

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

BIOSSÓLIDO DE LODO DE ESGOTO NA RESTAURAÇÃO
FLORESTAL: PRODUÇÃO DE MUDAS E ADUBAÇÃO DE PLANTIO

GERHARD VALKINIR CABREIRA

Seropédica - RJ
Fevereiro 2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**BIOSSÓLIDO DE LODO DE ESGOTO NA RESTAURAÇÃO
FLORESTAL: PRODUÇÃO DE MUDAS E ADUBAÇÃO DE PLANTIO**

GERHARD VALKINIR CABREIRA

Sob a Orientação do Professor
Paulo Sérgio dos Santos Leles

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração Silvicultura e Manejo Florestal.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C117b Cabreira, Gerhard Valkinir , 1991-
Biossólido de lodo de esgoto na restauração
florestal: produção de mudas e adubação de plantio /
Gerhard Valkinir Cabreira. - 2017.
64 f.

Orientador: Paulo Sérgio dos Santos Leles.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais, 2017.

1. nutrição florestal. 2. matéria orgânica. 3.
recipiente. I. Leles, Paulo Sérgio dos Santos, 1966-
orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
e Florestais III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

GERHARD VALKINIR CABREIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 17/02/2017

Paulo Sérgio dos Santos Leles Prof. Dr. - UFRRJ
Orientador

Alexander Silva de Resende / Pesq. Dr. Embrapa Agrobiologia
Membro

Eduardo Lima / Prof. Dr. UFRRJ
Membro

José Carlos Arthur Junior / Prof.. Dr. UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades dadas e por sempre me acompanhar em minha caminhada me oferecendo sabedoria e determinação.

Aos meus pais, Alcemar e Zenite, pelo apoio em continuar na UFRRJ para realizar o mestrado e nunca permitirem a minha desistência na formação, sempre acreditando em mim.

Aos meus irmãos Evelyn, Wilbert e Herbert pela infância juntos.

Agradeço à minha namorada Nayara pelo apoio, companhia e paciência dia após dia.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo aprendizado de quase sete anos, desde à graduação até o mestrado, me ensinando como profissional e como pessoa.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, pela oportunidade de realizar o mestrado e me qualificar.

À Associação Pró-gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), pelo investimento em minha pesquisa, facilitando e custeando a realização de análises laboratoriais e deslocamento para coletas de dados.

À Acácia Amarela Produção de Mudas e Consultoria Ambiental Ltda, pela disponibilização da área experimental para implantação do experimento de campo, em especial ao Charles e sua equipe, pela recepção e pelo apoio no plantio e medição das mudas.

Ao professor Paulo Sérgio dos Santos Leles por todas as oportunidades que me foi dada, desde o estágio no Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER), até o mestrado, com toda a sua orientação e ensinamento.

A toda equipe do LAPER. Todos aqueles que pude conhecer desde minha entrada no laboratório em 2010 até os dias atuais. Em especial agradeço ao Tafarel; grande amigo que esteve presente em grande parte dessa jornada. Agradeço também ao Jorge, por todo apoio e conhecimento transmitido, me auxiliando no mundo da pesquisa. Não posso deixar de citar os demais colegas de laboratório: Alan, Avner, Flávia, Juçara, Lucas, Marcelo, Monique e Thasso, que em algum momento ajudaram em meu experimento, seja em coletas realizadas ou participação na revisão e submissão de trabalhos.

Ao Paulo César (PC) sempre presente nas atividades de campo do LAPER com suas histórias.

Ao Tião, a Cacá e ao Alex, funcionários do IF que sempre me recebem de boa vontade no viveiro florestal.

A todos os professores que passaram em minha vida acadêmica com seus ensinamentos.

Aos membros da banca, professores Alexander, Eduardo Lima e Arthur por aceitarem em me avaliar neste trabalho.

Agradeço a toda turma 2010-II pelos inúmeros momentos que me ofereceram nessa caminhada de RURAL em especial ao Thales Lima com sua sabedoria e chatice diária, à Marcelle, sempre feliz e sorridente, à Amanda Arantes, que o importante é ser contrária ao que eu falo, só para gente brigar e à Thamires Guterres, uma amiga super especial que tenho grande consideração, chorona e chata.

Aos grandes amigos que a RURAL me deu, dentre eles a Gabriela Bastos, Beatriz Griffo, Beatriz Rodrigues, Ana Carol, Caroline Almeida, Monstrinho e Alan Parceró.

Aos amigos e porque não IRMÃOS de República: Gabriel, João Flávio, Hudson, Bimbim, Jão Manel, Thomas e Pablo pela paciência, companheirismo e amizade; pelos momentos vividos, a diversão, além do sofrimento nos estudos.

A todas outras pessoas não citadas aqui, mas que direta ou indiretamente auxiliaram na realização desse trabalho. A todos vocês, meu muito obrigado.

RESUMO

CABREIRA, Gerhard Valkinir. **Biossólido de lodo de esgoto na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio**. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Uma das maneiras de impulsionar a restauração florestal é com o plantio de espécies arbustivas e arbóreas para a formação dos povoamentos florestais. Para isso, faz-se necessário a obtenção de mudas de qualidade, pois irá proporcionar maior capacidade de resistirem às condições adversas encontradas no campo; e essa qualidade está intimamente relacionada à escolha do tipo de recipiente e do substrato. Dentre os produtos com potencial de uso como substrato para produção das mudas florestais tem-se o lodo de esgoto estabilizado (biossólido). Um resíduo sólido oriundo das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), rico em matéria orgânica e nutrientes e que possibilita aumento na produção dos viveiros, diminuição de custos, além de constituir uma forma adequada de reciclagem de resíduos sólidos. Nesse contexto, a primeira parte desse estudo teve por objetivo avaliar o crescimento de mudas de três espécies florestais produzidas em tubetes de 110 e de 280 cm³, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) aplicados ao biossólido como substrato base. Também, foi avaliado a sobrevivência e crescimento inicial destas mudas após plantio. Nessa análise, os resultados mostraram que as mudas das três espécies responderam positivamente ao acréscimo de fertilizante de liberação controlada junto ao biossólido. O plantio em campo apresentou boa sobrevivência e crescimento das mudas, indicando ser melhor produzir mudas das três espécies, em tubetes de 280 cm³ com 3 kg de fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) por m³ de biossólido, aplicados na época de enchimento dos tubetes. A partir dos resultados que o biossólido apresentava no viveiro, buscou-se avaliar o uso do biossólido como adubação de plantio em condições de campo, comparando ao uso de fertilização mineral, utilizando duas espécies florestais de crescimento e resposta controlada. Nos primeiros meses após o plantio, basicamente não houve diferença significativa entre o uso de biossólido e fertilização mineral.

Palavras chave: nutrição florestal, matéria orgânica, recipiente.

ABSTRACT

CABREIRA, Gerhard Valkinir. **Sewage sludge biosolids in forest restoration: seedlings production and planting fertilization.** 2017. 65 p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forestry Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

One of the ways to promote forest restoration is through the planting of shrub and tree species for the formation of forest stands. For this, it is necessary to obtain quality seedlings, as it will provide greater capacity to withstand the adverse conditions found in the field; and this quality is closely related to the choice of container type and substrate. Among the products with potential of use as substrate for the production of the forest seedlings is the stabilized sewage sludge (biosolid). A solid waste from Sewage Treatment Plants, rich in organic matter and nutrients, which allows an increase in nursery production, cost reduction and an adequate form of solid waste recycling. In this context, the first part of this study had the objective of evaluating the growth of seedlings of three forest species produced in tubes of 110 and 280 cm³, with increasing doses of controlled release fertilizer applied to biosolids as substrate base. Also, the survival and initial growth of these seedlings after planting were evaluated. In this analysis, the results showed that the seedlings of the three species responded positively to the addition of controlled release fertilizer to the biosolids. Field planting showed good survival and seedling growth, indicating that it was better to produce seedlings of the three species in 280 cm³ tubes with 3 kg of controlled release fertilizer N-P-K (15-09-12) per m³ of biosolids, applied at the time of filling of the tubes. From the results of the biosolids in the nursery, the objective was to evaluate the use of biosolids as fertilizer in field conditions, comparing them to the use of mineral fertilization, using two forest species with controlled growth and response. In the first months after planting, there was basically no significant difference between the use of biosolids and mineral fertilization.

Key words: fertilizer, forest species, forest nutrition, organic matter, tube.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: EFEITO DO USO DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E DO VOLUME DO RECIPIENTE NA PRODUÇÃO E NO PLANTIO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS18

Tabela 1: Análise química do bio sólido (amostra base seca) em (%), utilizado como substrato para produção de mudas de espécies florestais21

Tabela 2: Resumo da análise de variância (quadrado médio) para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raízes (MSR) em função de diferentes recipientes e doses de fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) para produção de mudas de *Schinus terebenthifolius*, aos 112 dias após a repicagem26

Tabela 3: Valores médios das características de crescimento de mudas de *Schinus terebenthifolius*, aos 112 dias após a repicagem, em doses de fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12), utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³29

Tabela 4: Teor médio de macronutrientes da parte aérea, em g.kg⁻¹, em mudas de *Schinus terebenthifolius* submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada em dois volumes de tubete, aos 112 dias após a repicagem30

Tabela 5: Equações do conteúdo total médio dos macronutrientes presentes na biomassa de matéria seca da parte aérea, em g.muda⁻¹, em função de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, de mudas de *Schinus terebenthifolius* produzidas em dois volumes de tubete, aos 112 dias após a repicagem.....31

Tabela 6: Sobrevivência e crescimento de *Schinus terebenthifolius*, oriundas de dois volumes de tubete e submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, aos cinco e doze meses após o plantio, em área de reflorestamento, município de São Francisco do Itabapoana – RJ32

Tabela 7: Quadrado médio da análise de variância para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSR) em função de diferentes volumes de recipiente e doses de FLC para produção de mudas de *Schizolobium parahyba*, aos 93 dias após a repicagem34

Tabela 8: Média das variáveis de crescimento mensuradas de mudas de *Schizolobium parahyba*, aos 93 dias após a repicagem, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC), utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³37

Tabela 9: Teor médio de macronutrientes da parte aérea, em g.kg⁻¹, em mudas de *Schizolobium parahyba*, submetidas a fertilização com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC) em dois volumes de tubete, aos 93 dias após a repicagem38

Tabela 10: Equações do conteúdo total médio dos macronutrientes presentes na matéria seca da parte aérea (MSPA), em g kg ⁻¹ , em função de doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC), de mudas de <i>Schizolobium parahyba</i> produzidas em dois volumes de tubete, aos 93 dias após a repicagem	38
Tabela 11: Médias da altura da parte aérea, da sobrevivência e do diâmetro ao nível do solo (DNS) de mudas de <i>Schizolobium parahyba</i> produzidas em dois volumes de tubetes com doses crescentes de FLC, aos cinco e doze meses após o plantio, em área de reflorestamento, no município de São Francisco do Itabapoana – RJ	39
Tabela 12: Resumo da análise de variância (quadrado médio) para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raízes (MSR) em função de diferentes recipientes e doses de fertilizante de liberação controlada, para produção de mudas de <i>Inga laurina</i> , aos 156 dias após a repicagem	42
Tabela 13: Média das variáveis de crescimento mensuradas de mudas de <i>Schizolobium parahyba</i> , aos 93 dias após a repicagem, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC), utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm ³	45
Tabela 14: Teor médio de macronutrientes da parte aérea, em g.kg ⁻¹ , em mudas de <i>Inga laurina</i> , submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada em dois volumes de tubete, aos 156 dias após a repicagem	46
Tabela 15: Equações do conteúdo total médio dos macronutrientes presentes na biomassa de matéria seca da parte aérea, em g.kg ⁻¹ , em função de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, de mudas de <i>Inga laurina</i> produzidas em dois volumes de tubete, aos 156 dias após a repicagem	47
Tabela 16: Valores médios das características de crescimento de ingá, aos 60 dias após transplântio nos recipientes PET em quatro doses de fertilizante de liberação controlada, utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm ³	48
Tabela 17: Equações das características de crescimento de <i>Inga laurina</i> , aos 60 dias após transplântio nos recipientes PET em quatro doses de fertilizante de liberação controlada, oriundas de tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm ³	49
Tabela 18: Sobrevivência e crescimento de <i>Inga laurina</i> , oriundas de dois volumes de tubete e submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, aos cinco e doze meses após o plantio, em área de reflorestamento, município de São Francisco do Itabapoana – RJ.....	50
CAPÍTULO II: USO DE BIOSSÓLIDO DE LODO DE ESGOTO COMO ADUBO DE PLANTIO DE MUDAS DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA.....	92

Tabela 1: Análise química de Planossolo Háptico, em área experimental de reflorestamento da Embrapa Agrobiologia, Município de Seropédica, RJ e do biossólido da estação de tratamento de esgoto (ETE), Ilha do Governador, Rio de Janeiro – RJ	61
Tabela 2: Sobrevivência (%) e incremento em altura (IncAlt) e em diâmetro ao nível do solo (IncDns) de plantas de <i>Zeyheria tuberculosa</i> e de <i>Guazuma ulmifolia</i> em respostas as doses de biossólido ou adubação mineral, aos 6 meses após o plantio em Seropédica, RJ	62

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: EFEITO DO USO DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E DO VOLUME DO RECIPIENTE NA PRODUÇÃO E NO PLANTIO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS18

Figura 1: Extrato do balanço hídrico mensal, da série histórica para o local de plantio, localizado na Estação Ecológica de Guaxindiba, município de São Francisco do Itabapoana, RJ24

