O autor notou uma redução no desenvolvimento em altura e diâmetro do colo causados principalmente pela falta de B, Mn e Zn.

As altas concentrações de ferro e enxofre no lodo industrial podem ter causado toxidez das mudas e, conseqüentemente, promovido menor crescimento. Outro fator que pode explicar a redução na altura é a textura arenosa do lodo industrial (GOMES, 2017).

Verificou-se, nesse experimento, que, na média das porcentagens de lodo utilizadas na composição do substrato, a altura de plantas da sangra d'água diferiu estatisticamente entre as épocas avaliadas (Gráfico 2). A altura de plantas aos 90 dias foi estatisticamente superior à altura de plantas aos 60 e 30 dias de avaliação.

**Gráfico 2:** Altura de plantas em função das diferentes épocas de avaliações (dias) no experimento conduzido no viveiro de mudas do IEF, Patos de Minas, 2017.



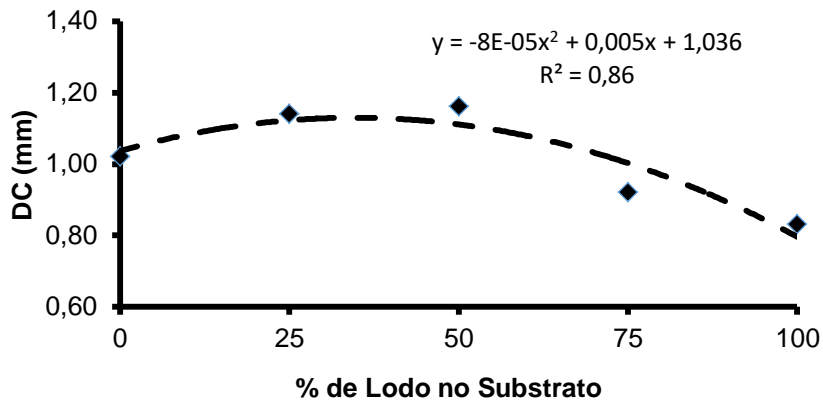
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Os resultados indicaram que o lodo contém altos valores de nutrientes, que são essenciais para um bom desenvolvimento de espécies vegetais.

#### 4.2 DIÂMETRO DO CAULE

Para o diâmetro de caule das mudas avaliadas, verificou-se que houve resposta quadrática em função das porcentagens de lodo no substrato. O diâmetro de caule máximo foi obtido com 31,25% de lodo no substrato. As porcentagens de lodo no substrato superiores a 31,25% reduziram o diâmetro do caule das mudas avaliadas (Gráfico 3).

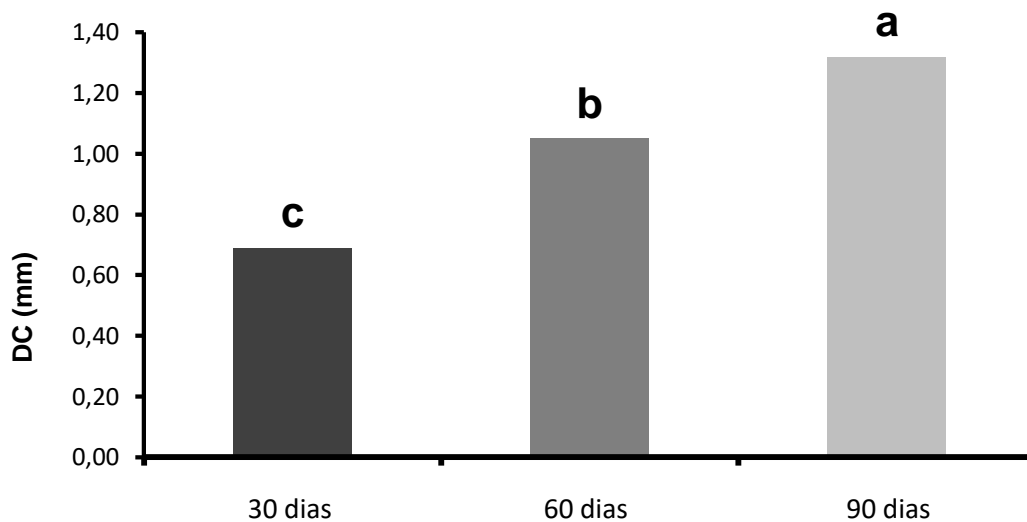
**Gráfico 3:** Diâmetro do caule das mudas em função da % de lodo utilizada no substrato no experimento conduzido no viveiro de mudas do IEF, Patos de Minas, 2017



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Na média das porcentagens de lodo utilizadas na composição do substrato, o diâmetro do caule das mudas de sangra d'água diferiu estatisticamente entre as épocas avaliadas (Gráfico 4). O diâmetro de caule aos 90 dias foi estatisticamente superior ao diâmetro de caule 60 e 30 dias de avaliação.

**Gráfico 4:** Diâmetro do caule das mudas em função das diferentes épocas de avaliações (dias) no experimento conduzido no viveiro de mudas do IEF, Patos de Minas, 2017



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O menor valor obtido no diâmetro do caule aos 30 e 60 dias pode ser justificado pelo fato de a concentração de alguns dos nutrientes aumentar significativamente após o primeiros 30 dias do plantio (REZENDE *et al.*, 2007). Alguns autores ressaltam que o

K (potássio) ajuda no crescimento do diâmetro do coleto proporcionando o engrossamento do caule das mudas (VALERI; CORRADINI, 2005).

Segundo Carneiro (1995), o diâmetro do caule é a variável mais observada para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo; com ele se definem as doses de fertilizantes a serem aplicados na produção de mudas.