Figura 2: Altura de mudas de *Schinus terebenthifolius* após repicagem, produzidas em tubetes 110 cm³ e 280 cm³, sob quatro doses de fertilizante de liberação controlada, utilizando bio sólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t25

Figura 3: Crescimento de mudas de *Schinus terebenthifolius* em função de diferentes doses de Fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) produzidas em dois volumes de tubetes, utilizando bio sólido como substrato. MSPA = massa de matéria seca de parte aérea. *significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t; ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t28

Figura 4: Altura média de mudas de *Schizolubium parahyba* após a repicagem, produzidas em tubetes 110 cm³ (A) e 280 cm³ (B), sob doses crescentes de fertilizante de liberação controlada, utilizando bio sólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t33

Figura 5: Média do crescimento em altura, diâmetro do coleto, área foliar (AF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Schizolubium parahyba*, aos 93 dias após repicagem, em função de doses crescente de FLC produzidas em dois volumes de tubetes, utilizando bio sólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t35

Figura 6: Altura das mudas de *Inga laurina* em função do número de dias após a repicagem, produzidas em tubete 110 cm³ (A) e 280 cm³ (B) sob diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, utilizando 100% de bio sólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade41

Figura 7: Crescimento de mudas de ingá em função de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, produzidas em dois volumes de tubetes, utilizando bio sólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade; **significativo ao nível de 5% de probabilidade; *** significativo ao nível de 10% de probabilidade43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	01
2. OBJETIVO GERAL	02
2.1 Objetivos específicos	02
3. REVISÃO DE LITERATURA	03
3.1 Substrato	03
3.2 O biossólido	04
3.3 Recipientes	05
3.4 Adubo de liberação controlada	07
3.5 Biossólido como adubação de campo	08
3.6 Espécies florestais estudadas	09
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO I: EFEITOS DO USO DO FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E DO VOLUME DO RECIPIENTE NA PRODUÇÃO E NO PLANTIO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS	
18	
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1. Fase de viveiro	21
2.2. Crescimento em condições controladas	22
2.3. Fase de campo	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. <i>Schinus terebenthifolius</i>	25
3.1.1 Fase de Viveiro	25
3.1.2. Fase de campo	31
3.2. <i>Schizolubium parahyba</i>	33
3.2.1 Fase de viveiro	33
3.2.2. Fase de campo	39
3.3. <i>Inga laurina</i>	41
3.3.1. Fase de viveiro	41
3.3.2. Crescimento em condições controladas	47
3.3.3. Fase de campo	49
4. CONCLUSÕES.....	50
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO II: USO DE BIOSSÓLIDO DE LODO DE ESGOTO COMO ADUBO DE PLANTIO DE MUDAS DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA.....	
58	
1. INTRODUÇÃO	60
2. MATERIAL E MÉTODOS	60

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4. CONCLUSÃO	63
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1. INTRODUÇÃO GERAL

O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e consequentemente a destruição de boa parte dos recursos naturais, particularmente das florestas (MARTINS, 2012). Ao longo da história do país, a cobertura florestal nativa representada pelos diferentes biomas, foi fragmentada, cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as cidades.

Buscando reverter esse cenário, a restauração florestal vem se destacando, e segundo Martins (2012), tem a função de proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes nos sistemas naturais. Dessa forma, a atividade de restauração florestal vem ganhando importância através da formação de povoamentos florestais com o plantio de espécies arbóreas.

Abreu et al. (2015) destacam que, para que esses reflorestamentos sejam formados, existe a necessidade de aumentar a quantidade e qualidade de produção de mudas de espécies florestais nativas, que sejam adaptadas às condições dos locais de plantio, com qualidade e preços atrativos. Assim, é necessária a busca por técnicas que adequem as mudas às condições edafo-climáticas onde se deseja realizar a formação do povoamento.

Dessa forma, soluções que proporcionem a obtenção de mudas de qualidade são cada vez mais estudadas, Carneiro (1995) destaca que o êxito de plantios florestais, tanto para fins de produção quanto de conservação, não está ligado unicamente à espécie utilizada, mas também relacionada à qualidade das mudas produzidas. Estas devem resistir às condições adversas encontradas no campo, e irão influenciar diretamente sobre a sobrevivência e crescimento inicial das mudas no campo.

Dentre os principais fatores que irão influenciar na obtenção de mudas de qualidade, destaca-se o tipo de recipiente e o seu volume. O recipiente é importante pois, segundo Carneiro (1995), deve propiciar suporte, aeração e água para as mudas, protegendo as raízes de danos mecânicos e da desidratação. Além disso, ele irá moldar o sistema radicular na forma mais favorável para o crescimento das raízes, maximizando a sobrevivência e crescimento inicial das mudas após o plantio no campo.

A escolha do melhor recipiente a ser utilizado, é feito com base na quantidade de mudas a serem produzidas e o tempo que elas permanecerão no viveiro (SILVA, 2007). Além disso, deve ser considerado também, as condições da área onde o plantio será realizado e o custo de transporte das mudas até o local e a mão-de-obra envolvida na atividade de plantio (ABREU et al., 2015).

Pelo fato de possuírem menor volume e peso do que as de sacos plásticos, as mudas em tubetes tendem a facilitar a logística de campo. Isso faz com que, a tendência para a produção das espécies florestais, seja o uso cada vez maior de tubetes em substituição aos sacos plásticos (ABREU et al., 2015). Além disso, Davide e Faria (2008) destacam que, as estrias internas existentes nos tubetes irão dificultar o enovelamento radicular das mudas, possibilitando um maior crescimento inicial no campo.

Outro fator inerente na obtenção de mudas de qualidade é o tipo de substrato utilizado, pois ele poderá interferir no crescimento das raízes, tempo de formação no viveiro e no estabelecimento da muda em campo (VIEIRA et al., 1998); além disso, quando adequado, fornece condições favoráveis ao crescimento das mudas e auxilia no bom estabelecimento no campo (SOMAVILLA et al., 2014).

O substrato ideal é aquele que apresenta uniformidade em sua composição, baixa densidade, boa capacidade de campo, de troca catiônica, de retenção de água, de porosidade, porém, também adequada aeração e drenagem, sendo isento de pragas e patógenos (GOMES e

PAIVA, 2008). Além disso, os custos na aquisição e a quantidade disponível localmente, também devem ser considerados na escolha de um componente para o substrato.

Dentre os produtos com potencial de uso, como substrato, para produção das mudas florestais tem-se o lodo de esgoto estabilizado (biossólido). O biossólido é um resíduo sólido oriundo das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que tem sido testado com eficiência na produção de mudas florestais (PAIVA et al., 2009; SCHEER et al., 2010; DUARTE et al., 2011; SCHEER et al., 2012; SANTOS, 2013; ABREU, 2014; LIMA FILHO, 2015). Rico em matéria orgânica e nutrientes possibilita aumento na produção dos viveiros, diminuição de custos, além de constituir-se em uma forma adequada de aproveitamento de resíduos sólidos.

A utilização do biossólido como substrato pode propiciar um melhor aproveitamento de nutrientes pela planta, em relação à adubação mineral, visto que os mesmos estão na forma orgânica e são liberados gradativamente, suprimindo de modo mais adequado as exigências nutricionais no decorrer do ciclo biológico (CARVALHO; BARRAL, 1981; ABREU, 2014). Nesse sentido, o lodo pode ser visto como um complemento da adubação, podendo reduzir a utilização de fertilizantes minerais e, com isto, reduzir o custo da adubação (BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006).

Nos estudos realizados com o biossólido, principalmente quando utilizado tubetes de menor volume, devido à restrição de espaço e lixiviação de nutrientes, as mudas têm apresentado sintomas de deficiência (LIMA FILHO, 2015). Para se evitar esse problema, junto ao substrato, uma possibilidade é usar um fertilizante de liberação controlada de nutrientes, em doses adequadas, evitando perdas por lixiviação (SILVA et al., 2001). Assim, reduz-se a possibilidade de deficiência, dispensa-se novas aplicações, além de reduzir os custos operacionais (SGARBI et al., 1999; MENDONÇA et al., 2008).

Uma outra maneira de destinação do biossólido de lodo de esgoto, é o uso como fertilizante em plantios florestais (LIMA FILHO, 2015), pois este resíduo contém matéria orgânica, nutrientes que exercem papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo, o que pode aumentar o conteúdo de húmus, que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo (CALDEIRA et al., 2012b).

Contudo, essa aplicação do biossólido no solo, deve ser em dose adequada para que não ocorram problemas posteriores, visto que podem provocar alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além da possibilidade de contaminação e eutrofização do lençol freático e cursos hídricos por agentes patogênicos (SOCCOL et al., 2010) metais pesados e excesso de nutrientes, através dos processos de lixiviação e percolação (MACEDO et al., 2006).

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de uso do biossólido, enriquecido com fertilizante de liberação controlada, em diferentes recipientes, na formação de mudas de três espécies da Mata Atlântica, no viveiro e em condições de campo. Avaliar a influência do uso do biossólido no campo, como adubação de plantio na sobrevivência e no crescimento inicial de duas espécies florestais.

2.1. Objetivos específicos

I - Caracterizar quimicamente o lodo após ser submetido ao processo de tratamento na Estação de Tratamento de Esgoto para ser potencialmente utilizado em atividades agrícolas;

II - Avaliar o comportamento de três espécies florestais durante a fase de produção de mudas, com a utilização do lodo de esgoto como componente do substrato;

III - Determinar o melhor volume de tubete a ser utilizado, tendo o bio-sólido como substrato;

IV - Obter a dose ótima de adubo de liberação controlada a ser aplicada para cada espécie estudada;

V - Avaliar sobrevivência e crescimento inicial no campo das mudas produzidas das três espécies;

VI - Testar se duas espécies responderão a adubação de plantio em cova a uma dose intermediária, entre as testadas, de bio-sólido;

VII - Obter dose indicada de bio-sólido como adubo de plantio para as espécies estudadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Substrato

Os substratos utilizados para a produção de mudas apresentam papel fundamental. De uma maneira geral, podem ser formados por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais, porém, estes devem apresentar características como: ser de fácil manuseio, ausência de patógenos, possuir elementos essenciais, boa textura e estrutura (CALDEIRA et al., 2011);

Gomes e Paiva (2004) destacam ainda, que o substrato ideal é aquele que apresenta uniformidade em sua composição, baixa densidade, boa capacidade de campo, de troca catiônica, de retenção de água, de porosidade, porém, também adequada aeração e drenagem. Oferecendo assim, condições para que a planta expresse o seu potencial produtivo.

Outro fator que deve ser considerado é o fato de alguns materiais estarem concentrados em regiões específicas do país, tornando-se escassos e caros em regiões mais distantes. Sendo assim, é de extrema necessidade a realização de estudos com a finalidade de inventariar os materiais disponíveis nas diferentes regiões, a fim de identificar matérias-primas regionais e de baixo valor econômico, para que possam ser utilizadas como novas opções para a formulação de substratos, que possibilitem conseqüentemente, a redução de custos, o aumento da rentabilidade e a independência do agricultor na produção de mudas (DUARTE et al., 2002).

O uso de recipientes na produção de mudas depende da qualidade do substrato, pois principalmente os tubetes de menor volume, apresentam espaço limitado para o crescimento da muda. Conforme Kämpf e Fermino (2000), o substrato consiste no meio onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo e atua como suporte, regulando a disponibilidade de água e de nutrientes.

O bio-sólido apresenta todas essas características exigidas para um substrato de qualidade, dessa forma, seu uso poderá acarretar na produção de mudas de qualidade superior com redução de custo de produção. Considerado de grande potencial pelo alto teor de matéria orgânica, ele é um resíduo urbano, e apresenta alternativa viável sendo utilizado como mistura de substrato, pois grandes volumes deste produto é gerado e representa um problema ambiental quanto a uma destinação apropriada.

3.2. O biossólido

A necessidade de diminuir os impactos negativos das atividades humanas sobre o meio ambiente é cada vez maior. Da mesma forma, se enquadra o gerenciamento e disposição de resíduos urbanos (SHEER et al., 2012), e uma das atividades necessárias para diminuir este impacto refere-se à coleta e ao tratamento de esgoto. Este processo resulta em subprodutos sólidos, entre eles o lodo de esgoto que são passivos ambientais e devem ser dispostos de forma adequada (SPERLING e ANDREOLI, 2001).

O lodo de esgoto é um resíduo semissólido, predominantemente orgânico, com teores variáveis de componentes inorgânicos. É obtido do tratamento de águas residuais, com a finalidade de recuperar a sua qualidade, de modo a permitir o seu retorno ao ambiente, sem causar poluição (CASSINI et al., 2003 e ANDRADE, 1999). Quando higienizado de maneira correta, estabilizado e seco, é chamado de biossólido (MELO e MARQUES, 2000).

Esse resíduo gerado nas estações de tratamento é rico em matéria orgânica e nutriente, e vem sendo utilizado para fins florestais, por apresentar características de fertilizante (MASS, 2010). Assim, com a necessidade de mudas florestais nativas e do grande potencial do biossólido como adubo orgânico, estudos estão sendo realizados de modo a oferecer informações para o uso desse recurso.

A qualidade das mudas produzidas irá depender diretamente do tipo de recipiente, da qualidade das sementes e do substrato utilizado (CARNEIRO, 1995). Nesse sentido, a escolha do substrato deve ser feita em razão das características físicas e químicas dos seus componentes (CALDEIRA et al., 2012a). Segundo Caldeira et al., (1998), esse deve ser eficiente quanto à aeração, drenagem e retenção de água, além dos aspectos econômicos como, baixo custo e disponibilidade de material, avaliando assim, os diferentes materiais e resíduos de cada localidade.

Além do benefício ambiental, o biossólido após sua estabilização, pode ser considerado um produto de alto valor florestal. O composto produzido aumenta os teores de matéria orgânica, a capacidade de troca catiônica, retenção hídrica e os teores macro e micronutrientes, além de ser uma alternativa menos onerosa em relação aos substratos comerciais (TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003; FAUSTINO et al., 2005; SCHEER et al., 2010; TRAZZI et al., 2012; CALDEIRA et al., 2012b). Dessa forma, no processo de produção de mudas de espécies florestais, o uso de lodo de esgoto tem sido uma alternativa viável (TELES et al., 1999).

Teles et al. (1999), testando o lodo pasteurizado produzido em lagoas de estabilização, obtiveram incremento em altura, diâmetro e matéria seca das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* em função do aumento das doses (25% a 100% v/v), sendo o resíduo apresentado como opção promissora para o reflorestamento, devido ao aporte significativo de nutrientes e de matéria orgânica que o lodo conferiu ao substrato, a um custo relativamente reduzido.

Outros resultados promissores, tendo o biossólido como fornecedor de nutrientes, foram relatados por Trigueiro e Guerrini (2003), que ao avaliarem o crescimento de mudas de eucalipto em substrato contendo 50% de biossólido e 50% de casca de arroz carbonizada (v/v), verificaram resultados satisfatórios no desenvolvimento do eucalipto. Cunha et al. (2006), trabalhando com lodo de esgoto como substrato para mudas de *Acacia* sp., verificaram que o substrato composto de 100% desse resíduo com sementes inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio, proporcionou maior crescimento às mudas de *Acacia mangium* e *A. auriculiformes*.

Santos et al. (2008), em estudo com sete espécies arbóreas nativas, verificaram que ao se elevar o fornecimento de P, ocorreram aumentos na produção de massa de matéria seca para as espécies estudadas, comprovando que o bio sólido influenciou positivamente na produção de massa, já que possui maior quantidade de P em sua constituição.

Para a produção de mudas de espécies florestais é comum a utilização de amostras subsuperficiais de solo como substrato, principalmente por ser um material praticamente isento de pragas e doenças (GOMES e SILVA, 2004). Por ser esse material, na maioria das vezes, pobre em nutrientes, o uso do bio sólido como material orgânico, pode incrementar a sua fertilidade (NASCIMENTO et al., 2004; ROCHA et al., 2004). Portanto, do ponto de vista ambiental, segundo Ghini e Bettiol (2009), o reuso do bio sólido é uma alternativa conveniente que propicia a economia de energia e reservas naturais, além de diminuir as necessidades de fertilização mineral.

Pensando na reutilização futura de efluentes, a atividade florestal, por suas peculiaridades, apresenta-se como uma alternativa promissora, principalmente por não envolver produção de alimentos para consumo humano e nem riscos à saúde (CROMER, 1980). Além disso, por ser realizada em larga escala tem a potencialidade de consumir um grande volume de efluentes.

Sendo assim, na tentativa de contornar os transtornos causados pela crescente produção de lixo e resíduos, têm-se buscado estratégias de reutilização desses rejeitos, sendo uma destas, como componente de substrato para produção de mudas florestais.

Contudo, conforme observado por Bettiol e Camargo (2006) o lodo de esgoto (resíduo sólido não estabilizado), sem o devido tratamento apresenta, em sua composição, diversos poluentes como: metais pesados, compostos orgânicos persistentes e organismos patogênicos ao homem; atributos que devem ser analisados com muito cuidado, sendo necessários estudos para os diferentes tipos de aproveitamento deste resíduo.

Para o aproveitamento do lodo de esgoto como substrato para produção de mudas, o mesmo é tratado e compostado até estar estabilizado (bio sólido), atendendo as exigências impostas pela resolução n° 375/2006 do CONAMA (BRASIL, 2006). Esta resolução regulamenta o uso deste resíduo sólido de acordo com a sua classificação e tipo de uso. Para que o mesmo seja considerado apto para o uso agrícola e florestal é necessário a realização de análises químicas e biológicas que atestem se o resíduo encontra-se com níveis aceitáveis de micro-organismos, metais pesados e compostos químicos que sejam nocivos à saúde humana (BRASIL, 2006).

3.3. Recipientes

Diversos aspectos podem ser manejados no viveiro visando à produção de mudas adequadas ao crescimento em campo. Para as espécies nativas, a escolha do recipiente, por exemplo, vai depender da morfologia do sistema radicular e de aspectos econômicos (LUNA et al., 2009), considerando sua influência na disponibilidade de água e nutrientes para o crescimento da planta.

De maneira geral, as espécies constituintes de qualquer sistema de plantio apresentam diferentes exigências por luz, água e nutrientes, e o estudo do crescimento das mudas nos tubetes, sob diferentes volumes, torna-se necessário para o entendimento de seu comportamento, especialmente com relação à competição por luz, contribuindo desta forma para o conhecimento dos mecanismos relacionados ao uso dos recursos primários (OTTMAN; WELCH, 1989).

O uso intensivo de tubetes em relação a outros recipientes apresenta algumas vantagens como: a melhor qualidade do sistema radicular, maior grau de mecanização, menor consumo de substrato, maior produção de mudas por unidade de área e menor custo de transporte e melhor logística de plantio (GONÇALVES et al., 2005).

Alguns motivos citados por Campinhos e Ikemori (1983), para a troca de sacos plásticos por tubetes, são as desvantagens que os primeiros apresentam, como: enovelamento do sistema radicular, dificuldade das operações de viveiro, transporte para o campo e distribuição das mudas, em virtude do substrato utilizado ser muito pesado. No uso de sacos plásticos é necessário que a terra esteja seca, o enchimento é manual, e há necessidade de se retirar o recipiente no momento do plantio, retardando tal operação.

O uso de recipientes na produção de mudas depende da qualidade do substrato, pois principalmente os tubetes de menor volume, apresentam espaço limitado para o crescimento da muda (GASPARIN et al., 2014).

As mudas produzidas em tubetes utilizando-se como substrato o composto orgânico; apresentam padrão semelhante àquelas produzidas em sacos plásticos. A maior diferença encontra-se no sistema radicular. Em mudas produzidas em tubetes, o sistema radicular é mais estruturado e compacto, portanto menos susceptível a lesões de manuseio e transporte (GOMES et al., 1990).

Apesar da tendência do uso do tubete ser cada vez maior, a produção de mudas para recomposição florestal no estado do Rio de Janeiro, ainda tem sido feita utilizando-se principalmente o saco plástico. Segundo a Secretaria Estadual de Ambiente (SEA-RJ, 2010) 92% das mudas produzidas no Estado são produzidas em sacos plásticos, a produção em tubetes corresponde a cerca de 7%, sendo o 1% produzido em recipientes alternativos. Essa proporção é explicada pela estrutura dos viveiros do Estado, em sua maioria considerados de pequeno a médio porte, assim a utilização de tubetes de polipropileno como recipientes de produção esbarra na falta de conhecimento técnico, e na dificuldade de um maior investimento em infraestrutura do viveiro (SEA-RJ, 2010).

Em geral, cada um desses recipientes apresenta potenciais vantagens e desvantagens, assim como requerem técnicas de produção diferentes. Geralmente são analisados como parâmetros comparativos entre produção de mudas em diferentes recipientes apenas o crescimento e a qualidade das mudas no viveiro, ignorando-se o principal objetivo, que é a resposta dessas mudas quando levadas para o plantio no campo (ABREU et al., 2015).

No entanto, é de grande importância o estudo das dimensões adequadas do tubete, pois recipientes com volume superior ao indicado provocam gastos desnecessários, elevam a área do viveiro, aumentam os custos de transporte, manutenção e distribuição das mudas no campo (CARNEIRO, 1995).

Alguns estudos têm sido realizados (JOSÉ et al., 2005; LELES et al., 2006; DAVIDE e FARIA, 2008; ABREU et al., 2015), e têm demonstrado a viabilidade do uso de tubetes plásticos para a produção de mudas de qualidade de espécies florestais nativas da flora brasileira.

Atualmente, o mercado oferece tamanhos, volumes e formas diferenciadas de tubetes, indicado de maneira geral para diferentes espécies; porém, ainda são necessárias informações mais específicas em nível de espécie florestal (LISBOA et al., 2012). Dependendo da espécie, serão recomendados tubetes de maiores ou menores dimensões.

Lisboa et al. (2012) aconselham o estudo de volumes de tubete mais adequado para cada espécie, isso porque, tubetes de maiores diâmetros ocupam um espaço maior no viveiro e os de maior capacidade volumétrica irão requisitar maior quantidade de substrato, podendo contribuir para elevar o custo de venda da muda.

Leles et al. (2006) avaliando a qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* Benth. Brenan, *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Cedrela fissilis* Vell. e *Chorisia speciosa* St. Hill, produzidas em tubetes com volumes de 280, 180, 115 e 56 cm³, destacaram que, aos 180 dias de produção, as mudas produzidas no tubete de 280 cm³ apresentaram, de modo geral, crescimento e características morfológicas significativamente superiores aos demais tubetes. Porém, os autores destacaram ainda que, ao serem levadas para campo, verificaram não haver diferença significativa na sobrevivência das plantas originárias dos tubetes de diferentes volumes, exceto para a *Cedrela fissilis* Vell.

Gasparin et al. (2014), avaliando a influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (vell.) Mart. em viveiro aos 330 dias e no campo, após 360 dias de plantio, testaram dois volumes de tubetes (100 e 280 cm³) e obtiveram como resultados, que o diâmetro do coleto e a massa seca radicular, expressaram o melhor desempenho das mudas no tubete de 280 cm³, correspondendo ao melhor desenvolvimento no campo.

A escolha do melhor recipiente a ser utilizado deve levar em consideração a quantidade de mudas a serem produzidas e o tempo que estas permanecerão no viveiro (SILVA, 2008). Outro importante fator na produção de mudas de alta qualidade morfofisiológica consiste no método como estas são produzidas (SCHIAVO; MARTINS, 2003). O tamanho do recipiente influencia diversas características da muda, a taxa de sobrevivência a campo, e a produtividade da cultura (SOUZA, 1995).

Para Ribeiro et al. (2011), o tipo de recipiente deve ser pesquisado para garantia de uma boa produção de mudas. Ainda, de acordo com os autores, os recipientes empregados na produção de mudas são responsáveis por oferecer o espaço para que a planta cresça bem e desenvolva seu sistema radicular, até alcançar as condições mais adequadas de plantio no local definitivo.

3.4. Adubo de liberação controlada

A adoção de técnicas de fertilização do substrato é uma das práticas mais importantes para obtenção de expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas de essências florestais (BRONDANI et al., 2008).

O adubo é um fator importante na formação das mudas em tubetes, pois deverá corrigir a perda de nutrientes do substrato por lixiviação da água e disponibilizar também os nutrientes necessários para as mudas. As pequenas dimensões dos tubetes e, conseqüentemente, o pequeno volume de substrato que suportam, exigem, entretanto, aplicação de elevadas doses de nutrientes solúveis, em razão das perdas por lixiviação, resultantes da necessidade de frequentes irrigações (NEVES et al., 1990).

Sgarbi et al. (1999) e Mendonça et al. (2008) afirmam que uma das alternativas para aumentar a eficiência da adubação seria a utilização de fontes que apresentam uma liberação mais controlada ou controlada dos nutrientes, permitindo a disponibilidade contínua e, portanto, menor possibilidade de deficiência, dispensa de novas aplicações e redução dos custos operacionais.

Fertilizantes de liberação controlada possibilitam também uma melhor distribuição dos nutrientes no substrato e favorecem a sincronização entre a liberação e a demanda fisiológica de nutrientes pelas plantas (SCIVITTARO et al., 2004). A principal desvantagem na utilização de fertilizantes de liberação controlada se encontra no custo superior deste em comparação com fontes solúveis, sendo assim, necessária uma adequação da dose a ser aplicada, visando aperfeiçoar o uso do insumo na produção de mudas.

Dentre os adubos de liberação controlada está o Osmocote Plus®, que atualmente vem sendo cada vez mais usado na produção de mudas em recipiente. Este fertilizante, quando na formulação N-P-K (15-09-12), apresenta um tempo de liberação ao redor de 8 a 9 meses e proporciona em sua composição além do N.P.K, 1% de Mg, 2,3% de S, 0,05% de Cu, 0,45% de Fe, 0,06% de Mn e 0,02% de Mo.

Atualmente, os adubos de liberação controlada vêm sendo testados na produção de mudas de várias espécies. Mendonça et al. (2008), estudando diferentes ambientes e fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*) indicaram que o Osmocote Plus® (15-10-10) pode ser recomendado para a formação de mudas de tamarindeiro, sendo a dose em torno de até 6,0 kg/m³ de substrato, as que promoveram os melhores resultados.

Elli et al. (2013), avaliando o uso do fertilizante de liberação controlada no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira, concluíram que a dose de 3kg/m³ promove melhor incremento das variáveis morfológicas estudadas, altura e diâmetro do coleto. Somavilla et al., (2014), ao realizar avaliações morfológicas de mudas de cedro australiano submetidas a diferentes doses do fertilizante Osmocote Plus®, concluíram que esse fertilizante de liberação controlada na formulação de 15-09-12, proporcionou aumento tanto em altura como em diâmetro.

Neste contexto, à prática de adubações, além de se constituir num fator indispensável para o desenvolvimento das mudas, acelera consideravelmente o crescimento das mesmas, podendo reduzir os custos de produção.