Sugerem-se mais estudos sobre a disponibilização dos nutrientes contidos no lodo. Os resultados desses estudos poderiam mostrar não só as reais necessidades das plantas durante sua fase de viveiro, mas também a amplitude ecológica para sobreviver em ambientes naturais; assim, poderiam ser estabelecidos índices ainda maiores de economia de fertilizantes. Portanto, além do benefício ambiental, o uso de lodo como componente de substrato para produção de mudas é uma opção de grande interesse econômico.

## 5 CONCLUSÕES

As porcentagens de lodo no substrato entre 25 e 50 % se mostraram as mais adequadas para o crescimento e o desenvolvimento inicial das mudas de sangra d'água, superando o crescimento e desenvolvimento das mudas com o substrato convencional utilizado no IEF de Patos de Minas. Na média das porcentagens de lodo avaliadas, não houve prejuízo para o crescimento e desenvolvimento das mudas de sangra d'água.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10007:2004. Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, L. dos. S. **Aproveitamento dos subprodutos gerados nas estações de tratamento de esgoto de Juiz de Fora**. 2014, 79 f. Trabalho de conclusão de curso. (Saneamento) - Universidade federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. *In*: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F. A. O. **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Embrapa Meio Ambiente. 2005. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MICROBIOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE: ANTECEDENTES HISTÓRICOS E PERSPECTIVAS, 2005, São Paulo/SP. **Anais...** São Paulo/SP: USP, 2005. p.1-19.

BERTONCINI, E.I. **Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto**. Dissertação de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, Paracicaba/SP, 1999.

**BRASIL.** Lei nº 11.445, 5 de janeiro de 2007. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em: 07 de mar. 2017.

CARDOSO, N. G. **Resposta de forrageiras á diferentes doses de lodo de curtume de “tecnologia limpa”, em condições controladas e a campo.** Dissertação de mestrado em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

CARMO, D. L. dos.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos. **R. Bras. Ci. Solo**, 36: 2012, p. 1211-1220.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995.

CONAMA CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 375, 29 de agosto de 2006.** Disponível em:  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 07 de março. 2017.

COSTA, A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, T. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005.

CORRÊA, R. S.; CORRÊA, A. S. **Valoração de biossólidos como fertilizantes e condicionadores de solos.** *Sanare* (Rev. Tec. Sanepar), 16: 49-56, 2001.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais.** 2. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 65 p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997.

FERREIRA, M. **Escolha de espécies de eucalipto.** Circular Técnica IPEF, v. 47, p.1-30, 1979.

GADIOLI, J. L.; FORTES NETO, P. Rendimento de milho e de feijão preto cultivado em solo acrescido de lodo de esgoto. *Sanare*, Curitiba, PR, v. 21, p. 53-58, 2004.

GOMES, S. G. 2017. **Utilização do lodo de estação de tratamento de efluentes de frigorífico na composição do substrato para produção de mudas de tucaneira (*Cyntharexylum myrianthum*).** Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIPAM: Patos de Minas/MG.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. 2005, 169f. Tese (Doutorado em Silvicultura e Manejo Florestal). Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. São Paulo, 2005.

HANDA, R. M.; NOGUEIRA, A. Determinação de umidade a 65°C em amostras de lodo de esgoto. *In: Andreoli, C. V.; Bonnet, B. R. P. (coords.). Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Sanare, Curitiba, PR, 1998. p.73-74.*

IWAKI, G. **Destinação final de lodos de ETA's e ETE's**. Portal Tratamento de Água. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-final-de-lodos-de-etas-e-etes/>. São Paulo, 2017. Acesso em: 06 de março. 2017.

KITAMURA, Aline Emy; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32:405-416, 2008.

LEMAINSKI, J.; DA SILVA, J. E. Avaliação agronômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.10, p.1477-1484, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

MARQUES, M. O.; MELO, W.J.; MARQUES, T. A. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura. *In: TSUTYIA, M.T. et al. (orgs.). Biossólido na Agricultura*. São Paulo: SAPESP, 2001. cap. 12, p. 365-403.

MARTINS, R. D. A. População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. **Ambient. soc.**, Campinas, vol.12, n.2, jul./dez. 2009.

MOREIRA, R. E.; PIMENTEL, M. S.; RUMJANEK, N. M.; DE-POLLI, H. Avaliação de biossólido de águas servidas domiciliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol. 38, n.12, p. 1435-1441. 2003.

QUINTANA, N. R. G.; BUENO, O. de. C.; MELO, W. J. de. Custo de transporte do lodo de esgoto para viabilidade no uso agrícola. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 27, n.3, julho-setembro, p. 90-96, 2012.

REZENDE, C. F. A. *et al.* Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 367-375, 2010.

SAITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 06 de março. 2017.

SANTOS, J. A.; SANTOS, V. B.; ARAUJO, S. F. Alterações na atividade microbiana e na matéria orgânica do solo após a aplicação de lodo de esgoto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 17-23, 2009.

SILVA, F. M. F. **Matéria orgânica na cafeicultura.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Campus Muzambinho, 2010.

SILVA, F. C. da.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v. 33, n. 1, 1998. p. 1-8.

SILVA, G. R. da.; AMARAL, I. G.; GALVÃO, J. R.; PINHEIRO, D. P.; JÚNIOR, M. L. DA S.; MELO, N. C. Uso do lodo de curtume na produção de plantas de açaizeiro em fase inicial de desenvolvimento. **Agrária**, Recife, v. 10, n. 4, p. 506-511, 2015.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de micronutrientes em mudas de sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.). **Cerne**, Lavras, v. 14, p. 127-132, 2008.

SOUZA, L. M.; COSTA, M. C.; CORAL, D. J. **Análise do método de nucleação na recuperação de matas ciliares.** 2010. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Sagrado Coração – Bauru - SP. 2010.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p. 167-190.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta.** São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1976.