A formulação e a dosagem utilizadas são variáveis em função do tipo de substrato utilizado e da espécie a ser produzida, sendo recomendada a realização de uma análise química do substrato e, caso necessário, proceder à correção da acidez e elevação do teor de nutrientes disponíveis (WENDLING et al., 2006).

3.5. Biossólido como adubação de campo

Uma das questões mais problemáticas no processo de tratamento de esgoto nas ETEs, é a disposição final do biossólido (BETTIOL; CAMARGO, 2006). Sendo muitas vezes disposto em aterros sanitários ou incinerado.

Para se evitar isso, o biossólido de lodo de esgoto, tem sido utilizado para fins florestais, e uma das formas de utilização é a sua aplicação como adubação de campo, podendo reduzir gastos com a fertilização mineral.

O retorno do biossólido para estas áreas, segundo Faria (2007), seria importante pois iria reduzir as pressões sobre as fontes naturais de nutrientes utilizadas na produção dos fertilizantes químicos.

Contudo, muito se questiona sobre a presença de metais pesados, organismos patógenos ou alguns contaminantes orgânicos no biossólido de lodo de esgoto, fator esse que acaba limitando o uso desse resíduo, pois conforme sua aplicação, pode acarretar em contaminação do solo e do lençol freático, além disso, pode ocorrer a transferência ao homem pela adsorção e translocação desses elementos nas plantas (BERTON; NOGUEIRA, 2010). Sendo assim, estudos visando formas de aplicação e doses a serem aplicadas no plantio, são de grande importância

Em trabalho em condições de campo, efeitos causados pela presença de metais pesados no biossólido, em Latossolo Vermelho Amarelo na região serrana do estado do Rio de Janeiro, não foram observados por Lima Filho (2015), quando realizado aplicações de 0,8; 1,6; 3,2; 6,4 litros de biossólido por planta.

3.6. Espécies florestais estudadas

Para as espécies florestais, em especial as nativas, ainda são incipientes as informações referentes às suas exigências nutricionais durante o seu crescimento inicial (CECONI et al., 2006). Devido à ampla diversidade genética e diferentes demandas nutricionais, não há como definir um padrão de fertilização que satisfaça as exigências de todas as espécies, evidenciando a necessidade de programas específicos para este fim (REIS et al., 2012).

Atualmente, os estudos silviculturais têm-se voltado, praticamente, para as espécies de rápido crescimento. Isso se deve, em parte, ao tempo de desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, do elevado gasto com insumos (defensivos e fertilizantes), mão de obra e equipamentos (MENDONÇA et al., 2008).

Dentre essas espécies, tem-se a Aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), que pelo seu pioneirismo e a agressividade, proporciona o reflorestamento bem sucedido em regiões com condições climáticas adversas (ALMEIDA, 2005). Ainda segundo o autor, devido a essa característica que apresenta, esta espécie pode ser indicada para reflorestar as margens dos reservatórios das hidrelétricas, como também pode recuperar no início ou em período médio de degradação, áreas em cursos d'água de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual e áreas de extração de areia.

Trabalhando com produção de mudas de aroeira, José et al. (2005), compararam o uso de diferentes recipientes ao desenvolvimento das mudas e verificaram que o desempenho da aroeira foi semelhante, tanto nos tubetes quanto nos sacos plásticos aos 250 dias após o plantio.

Ferreira (2003), estudando a fotossíntese e a eficiência do uso da água em 20 espécies lenhosas tropicais sob condições de campo em um reflorestamento utilizando espécies de mata, observou, que a *Schinus terebinthifolius* sendo pioneira, apresentou uma transpiração baixa (variando de $1,5 \text{ mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$ a $2,0 \text{ mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e uma condutância baixa de $0,2 \text{ mol.m}^2.\text{s}^{-1}$.

Outra espécie de rápido crescimento muito utilizada em plantios de reflorestamento florestal é o guapuruvu (*Schizolubium parahyba* (Vell.) S.F. Blake). Considerada uma das espécies nativas de grande potencial para plantios florestais nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, destacou-se pelo seu rápido crescimento, boas respostas às tecnologias silviculturais, associadas à qualidade e diversidade de utilização de sua matéria-prima para fabricação de chapas, móveis, navios, portas, peças para interior, forro e tabuado (CARVALHO, 2003). Essa espécie é bastante intolerante ao sombreamento, tendo seu crescimento reduzido nessas condições.

Outra espécie bastante estudada em plantios de recomposição florestal é o ingá (*Inga laurina* (Sw.) Willd), essa espécie é classificada como heliófita por ocorrer principalmente nos primeiros estágios sucessionais das florestas (LORENZI, 2002). A espécie é indicada para o plantio em áreas degradadas devido a produção de frutos e sementes em abundância (CORRÊA e CARDOSO, 1998).

Corrêa e Melo Filho (2004) concluíram em estudos realizados em áreas perturbadas, que espécies do gênero *Inga* apresentam pouca exigência em relação às condições edáficas, rápido crescimento e os frutos exercem a função de atrativo para a fauna silvestre dispersora de sementes, características desejáveis para o plantio de recuperação em áreas degradadas. As raízes formam associações com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos que ajudam na ciclagem de nutrientes como o fósforo (REYNEL; PENNINGTON, 1997).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A. A.; MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p. 141 - 150, 2015.

ABREU, A. H. M. **Biossólido na produção de mudas florestais**. 2014. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação Morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST. (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ANDRADE, C.A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de *Eucalyptus grandis* após aplicação de biossólido da ETE de Barueri**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto: influências nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **Semina - Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565 – 580, 2006.

BERTON, R.S.; NOGUEIRA, T.A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T.A.R.; PIRES, A. M. M. (Org.). **Uso agrícola de lodo de esgoto**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 31-50.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. de. Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura. Jaguariuna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006. 349 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução – CONAMA**. Resolução n^o 375/2006. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, p. 141-146, 30 ago 2006.

BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; REGO, S. S.; GRISI, F. A.; NOGUEIRA, A. C.; WNDLING, I.; ARAUJO, M. A. Fertilização de liberação lenta controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGET, H. L. M.; OLIVEIRA, L. da S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 19 - 30, 1998.

CALDEIRA, M. V. W., WENDLING, I., PENCHEL, R.M., GONÇALVES, E.O., KRATZ, D., TRAZZI, P.A. 2011. Principais tipos e componentes de substratos para produção de

mudas de espécies florestais. In: CALDEIRA, M.V.W., GARCIA, G.O., GONÇALVES, E.O., ARANTES, M.D.C, FIEDLER, N.C. (ed). **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. p. 51- 100.

CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M. TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de bio-sólido na composição de substratos para produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, Piracicaba. v. 90, n. 93, p. 15-22, 2012a.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Bio-sólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba. v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012b.

CAMPINHOS, J. E.; IKEMORI, Y. **Nova técnica para produção de mudas de essências florestais**. IPEF, Piracicaba, n.23, p.47-52, 1983.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF, 1995. 451p.

CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, Piracicaba, v. 3, n.2, p. 1-4, 1981.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003, v.1. 1039 p.

CASSINI, S. T.; VAZOLLER, R. F.; PINTO, M.T. Introdução. In: CASSINI S. T. (Coord). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: Prosab, RIMA ABES, p.1-9, 2003.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras. v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CORRÊA, R. S.; CARDOSO, E. S. Espécies testadas na revegetação de áreas degradadas. In: CORRÊA, R. S & MELO FILHO, B. **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. 1ª ed. Brasília, Editora Paralelo 15, 1998, 178p.

CORRÊA, R. S; MELO FILHO, B. Desempenho de dois resíduos orgânicos para a sobrevivência de mudas de espécies arbóreas de Cerrado em condições adversas de área minerada. **Sanare**, Curitiba. v. 21, n. 21, p. 59-66, 2004.

CROMER, R. N. Irrigation of radiata pine with wastewater: A review of the potential for tree growth and water renovation. **Australian Forest**, Melbourne v.43, p.87-100, 1980.

CUNHA, A. de M.; CUNHA, G. de M.; SARMENTO, R. de A.; CUNHA, G. de M.; AMARAL, J. F. T. do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, 2006. p.207-214.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p.83-124.

DUARTE, T. S., FERNANDES, H. S., MEDEIROS, C. A. B., MORAES, R. M. D. 2002. Crescimento de mudas de tomateiro em substratos orgânicos. In: Encontro Nacional De Substratos Para Plantas, 3., Campinas. **Anais...** Documentos IAC 70. Instituto Agrônomo, Campinas, Brasil. p. 107.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JR, D. S.; SILVA, H. P.; PARREIRAS, N. S.; NEVES, J. M. G. Crescimento inicial de mudas de *Acacia mangium* cultivadas em mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. **Revista árvore**, Viçosa, v.35, n.1, p.69-76, 2011.

ELLI, E. F.; CARON, B. O.; MONTEIRO, G. C.; PAVAN, M. A.; PEDRASSANI, M.; CANTARELLI, E. B.; ELOY, E. Osmocote no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.4, n.4, p.377-384, 2013.

FARIA, L. C. de. **Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucalipto: demanda potencial, produção e crescimento das árvores e viabilidade econômica**. 2007. 106p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba – SP.

FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato na produção de *Senna siamea*. Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FERREIRA, L. L. **Fotossíntese e eficiência do uso da água em vinte espécies lenhosas tropicais sob condições de campo em um reflorestamento utilizando espécies de mata**. 2003. 61p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos–SP.

GASPARIN, E.; AVILLA, A. L.; ARAÚJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjarana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Uso agrícola de lodo de esgoto pode ter efeitos na ocorrência de doenças de plantas. **Embrapa Meio Ambiente**. Jaguariuna, SP. 2009.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. de C. G.; FREITAS, S. C. de. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), da copaíba (*Copaiferalangsdorffii*) e de angico vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 1, p.26-34, 1990.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Produção de mudas de eucalipto por sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 14-22, 2008.

GOMES J. M; SILVA, A. R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (ed). Viçosa: UFV, 2004. p. 190-225.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V., eds. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba, IPEF, 2000. p.309-350.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; KLIPPEL, V. H.; CALDEIRA, M. V. W. Crescimento de *Dalbergia nigra* (vell.) Allemão ex Benth sob diferentes doses de cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.2, p.251-260, 2014

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 2, p. 187-196, 2005.

KÄMPF, A. N., FERMINO, M. H. **Substratos para plantas. A base da produção vegetal em recipientes**. Gênese, Porto Alegre, Brasil. 2000. 312 p.

LELES, P. S. S.; LISBOA, A. C.; OLIVEIRA NETO, S. N.; GRUGIKI, M. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.13, n.1, p. 69 - 78, 2006

LIMA FILHO, P. **Biossólido na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio**. 2015. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

LISBOA, A. C.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. O.; CASTRO, D. N.; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista árvore**, Viçosa, v.36, n.4, p.603-609, 2012.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol. 2, 4ª edição. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2002.

LUNA, T.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Containers. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Eds). **Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries**. Washington. D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Vol.1, 2009. 302 p. (Nursery management. Agriculture Handbook 730).

MAAS, K. D. B. **Biossólido como substrato na produção de mudas de timburi**. 2010. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

MACEDO, J. R.; SOUZA, M. D.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Atributos físicos e hídricos em solo tratado com lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 2006, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006, p. 193-206. Cap 11.

MARTINS, S.V. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS, S.V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: ed. UFV, p. 17-34, 2012.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A., eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MENDONÇA, V., ABREU, N. A. A., SOUZA, H. A., TEIXEIRA, G. A., HAFLE, O. M., RAMOS, J. D. Diferentes ambientes e Osmocote® na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p. 391-397, 2008.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 385-392, 2004.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. BARROS, N. F. E NOVAIS, R.F. (eds). **Relação solo-eucalipto**. Editora Folha da Mata: Viçosa. p.99-125. 1990.

OTTMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.

PAIVA, A. V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; FERRAZ, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n.84, p. 499-511, 2009.

REIS, B. E.; PAIVA, H. N.; BARROS, T. C.; FERREIRA, A. L.; CARDOSO, W. C. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (vell.) Allemão ex benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, 2012.

REYNEL, C.; PENNINGTON, T. D. **El genero Inga en el Peru**. London, UK: Royal Botanic Gardens Kew, 1997, 228p.

RIBEIRO, J. B.; ALBRECHT, J. M. F.; FERREIRA, B. S.; SOARES, T. S. Crescimento de mudas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, *Hymenaea courbaril* L.e *Swietenia macrophylla* King em diferentes recipientes e níveis de adubação. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11. São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

ROCHA, G. N.; GONÇALES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, fertilizado com bio sólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 623-639, 2004.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SANTOS, G. R. **Uso de bio sólido na composição de substratos para produção de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica**. 26 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003.

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE – SEA-RJ. **Diagnostico da produção de mudas de espécies nativas no Estado do Rio de Janeiro**. 1º edição. Rio de Janeiro. 2010. 63p.

SGARBI, F., SILVEIRA, R.V.A., HIGASHI, E.N., PAULA, T.A., MOREIRA, A., RIBEIRO, F.A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: Simpósio sobre Fertilização e Nutrição Florestal, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF-ESALQ, p. 120-125, 1999.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.88, p. 637 – 644, 2010.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.19, p.55-65, 2012.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v..26, n.3, p. 520-523, 2004.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.377-381, 2001.

SILVA, B. M. S.; LIMA, J. D.; DANTAS, V. A. V.; MORAES, W. S.; SABONARO, D. Z. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1019 - 1026, 2007.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; MOREIRA, R. M. Crescimento de *Eucalyptus grandis* tratado com diferentes doses de lodos de esgoto úmido e

seco, condicionados com polímeros. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.77, p.79-88, 2008.

SPERLING, M. VON; ANDREOLI, C.V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. VON; FERNANDES, F. (ed.). **Lodos de esgotos: Tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG, SANEPAR, 2001. v.6, p.13-16.

SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; PEREIRA, J. T.; CASTRO, E. A.; COSTA, A. O.; HENNING, L.; ANDREOLI, C. Organismos patogênicos presentes em lodo de esgoto a ser aplicado no solo e a Resolução nº 375 do CONAMA. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto – Avaliação após a Resolução nº 375 do CONAMA**. 2010, Botucatu: FEPAF, 2010, p. 83-112. Cap. 5.

SOMAVILLA, A.; CANTARELLI, E. B., MARIANO, L. G., ORTIGARA, C., DA LUZ, F. B. Avaliações morfológicas de mudas de Cedro australiano submetidas a diferentes doses do fertilizante osmocote plus®/Morphologic evaluations of Australian Cedar submitted to different doses of osmocote plus® fertilizer. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 493, 2014.

SOUZA, P. V. D. **Optimización de le produccion deplantonos de cítricos en vivero: inoculación commicorrizas vesiculares arbusculares**. 1995. Tesis (Doctoral) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

TELES, C. R.; COSTA, A. N.; GONCALVES, R. F. Produção de lodo de esgoto em lagoas de estabilização e o seu uso no cultivo de espécies florestais na região sudoeste do Brasil. **Sanare**, Curitiba, v.12, n. 12, p. 53-60, 1999.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E. O. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012.

TRIGUEIRO, R. M., GUERRINI, I. A. 2003. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba. 64: 150-162.

VIEIRA, A. H., M. DOS S. F. RICCI, V. G. S. RODRIGUES & L. M. B. ROSSI. Efeito de diferentes substratos para produção de mudas de freijó-louro *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Boletim de Pesquisa, **EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre**, Rio Branco, n. 25, 12 p., 1998.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

CAPÍTULO I

EFEITO DO USO DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E DO VOLUME DO RECIPIENTE NA PRODUÇÃO E NO PLANTIO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de três espécies florestais da mata atlântica produzidas em tubetes de 110 e de 280 cm³, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC) aplicados no substrato base. Foram produzidas mudas *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), *Schizolubium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) e *Inga laurina* (Sw.) Willd (ingá). Avaliou-se ainda, a sobrevivência e crescimento inicial destas mudas após plantio na região norte fluminense. Foram utilizados tubetes com volume de 110 e 280 cm³, sendo aplicadas doses de fertilizante de liberação controlada NPK (15-09-12) de 0, 3, 6 e 12 kg.m⁻³ de biossólido. O experimento foi em esquema fatorial, compondo oito tratamentos com cinco repetições. Avaliou-se o crescimento das mudas em viveiro e sua sobrevivência e o crescimento em campo cinco meses após plantio. Na época de expedição das mudas para o plantio, os resultados mostraram que as mudas das três espécies responderam positivamente ao acréscimo de fertilizante de liberação controlada (FLC) junto ao biossólido. Para as condições que foi realizado o trabalho, de maneira geral, o tratamento que proporcionou melhor crescimento em viveiro, sobrevivência e crescimento inicial no campo, das plantas das três espécies, foi o tubete de 280 cm³ com fertilização de FLC de 3 kg.m⁻³ de biossólido aplicados na época de enchimento dos tubetes. No plantio, as mudas de guapuruvu de todos os tratamentos apresentaram taxa de sobrevivência inferior a 80% aos 12 meses, indicando que a espécie não adaptou ao ambiente.

Palavras-chave: aroeira, guapuruvu, ingá, adubação mineral, lodo de esgoto, tubete

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the growth of seedlings of three Atlantic Forest forest species produced in 110 and 280 cm³ tubes with increasing doses of controlled release fertilizer applied to the base substrate. Seedlings *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), *Schizolubium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) and *Inga laurina* (Sw.) Willd (ingá) were produced. It was also evaluated the survival and initial growth of these seedlings after planting in the northern region of Rio de Janeiro. Tubes with a volume of 110 and 280 cm³ were used, with doses of controlled release fertilizer NPK (15-09-12) of 0, 3, 6 and 12 kg.m⁻³ of biosolid. The experiment was done in a factorial scheme, composing eight treatments with five replicates. The growth of seedlings in nursery and their survival and growth in the field five months after planting were evaluated. At the time of dispatch of the seedlings to the planting, the results showed that the seedlings of the three species responded positively to the addition of controlled release fertilizer to the biosolids. For the conditions that the work was carried out, in general, the treatment that provided the best growth in the nursery, survival and initial growth in the field of the plants of the three species was the 280 cm³ controlled release fertilizer of 3 kg.m⁻³ of biosolids applied at the filling time of the tubes. At planting, the guapuruvu seedlings of all treatments had a survival rate of less than 80% at 12 months, indicating that the species did not adapt to the environment.

Keywords: aroeira, guapuruvu, ingá, mineral fertilization, sewage sludge, tube

1. INTRODUÇÃO

A expansão econômica e populacional causaram grande impacto sobre os ecossistemas naturais do Brasil, sendo responsáveis pela degradação de áreas florestais por todo o país. A necessidade de restauração florestal justifica-se pelos serviços ambientais prestados por esses ecossistemas, como a regulação hídrica e climática, ciclagem de nutrientes, proteção do solo, conservação da biodiversidade, dentre outros (CHAZDON, 2008; REY BENAYAS et al., 2009). As técnicas mais usuais para a restauração de florestas envolvem o plantio de mudas de espécies nativas, o que demanda produção de mudas em grande quantidade e com qualidade suficiente para suportar as adversidades do plantio em campo.

Dentre os inúmeros fatores que podem determinar a qualidade de mudas florestais e, por consequência, sua sobrevivência e crescimento inicial em campo, estão o tipo e volume do recipiente e o substrato utilizado para produção dessas mudas. O recipiente tem a função de conter o substrato, propiciar uma boa formação do sistema radicular, proteger as raízes de danos mecânicos e da desidratação (CARNEIRO, 1995). Um bom substrato deve ser capaz de reter quantidades suficientes de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e ter características físicas ideais como boa estrutura, consistência e porosidade (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004).

Outro problema ambiental recorrente em todas as regiões do Brasil envolve a gestão do resíduo sólido proveniente do tratamento de esgoto, denominado lodo de esgoto, que passa a ser chamado de biossólido, quando submetido a tratamento para estabilização e eliminação de agentes patogênicos (ADREOLI, 1999). Apenas no estado do Rio de Janeiro são produzidos cerca de 365 toneladas de lodo de esgoto por dia, totalizando 133.225 toneladas anuais, as quais, em quase sua totalidade, são dispostas em aterros sanitários (PERS, 2014). Tendo em vista a dificuldade de abertura de novos aterros sanitários e terceirização ou fechamento de aterros públicos, o custo de descarte do biossólido tem aumentado, forçando a busca por uma destinação mais sustentável (BIELSCHOWSKY, 2014). Por possuir características físicas adequadas e ser rico em matéria orgânica e nutrientes, o aproveitamento do biossólido como substrato para produção de mudas florestais tem se mostrado viável, podendo reduzir a utilização de fertilizantes minerais e, portanto, o custo de produção das mudas (BARBOSA e TAVARES FILHO, 2006; CALDEIRA, et al., 2012 e ABREU, 2014)

Boa parte dos nutrientes presentes no biossólido estão em sua forma orgânica, sendo liberados gradativamente, ao longo do ciclo biológico das plantas (CARVALHO e BARRAL, 1981). Considerando o tempo de formação das mudas florestais e a quantidade limitada de substrato contida nos recipientes individuais, tal característica do biossólido pode ser um empecilho, tendo em vista que os nutrientes podem não ser disponibilizados de acordo com as necessidades de cada espécie vegetal, justificando a aplicação de adubação complementar (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004). Visando evitar perdas por lixiviação, a utilização de fertilizantes de liberação controlada é bastante habitual na produção de mudas florestais (SILVA et al., 2001). Tal prática reduz a possibilidade de deficiência nutricional, implicando em melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, dispensando a necessidade de várias aplicações de fertilizantes e reduzindo os custos operacionais do viveiro (SGARBI et al., 1999; MENDONÇA et al., 2008).

Nesse contexto avaliou-se o crescimento de mudas de três espécies florestais da Mata Atlântica, produzidas em tubetes de 110 e de 280 cm³ de volume, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada incorporados ao substrato. Avaliou-se ainda, a sobrevivência e o crescimento inicial destas mudas após plantio na região norte fluminense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Fase de viveiro

Esta etapa do experimento foi conduzida no viveiro florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, de junho a dezembro de 2015. As espécies utilizadas foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), *Schizolubium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) e *Inga laurina* (Sw.) Willd (ingá), por serem espécies amplamente utilizadas na restauração florestal. Cada espécie foi considerada um experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, com dois volumes de tubetes e quatro doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), totalizando 8 tratamentos, com 5 repetições cada. Foram usadas parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos diferentes recipientes e as subparcelas pelas doses de fertilizante. No tubete de 110 cm³, cada repetição, foi constituída por 8 mudas e no tubete 280 cm³ por 6 mudas; como forma de facilitar a logística de distribuição dos tratamentos nas bandejas, que possuem 96 e 54 células cada, para os tubetes de 110 e 280 cm³, respectivamente.

O substrato utilizado foi composto de 100% de biossólido, disponibilizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE), proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) Ilha do Governador. No processo de obtenção do lodo de esgoto desta ETE, utiliza-se tratamento a nível secundário, adensamento por centrífugas e estabilização e secagem em leitos semipermeáveis. Antes da adição das doses de fertilizante de liberação controlada, foi retirada uma amostra representativa do biossólido para análise química (Tabela 1). Foi realizado ainda a análise de densidade do substrato, que apresentou 0,72 kg dm⁻³.

Tabela 1: Análise química do biossólido (amostra base seca) em (%), utilizado como substrato para produção de mudas das espécies florestais

^{*1} pH	^{*4} N	^{*2} P	^{*2} K ⁺	^{*3} Ca ²⁺	^{*3} Mg ²⁺	^{*3} Al ³⁺	^{*5} M.O.
5,5	1,94	0,81	0,19	1,59	0,19	2,72	35,3

^{*1}pH em água: Potenciometria; ^{*2}N: Kjeldahl; ^{*3}P: Método Colorimétrico; ^{*4}K: Fotometria de chama; ^{*5}Ca, Mg e Al: Espectrometria de absorção atômica; ^{*6}M.O: Gravimétrico

As doses de fertilizante foram constituídas de 3, 6 e 12 kg do produto comercial Osmocote® Plus N-P-K (15-09-12) por m³ de substrato e um tratamento testemunha sem fertilização. Esse produto é revestido por uma capa de resina orgânica permeável à água e contém 15% de N, 09% de P₂O₅ e 12% de K₂O, além 1% de Mg, 2,3% de S, 0,05% de Cu, 0,45% de Fe, 0,06% de Mn e 0,02% de Mo, em sua composição. Depois da aplicação do produto, a solução do substrato atravessa a camada de resina e dissolve os nutrientes no interior da cápsula, os quais vão sendo liberados osmoticamente para as mudas, de forma gradual, dependendo da temperatura e da umidade do substrato. Segundo o fabricante a liberação total dos nutrientes da fórmula utilizada nesse trabalho ocorre entre 8 a 9 meses.

Após homogeneização das doses de fertilizante ao substrato, os tubetes foram preenchidos manualmente, e dispostos nas bandejas de acordo com o tratamento correspondente. As sementes foram germinadas em sementeira e posteriormente repicadas nos recipientes, nos primeiros 20 dias após a repicagem foi mantido sobre as plântulas um sombrite de cor preta com passagem de 50% da luminosidade, como forma de proteção.

Quando necessário, as mudas foram irrigadas uma ou duas vezes por dia – início da manhã e final da tarde. Ao longo do experimento, foram realizadas limpezas das mudas, retirando-se plantas espontâneas presentes no substrato.

Aos 30 dias após a repicagem foram iniciadas as medições de altura da parte aérea, que se repetiram em intervalos de 21 dias para o guapuruvu e 28 dias para a aroeira e o ingá, até a fase de expedição das mudas para o plantio. Essa diferença de dias na medição para o guapuruvu, é devido as suas características de rápido crescimento. Na última medição, também foi mensurado o diâmetro do coleto com auxílio de paquímetro digital.

Para determinação dos parâmetros área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSR) foram selecionadas cinco mudas mais próximas da média de altura e do diâmetro de coleto de cada tratamento, de cada espécie. A área foliar foi mensurada com auxílio de medidor LICOR-3600. Após a medição da AF, a parte aérea e o sistema radicular das mudas foram devidamente acondicionados em sacos de papel identificados e levados para estufa de circulação de ar forçada, onde permaneceram a 65° C, durante 72 horas, quando atingiram massa constante, determinando assim, a MSPA e MSR. Após determinação da matéria seca, as amostras foram moídas em moinho de facas, e submetidas à análise química de macronutrientes.

Para atender os pressupostos da análise de variância, testou-se a normalidade e a homogeneidade de variância do resíduo de cada variável mensurada na última medição, por meio do teste de Bartlett, com 5% de probabilidade. Os tratamentos foram submetidos à análise de variância (parcelas subdivididas) e, havendo significância, a comparação entre eles foi realizada por meio do teste t, com 5% de probabilidade. Havendo diferenças significativas, os valores de doses, em cada recipiente, foram submetidos à análise de regressão. Para todas as análises, foi utilizado o *software* Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG).

Nos casos em que um mesmo modelo de regressão foi selecionado para diferentes doses de fertilizante, foi aplicado o teste de identidade de Graybill (2000). Este permitiu verificar a possibilidade da equação geral representar a relação entre o crescimento em altura das mudas em função do tempo, para todas as doses de fertilizante. Este teste baseia-se na comparação entre a soma de quadrado dos resíduos em cada tratamento (modelo completo) e a soma de quadrado da diferença para o modelo ajustado com uma única base de dados contendo todos os tratamentos (modelo reduzido). Assim, quando o valor da estatística F for \geq ao seu valor tabelado, indica significância ao nível de 5% de probabilidade e rejeita-se a hipótese H_0 , ou seja, não é possível utilizar uma única equação para representar todas as doses de fertilizante.

2.2. Crescimento em condições controladas

Foram selecionadas cinco mudas de ingá de cada tratamento de altura mais próxima da média, para acompanhar o crescimento dessa espécie em condições controladas. Foram preparadas garrafas pet transparentes de capacidade de três litros que, tiveram o gargalo retirado, tomando forma de tubos com 27 cm de altura e 38 cm de circunferência, com perfurações no fundo para retirada do excesso de umidade. Em seguida, foi adicionado solo argilo-arenoso como substrato (simulando o campo), feita adubação mineral na superfície com 20 gramas de NPK (06-30-06) no substrato de cada garrafa e realizado o plantio das mudas, no centro da garrafa preenchida com o solo.

As garrafas foram envolvidas por uma lona preta de mesma dimensão da garrafa pet (27 x 38 cm), para evitar a entrada de luz, e colocadas em área a pleno sol, simulando o

campo, para acompanhar a emissão e crescimento de novas raízes. Em seguida, com régua graduada, mediu-se a altura das mudas, indicando a altura no momento do plantio.

As mudas permaneceram ao ar livre, sendo irrigadas com uso de regador, quando necessário. A cada quinze dias, a lona era retirada e observada, visualmente, se as bordas internas das garrafas das plantas estavam com mais da metade tomada por novas raízes (de cor branca). Aos 60 dias após o plantio, quando a maior parte das plantas apresentava mais de 50% da superfície da garrafa com a presença de raízes, foi retirada a lona preta e feita a medição das alturas da parte aérea e diâmetro de coleto das mudas e as plantas foram levadas para o laboratório.

Inicialmente, foi realizada a marcação das raízes na superfície do recipiente com caneta hidrocor, para obter o comprimento de raízes. Terminado este serviço, a parte aérea das mudas foi cortada rente ao coleto e determinada a área foliar, de cada planta, em medidor LICOR-3600. As garrafas foram cortadas no sentido vertical e no fundo para coleta do sistema radicular. Após cuidadosa lavagem em água, o sistema radicular ficou sobre folhas de jornal no laboratório por 2 horas e em seguida foram limpas mais uma vez (retirada de alguma impureza) e colocadas em proveta graduada com água, para avaliar o volume de raízes pelo translocamento de água.

Após este procedimento, as raízes ficaram novamente sobre folhas de jornal por 1 hora, para drenar o excesso de água. Em seguida, juntamente com a parte aérea, foram acondicionados separadamente em sacos de papel e secos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, até atingirem peso constante, para obter os pesos de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) de cada planta.

Com as garrafas pet abertas, foram feitos moldes com papel manteiga com 23 x 38 cm e colocados sobre a garrafa cortada e utilizado caneta marca texto para desenhar as raízes marcadas com o hidrocor na superfície da garrafa. Após este procedimento, estas folhas de papel manteiga foram passadas em scanner e com o auxílio do programa WinRHIZO, foi obtido o comprimento de raízes de cada indivíduo de cada tratamento.

Os dados da parte aérea e das raízes foram submetidos à análise de variância, e, havendo significância, a comparação entre recipientes foi realizada por meio do teste t, com 5% de probabilidade. Havendo diferenças significativas, os valores de doses, em cada recipiente, foram submetidos à análise de regressão. Utilizou-se o *software* Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG, 2007), em todas as análises.

2.3. Fase de campo

O plantio foi realizado na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, no município de São Francisco do Itabapoana, RJ. A área foi cultivada com cana de açúcar e está em processo de restauração florestal. Possui topografia plana, altitude média de 25 metros, solo classificado Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-arenosa, com 60% de areia, 38% de argila e 2% de silte. O clima da região segundo classificação de Köppen é o Cwa, com predominância de chuvas nos meses de dezembro a março.

Para uma melhor caracterização local, foi calculado o balanço hídrico médio mensal através do método de Thornthwaite e Mather (1955), para a série histórica dos últimos 20 anos (janeiro de 1996 a novembro de 2016). Foi utilizada a planilha desenvolvida por Sentelhas et al. (1998), preenchida com os dados de estação meteorológica localizada em Campos dos Goytacazes – RJ, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, cujo gráfico é apresentado na Figura 1.

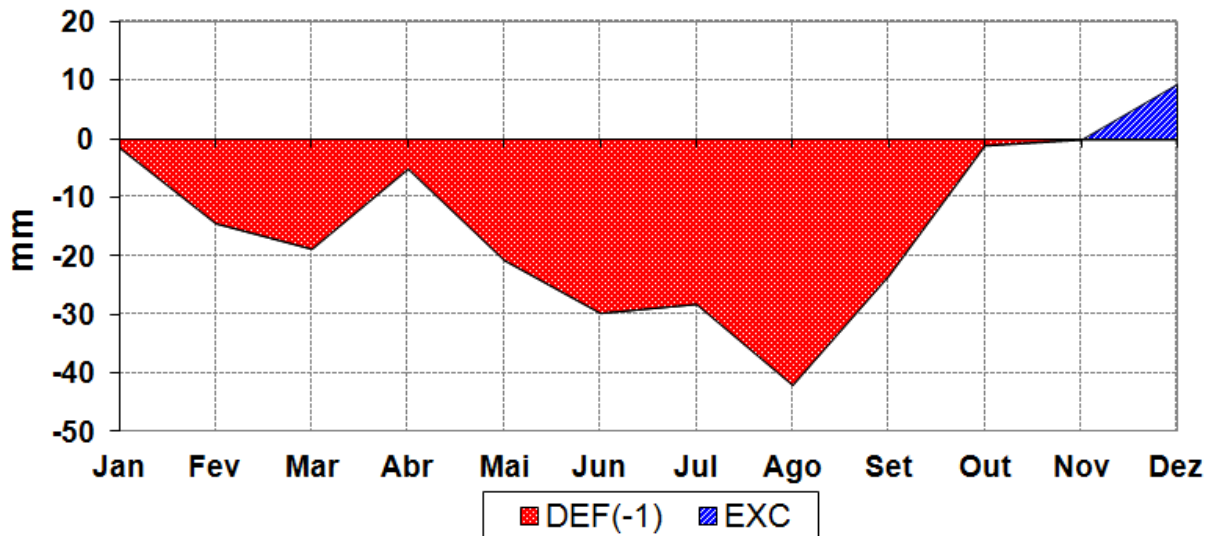


Figura 1: Extrato do balanço hídrico mensal, da série histórica para o local de plantio, localizado na Estação Ecológica de Guaxindiba, município de São Francisco do Itabapoana, RJ.

O plantio das mudas foi realizado em dezembro de 2015, em sulcos de 50 cm de profundidade, no espaçamento 3 metros entre linhas por 2 metros entre plantas. Devido à homogeneidade das características da área experimental, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo cada muda considerada uma repetição.

Plantaram-se 20 mudas mais próximas da média de diâmetro de coleto e de altura de cada tratamento, de cada espécie, totalizando 480 mudas implantadas. As mudas foram distribuídas em 20 linhas de plantio, intercalando mudas de espécie. Em cada linha de plantio havia uma muda de cada um dos oito tratamentos, totalizando para cada espécie 20 repetições para cada tratamento. Após o plantio, foi realizada a irrigação de cada muda, fez-se a mensuração da altura das plantas, além do croqui de localização de todas as plantas, com a identificação dos tratamentos. Não foi realizada adubação de plantio.

Segundo dados coletados em pluviômetro instalado na localidade da área experimental, entre 01 dezembro de 2015 a 30 de novembro de 2016 a precipitação acumulada foi de 891 mm. Nos cinco primeiros meses após o plantio; dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril houve precipitação de 137,5; 285,7; 131,7; 101,5 e 49,9 mm; respectivamente com 10, 18, 6, 8 e 5 dias com chuva em cada mês. Nos demais meses, a precipitação foi reduzida, com chuvas bem reduzidas.

As avaliações consistiram na observação da sobrevivência das mudas aos 5 e 12 meses após o plantio. Nestas ocasiões, procedeu-se também a mensuração da altura da parte aérea e do diâmetro ao nível do solo (DNS) aos 12 meses.

Avaliou-se a normalidade e a homogeneidade de variâncias do resíduo de altura e do DNS mensurados. Os resultados foram submetidos à análise de variância. Para todas as análises, foi utilizado o *software* Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Schinus terebenthifolius*

3.1.1 Fase de Viveiro

Nas Figuras 2A e 2B são apresentados o crescimento em altura das mudas de aroeira, produzidas nos tubetes de 110 e 280 cm³, respectivamente, ao longo do tempo (28 a 112 dias após repicagem). As linhas de regressão representam as três doses de Fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) e uma testemunha absoluta. Através da figura, verifica-se crescimento linear da altura das mudas em função do tempo de repicagem. Além disso, percebe-se que o uso do fertilizante acelerou o crescimento das mudas, nos tratamentos em que foram enriquecidos com o fertilizante.

O teste de identidade de modelos constatou que, em ambos os volumes de tubete, houve diferença significativa entre as equações ajustadas para cada dose de fertilizante de liberação controlada aplicada. Nos tubetes de 110 cm³, verificou-se que as mudas de aroeira produzidas nos tratamentos com doses de 6 e 12 kg.m⁻³ apresentaram equações idênticas estatisticamente, apresentando médias de altura superior as das mudas das doses 0 e 3 kg.m⁻³, gerando as equações que são mostradas na Figura 2A.

Para as mudas produzidas nos tubetes de 280 cm³, as equações dos três tratamentos que receberam a fertilização foram idênticas estatisticamente e superiores ao tratamento que não recebeu fertilizante de liberação controlada, gerando as equações que são mostradas na Figura 2B. Sendo assim, se for levado em consideração, apenas a característica altura em função do tempo, usando biofóssido como substrato, para produção de mudas de aroeira, em tubete de 110 cm³, recomendaria-se utilizar 6 kg de fertilizante de liberação controlada por m³ de biofóssido e para tubete de 280 cm³ a dose de 3 kg.m⁻³. Esta diferença de doses entre recipientes é devido ao próprio volume destes e a quantidade de substrato ofertada em cada um, além da quantidade de nutrientes e matéria orgânica.

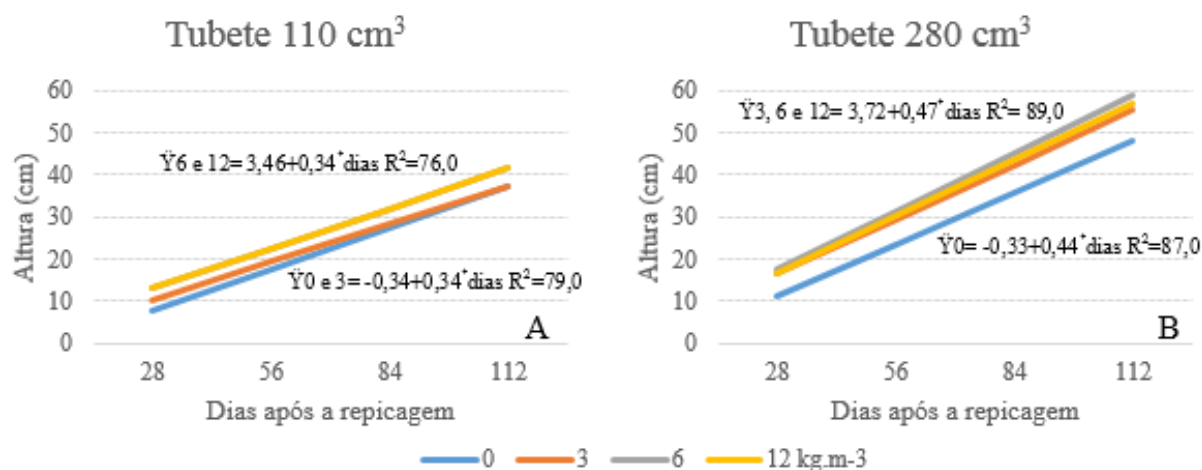


Figura 2: Altura de mudas de *Schinus terebenthifolius* após repicagem, produzidas em tubetes 110 cm³ e 280 cm³, sob quatro doses de fertilizante de liberação controlada, utilizando biofóssido como substrato. * significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

O maior crescimento das mudas que receberam maiores doses de fertilizante pode ser explicado também pela maior sensibilidade da altura em relação à adubação nitrogenada, pois segundo Hahn et al. (2006), substratos ricos em nitrogênio, tendem a produzir mudas florestais com maior altura. O biofóssido, normalmente é relativamente rico em N, conforme

mencionado em trabalhos como de Assenheimer (2009), Maas (2010) e Abreu (2014) e observado pela Tabela 1. Esta resposta à adubação no crescimento em altura das mudas, também ocorreu devido à aroeira ser uma espécie pioneira, de crescimento relativamente rápido e responsiva à fertilização (CARVALHO, 2003). Assim, espera-se que, quanto melhores as condições, maior será seu crescimento vegetativo. Contudo, Rossa et al. (2013) salientam que maiores acréscimos de adubação (principalmente o nitrogênio) poderão acarretar num elevado incremento em altura, e ocasionar o estiolamento das mudas de aroeira.

Observa-se ainda pela Figura 2 que as mudas de aroeira, em todos os tratamentos, aos 112 dias (última medição), ainda estavam com crescimento linear em altura, indicando que teoricamente, poderiam continuar no viveiro. No entanto, segundo informações de José et al. (2005), mudas desta espécie com 25 cm de altura já possuem tamanho adequado para serem plantadas no campo, desde que devidamente rustificadas. Assim, levando em consideração a altura das mudas de aroeira com 56 dias após repicagem, produzidas nos tubetes de 280 cm³ com substrato enriquecido com fertilizante de liberação controlada, poderiam ser levadas para o campo, enquanto que as mudas produzidas no tubete de 110 cm³, esta idade seria aos 84 dias, maximizando o uso do viveiro.

Na Tabela 2 é apresentado resumo da análise de variância dos parâmetros morfológicos da última medição, avaliados na época de expedição das mudas para o campo (112 dias após a repicagem). Constata-se que, para todas as características avaliadas, ocorreram diferenças significativas entre as médias das mudas produzidas nos dois volumes de tubetes. Também ocorreram diferenças significativas entre doses de fertilizante em todas as variáveis. A interação entre recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada não foi significativa apenas para massa de matéria seca de raízes.

Tabela 2: Resumo da análise de variância (quadrado médio) para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raízes (MSR) em função de diferentes recipientes e doses de Fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) para produção de mudas de *Schinus terebenthifolius*, aos 112 dias após a repicagem

Fonte de Variação	GL	Altura	Diâmetro	Área foliar	MSPA	MSR
Recipiente	1	1992,5*	19,71*	419508*	68,77*	6,42*
Erro A	8	16,2	0,04	1339	1,28	0,23
Dose	3	81,4*	6,18*	74306*	16,13*	2,25*
Recipiente*Dose	3	21,5*	0,41*	15040*	4,63*	0,61 ^{ns}
Erro B	24	4,1	0,14	4362	1,77	0,44

GL = grau de liberdade. *significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste F.

Aos 112 dias após repicagem, as mudas produzidas nos tubetes de 280 cm³ apresentaram médias de todas as características morfológicas significativamente superior. Isto ocorreu provavelmente devido ao maior volume de biossólido oferecido pelo tubete de 280 cm³, o qual possui mais espaço para o crescimento radicular, disponibilidade de água, nutrientes e matéria orgânica, conforme também observado por Lisboa et al. (2012) trabalhando com duas espécies florestais, Abreu et al. (2015) para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e por Lima Filho (2015) com quatro espécies arbóreas de Mata Atlântica. José et al. (2005) também relatam que o volume do tubete tem efeito significativo sobre as

variáveis morfológicas das mudas e desta forma, pode-se tornar um fator limitante ao crescimento das mudas.

Cunha et al. (2005), avaliando quatro tamanhos de recipientes para produção de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), constataram que os recipientes de maiores dimensões proporcionaram tendência de maior crescimento das mudas, implicando na diminuição do ciclo de produção destas. Os autores explicam que isto ocorreu devido ao maior volume de substrato ofertado. Porém, este trabalho de Cunha et al. (2005) não menciona se os maiores recipientes proporcionaram maior sobrevivência das mudas no campo e também, sobre o rendimento de transporte das mudas viveiro – campo, que são parâmetros importantes quando estuda-se recipientes.

Verifica-se também pela Tabela 2 que houve resposta significativa de crescimento em função da dose de Fertilizante de liberação controlada aplicada, envolvendo os dois volumes de tubetes. Ao testar os modelos, constatou-se que o modelo linear foi o de melhor ajuste em relação às características de crescimento, porém estas apresentaram coeficiente de determinação (R^2) relativamente baixo (inferior a 35%), devido à grande dispersão dos dados, por trabalhar com os valores das mudas produzidas nos dois volumes de tubetes.

Ao realizar o desdobramento, constata-se que as mudas de aroeira produzidas nos tubetes de 110 cm³, aos 112 dias após a repicagem, apresentaram crescimento linear com as doses de Fertilizante de liberação controlada aplicadas no bio sólido, na época de enchimento dos recipientes (Figura 3). Já as mudas produzidas nos tubetes de 280 cm³, apresentaram equação quadrática para altura, área foliar e massa de matéria seca de parte aérea; e equação raiz quadrática para diâmetro ao nível do coleto, ou seja, isso indica uma dose máxima para o crescimento das mudas de aroeira. Esta diferença de comportamento de crescimento das mudas nos dois volumes de tubetes é devido ao pequeno volume de bio sólido no tubete de 110 cm³, e com isso, segundo Lisboa et al. (2012) e Lima Filho (2015), não atendendo a demanda de nutrientes da planta, além da maior restrição do crescimento radicular das mudas neste volume de tubete.

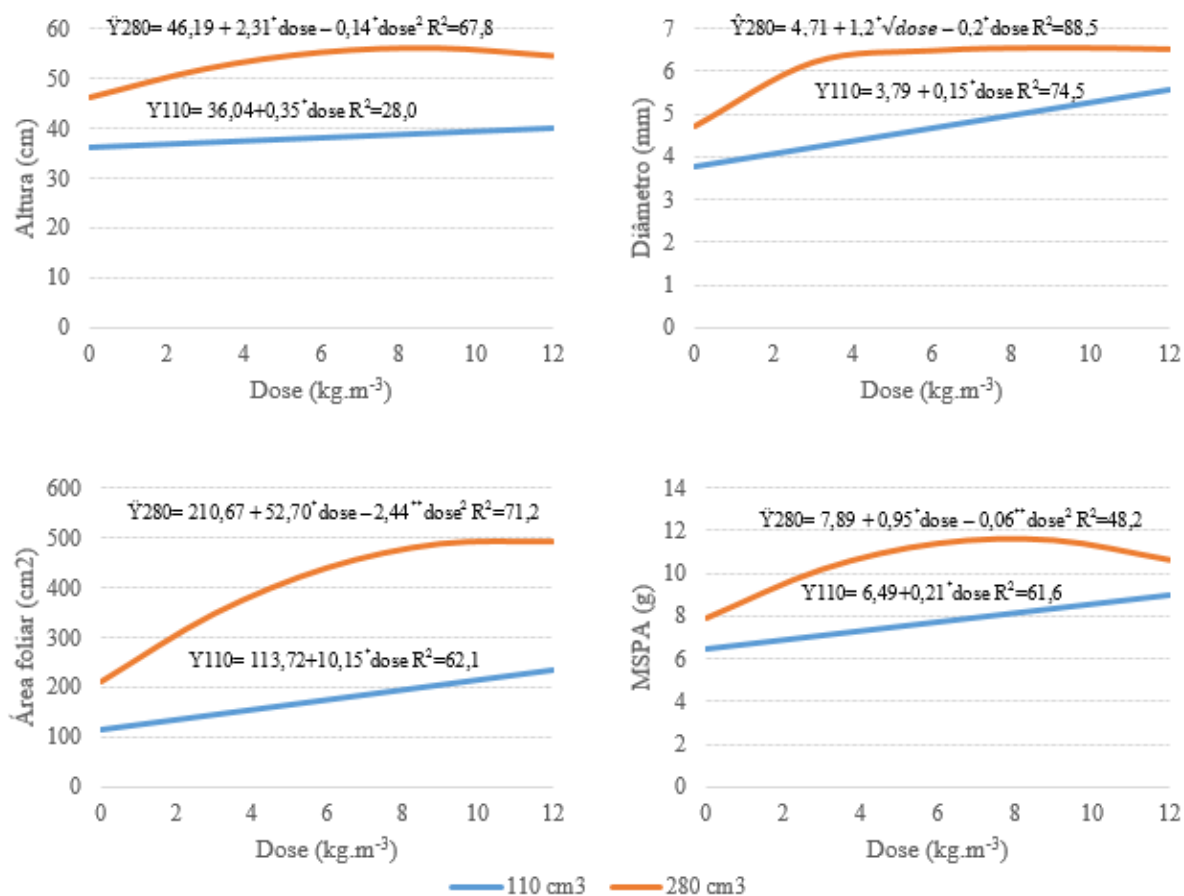


Figura 3: Crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* em função de diferentes doses de Fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) produzidas em dois volumes de tubetes, utilizando biossólido como substrato. MSPA = massa de matéria seca de parte aérea. *significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t; **significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

José et al. (2009), com o objetivo de avaliar doses de fertilização de liberação controlada na qualidade de mudas de aroeira produzidas em tubetes de 50 e 150 cm³, observaram que os dois volumes de tubetes tiveram modelos com ajuste linear para a maioria das variáveis, exceto a altura, o que corrobora com este trabalho, em que nos tubetes de 110 cm³ observou-se um comportamento linear com o aumento das doses de fertilizante de liberação controlada.

Como verificado para as mudas de aroeira produzidas nos tubetes de 280 cm³, observa-se em outros trabalhos um comportamento quadrático de crescimento de mudas florestais com o aumento das doses de fertilizantes (BRONDANI et al., 2008; ROSSA et al., 2013; STÜPP et al., 2015). Segundo Rossa et al. (2013), esse tipo de comportamento demonstra que as plantas apresentam um máximo crescimento biológico e que não crescem na mesma proporção em que se aplicam os fertilizantes, indicando a chamada Dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET).

Ao calcular a DMET do crescimento em altura, diâmetro de coleto, área foliar e MSPA, das mudas de aroeira produzidas em tubetes de 280 cm³, encontrou-se valores de 8,5; 9,0; 10,8 e 7,9 kg de Fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12) por m³ de biossólido aplicados na época de enchimento dos tubetes, respectivamente. Sendo assim, o

valor médio de Fertilizante de liberação controlada que proporcionou o maior crescimento foi de 9,0 kg.m⁻³ de substrato, isso indica que; se for levado em consideração apenas essas características de crescimento no viveiro, sem levar em consideração a sobrevivência e o crescimento inicial no campo; esta dose seria a mais recomendada para produzir mudas de aroeira, quando utilizado tubetes de 280 cm³ e substrato com 100% de biossólido.

Esses valores de DMET confirmam que aplicações de doses exageradas de nutrientes, não irão oferecer um crescimento proporcional à quantidade empregada, além de aumentar os riscos de contaminação ambiental (BETTIOL; CAMARGO, 2006; COSCIONE et al., 2010) e elevar os custos de produção das mudas florestais no viveiro.

Caldeira et al. (2008) estabeleceram limite mínimo de 30 cm de altura e 2,2 mm de diâmetro do coleto para que mudas de aroeira sejam encaminhadas para o campo. José et al. (2005) destacam que para a espécie aroeira, a altura e o diâmetro do coleto adequado para expedição das mudas para o campo encontra-se respectivamente na faixa dos 25 cm e 3,0 mm, com 90 dias após a repicagem. Sendo assim, as mudas de todos os tratamentos (produzidas em tubetes de 110 e 280 cm³ com doses de 0, 3, 6 e 12 kg.m⁻³ de substrato), encontravam-se nos padrões estabelecidos por estes autores para serem plantadas, levando-se em consideração a altura e o diâmetro do coleto, sendo importante fazer testes no campo.

Com base na interação significativa entre recipiente e dose da análise de variância (Tabela 2), para cada dose foi realizado teste t para verificar a ocorrência de diferença significativa das características de crescimento entre os recipientes. Constata-se pela Tabela 3, que para todas as doses, em todas as características de crescimento, com exceção do peso da massa de matéria seca de raízes, as mudas produzidas em tubetes de 280 cm³ foram significativamente superior do que as mudas produzidas nos tubetes de 110 cm³.

Tabela 3: Valores médios das características de crescimento de mudas de *Schinus terebenthifolius*, aos 112 dias após a repicagem, em doses de Fertilizante de liberação controlada N-P-K (15-09-12), utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³

Dose de FLC	Altura (cm)		DC (mm)		AF (cm ²)		MSPA (g)		MSR (g)	
kg.m ⁻³	110	280	110	280	110	280	110	280	110	280
0	36,2	46,0*	3,6	4,7*	117	208*	6,6	7,8*	5,5	5,8 ^{ns}
3	36,4	52,5*	4,3	6,2*	136	353*	6,9	10,6*	5,9	7,3 ^{ns}
6	39,0	54,8*	4,9	6,5*	181	434*	7,8	11,3*	6,1	7,1 ^{ns}
12	39,9	54,6*	5,4	6,5*	234	492*	9,0	11,2*	6,4	6,9 ^{ns}

DC – Diâmetro do coleto; AF – Área foliar; MSPA – Matéria seca da parte aérea; MSR – Matéria seca de raiz. * significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t.

A diferença significativa entre os recipientes pode ser justificada pelo menor volume de substratos, e com isso menor quantidade de água e de nutrientes disponíveis às mudas de aroeira. Essas diferenças em altura e diâmetro do coleto, por exemplo, podem ser reduzidas conforme ocorre compensação nutricional das mudas produzidas em tubetes menores, pela maior aplicação de fertilizantes, com maior frequência de aplicações, pois quanto menor o recipiente, menor será a permanência dos elementos no substrato, tanto pelo consumo da muda, quanto pela lixiviação ocasionada pela irrigação (JOSÉ et al., 2005).

José et al. (2005) destacam que, o volume do tubete tem efeito significativo sobre as características morfológicas das mudas e desta forma, pode-se tornar um fator limitante ao crescimento da muda, o que provavelmente ocorreu neste trabalho. Ferraz e Engel (2011), estudando três espécies nativas de diferentes estágios ecológicos (*Hymenea coubaril*, *Tabebuia chrysotricha* e *Parapiptadenia rigida*), verificaram que as plantas produzidas com substrato comercial orgânico no tubete de 300 cm³ (maior recipiente avaliado) foram as que obtiveram maior crescimento, possibilitando reduzir o tempo de produção em até 70 dias. Viana et al. (2008), em estudo com *Bauhinia forficata* e Teixeira et al. (2005), avaliando *Jacaranda micrantha* e *Triplaris americana*, também verificaram efeitos de diferentes tamanhos de recipientes na produção de mudas florestais.

Carneiro (1995) argumenta que, o volume do tubete irá influenciar também na disponibilidade de nutrientes e água, além disso, tubetes de maior volume irão promover um maior crescimento e melhor arquitetura de raízes. Contudo, quanto maior o recipiente maior será a área necessária do viveiro para produzir as mudas, o que irá implicar nos custos do preço da muda, além de afetar nos custos de transporte das mudas do viveiro para a área de plantio.

Avaliando os resultados do teor médio de macronutrientes da parte aérea das mudas de aroeira entre os recipientes e as diferentes doses de Fertilizante de liberação controlada (Tabela 4), observa-se em geral, que a concentração dos macronutrientes avaliados seguiu à ordem Ca > N > K > P > Mg. Esse padrão foi seguido para as mudas nos dois recipientes, mesmo quando acrescentado doses de fertilizante de liberação controlada no substrato. Essa maior presença do Ca nas mudas pode estar relacionada ao fato desse nutriente apresentar função estrutural, em que boa parte dele estará presente na parede celular (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 4: Teor médio de macronutrientes da parte aérea, em g.kg⁻¹, em mudas de *Schinus terebenthifolius* submetidas a diferentes doses de Fertilizante de liberação controlada em dois volumes de tubete, aos 112 dias após a repicagem

Recipiente	Dose (kg.m ⁻³)	N	P	K	Ca	Mg
110 cm ³	0	16,38	3,92	6,74	29,57	0,80
	3	13,75	4,30	10,42	22,96	1,11
	6	13,79	2,77	11,78	25,91	0,97
	12	14,71	1,85	10,39	21,15	0,96
280 cm ³	0	20,37	2,49	9,82	21,92	0,67
	3	17,09	2,09	10,33	27,21	0,76
	6	18,61	2,11	12,74	26,41	1,10
	12	21,76	2,24	14,30	23,53	1,21

Percebe-se também que, ocorreu um menor teor dos macronutrientes conforme o aumento das doses, porém com pouca variação. Esse padrão se repetiu em ambos os recipientes. Isso pode estar associado ao efeito da diluição, no qual o aumento na produtividade faz com que ocorra uma diminuição da concentração de alguns elementos na planta (ROSSA et al., 2015). As mudas com maior crescimento demonstraram maior eficiência na utilização desses nutrientes em produção de biomassa, fator esse que pode ser comprovado através da análise dos conteúdos totais desses elementos presente na matéria seca da parte aérea das mudas. Essa maior disponibilização de nutrientes acabou não favorecendo a

absorção e utilização dos macronutrientes pelas mudas de aroeira, e isso segundo Sorreano et al. (2012), pode causar efeitos fitotóxicos na planta.

Ao analisar respostas de conteúdo de macronutrientes das mudas para cada tipo de tubete (Tabela 5), constatam-se comportamentos diferenciados. Para as mudas dos tubetes de 110 cm³ não houve respostas para P, Ca e Mg. Já nos tubetes de 280 cm³, verificou-se respostas para todos os macronutrientes, sendo que para N, P e Mg as respostas foram lineares. Para K e Ca obteve-se DMET de 11,4 e 5,4 kg.m⁻³ de bio sólido, respectivamente.

Tabela 5: Equações do conteúdo total médio dos macronutrientes presentes na biomassa de matéria seca da parte aérea, em g.muda⁻¹, em função de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, de mudas de *Schinus terebenthifolius* produzidas em dois volumes de tubete, aos 112 dias após a repicagem

Elemento	110 cm ³	280 cm ³
N	$\hat{Y} = 0,108 - 0,022^* \cdot \sqrt{\text{dose}} + 0,008^* \cdot \text{dose}$ R ² = 51,3 DMET = 1,9	$\hat{Y} = 0,158 + 0,007^* \cdot \text{dose}$ R ² = 63,7
P	$\hat{Y} = \bar{Y}$	$\hat{Y} = 0,020 + 0,0004^* \cdot \text{dose}$ R ² = 34,8
K	$\hat{Y} = 0,044 + 0,011^* \cdot \text{dose} - 0,0006^* \cdot \text{dose}^2$ R ² = 80,0 DMET = 9,2	$\hat{Y} = 0,074 + 0,014^* \cdot \text{dose} - 0,0006^{**} \cdot \text{dose}^2$ R ² = 74,4 DMET = 11,4
Ca	$\hat{Y} = \bar{Y}$	$\hat{Y} = 0,169 + 0,111^* \cdot \sqrt{\text{dose}} - 0,024^* \cdot \text{dose}$ R ² = 59,6 DMET = 5,4
Mg	$\hat{Y} = \bar{Y}$	$\hat{Y} = 0,006 + 0,0007^* \cdot \text{dose}$ R ² = 71,9

*significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t; **significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

De maneira geral, pelas equações, o conteúdo total de N, P, K, Ca e Mg foi superior com a utilização do Fertilizante de liberação controlada em relação às plantas produzidas em tubetes sem fertilização. Em relação à testemunha, o efeito mais marcante foi para o K. Isso possivelmente pode estar associado ao fornecimento mais rápido desse nutriente. Uma possível carência de K pode causar uma redução na produção de massa seca das mudas, pois ele ativa enzimas que estão envolvidas na respiração e na fotossíntese, além disso, o K irá regular o potencial osmótico da célula vegetal e a abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Apesar de *Schinus terebenthifolius* ser classificada como pioneira, com rápido crescimento e maior exigência nutricional na fase inicial de crescimento (GONÇALVES et al., 2001; CARVALHO, 2003; PAIVA et al., 2009), observa-se que a maior disponibilização de nutrientes não irá favorecer a absorção de macronutrientes pelas plantas, podendo até causar efeitos fitotóxicos (TAIZ; ZEIGER, 2009; SORREANO et al., 2012), como no caso de K em ambos os tubetes, N em tubetes de 110 cm³ e Ca em tubetes de 280 cm³. O aumento demasiado de nutrientes também pode elevar as perdas por lixiviação (FERNANDES, 2006) e por adsorção no solo (NOVAIS et al., 2007), além dos riscos de contaminação ambiental (BETTIOL; CAMARGO, 2006; COSCIONE et al., 2010).

3.1.2. Fase de campo

Aos cinco meses após o plantio, as plantas de *Schinus terebenthifolius* apresentaram taxa de sobrevivência variando de 90 a 100% (Tabela 6), valor considerado ótimo

(BELLOTO et al., 2009). Isto ocorreu devido à boa precipitação que ocorreu nos quatro meses após plantio (dezembro a março). Na avaliação realizada aos doze meses após o plantio, as plantas de aroeira apresentaram taxa de sobrevivência em campo variando entre 75% a 95% para os diferentes tratamentos.

Esta queda da taxa de sobrevivência está relacionada a redução da precipitação, entre os meses de junho a outubro, na região, além da baixa capacidade de retenção de água do solo em que as mudas foram plantadas, sendo um solo bastante arenoso. Para o estado do Rio de Janeiro, segundo Art. 8º, item 4.2, da Resolução INEA nº 89, de 03/06/14 (INEA, 2014), é aceitável o índice de mortalidade por espécie de até 20%. Nesse contexto, apenas as mudas produzidas sem fertilização, em ambos os recipientes, não se enquadraram nas recomendações indicadas e necessitariam de replantio.

De maneira geral, as mudas de aroeira originárias de tubete 110 cm³ apresentaram taxa de sobrevivência ligeiramente maior do que as mudas do tubete 280 cm³, demonstrando a rusticidade dessa espécie, destacando que ela pode ser levada para campo mesmo quando produzidas em recipientes de menor volume.

Tabela 6: Sobrevivência e crescimento de *Schinus terebenthifolius*, oriundas de dois volumes de tubete e submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, aos cinco e doze meses após o plantio, em área de reflorestamento, município de São Francisco do Itabapoana - RJ

Volume do Tubete	Dose	Plantio		----- 5 meses -----		----- 12 meses -----	
		Alt. (cm)	Sobrev. (%)	Alt. (cm)	Sobrev. (%)	Alt. (cm)	DNS (mm)
110 cm ³	0	45,4	95	53,3	75	68,7	21,0
	3	43,6	100	56,6	90	64,1	19,2
	6	46,8	100	58,5	90	72,1	20,3
	12	49,2	100	60,3	90	72,5	19,5
	Média	46,3	97,5	57,2	86,2	69,3	20,0
280 cm ³	0	54,7	90	65,4	75	71,7	19,3
	3	64,3	90	77,3	85	87,0	23,5
	6	64,5	95	72,3	85	84,6	22,2
	12	65,4	100	74,7	95	80,7	23,9
	Média	62,2	93,7	72,4	85,0	81,0	22,2

Médias das mudas produzidas em tubetes seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste t (P > 0,90).

Pela tabela 6, observa-se que as plantas de aroeira produzidas em tubete de 280 cm³ apresentaram valores significativamente superior do que as de tubetes de 110 cm³ apenas para altura, aos 5 e 12 meses, porém destaca-se a redução dessa diferença ao longo desse tempo, com um ganho maior em incremento das plantas de aroeira produzidas em tubete de 110 cm³. Segundo Carneiro (1995), as diferenças de crescimento de mudas produzidas de diferentes recipientes tendem a desaparecer ao longo do tempo no campo, conforme observado, também por José et al. (2005) com *Schinus terebinthifolius* usando tubetes de 50 e 150 cm³ e por Abreu et al. (2015) aos cinco meses após o plantio em mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, produzidas em diferentes recipientes.

Sendo assim, levando em consideração o desempenho geral das mudas de aroeira, no viveiro e no campo, recomenda-se produzir mudas de aroeira em tubetes de 280 cm³, fertilizadas com 3 kg do fertilizante de liberação controlada utilizado, pelas condições de

sobrevivência e crescimento inicial apresentadas no campo, além de sua resposta durante a fase de produção no viveiro.

3.2. *Schizolubium parahyba*

3.2.1 Fase de viveiro

Verificou-se crescimento linear da altura das mudas para ambos os recipientes e doses, em função do tempo de repicagem (Figura 4A e 4B). Além disso, destaca-se que o uso do fertilizante acelerou o crescimento das mudas, nos tratamentos em que foram enriquecidos com o fertilizante. Pelo teste de identidade de modelos constatou-se que, para ambos os volumes de tubete, houve diferença significativa entre as equações ajustadas para cada dose de fertilizante de adubação controlada.

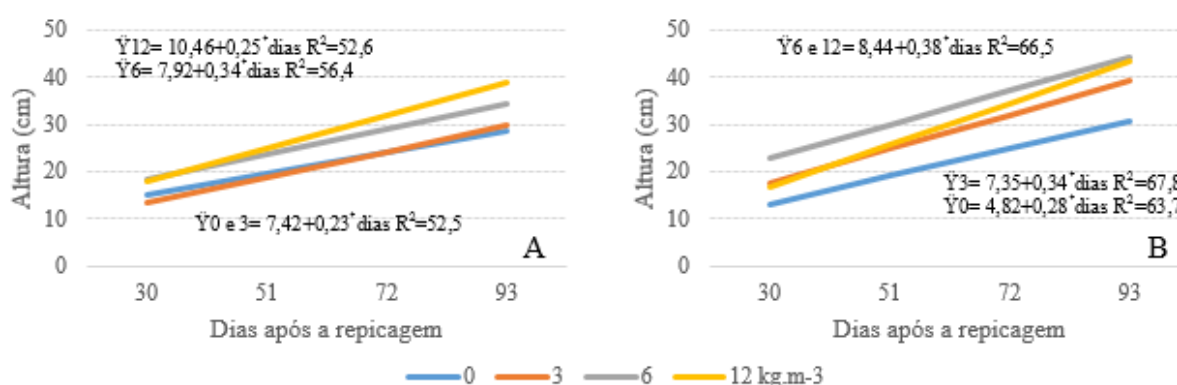


Figura 4: Altura média de mudas de *Schizolubium parahyba* após a repicagem, produzidas em tubetes 110 cm³ (A) e 280 cm³ (B), sob doses crescentes de fertilizante de liberação controlada, utilizando bio sólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Por meio do teste de identidade de modelos, constatou-se que nos tubetes de 110 cm³ as mudas que receberam a dose de 12 kg.m⁻³, se mostraram superiores, sendo seguido pelo tratamento com dose 6 kg.m⁻³. As mudas dos tratamentos testemunha (sem fertilizante) e com 3 kg.m⁻³ de FLC, apresentaram modelos idênticos estatisticamente e inferiores aos demais tratamentos (Figura 4A).

Para as mudas produzidas nos tubetes de 280 cm³, os tratamentos com doses de 6 e 12 kg.m⁻³ de FLC, apresentaram modelos idênticos e superiores ao tratamento com dose de 3 kg.m⁻³ e testemunha (Figura 4B). Neste recipiente, as mudas que não receberam fertilização, apresentaram as menores médias.

A diferença de respostas entre os dois volumes de recipientes, provavelmente está relacionado com a disponibilidade de nutrientes do substrato. No recipiente de 110 cm³, a quantidade de nutrientes disponível para a planta é menor, o que fez com as mudas respondessem mais à fertilização mineral, apresentando diferenças até a dose 12 kg.m⁻³ de FLC. Já nos tubetes de 280 cm³, com maior disponibilidade de nutrientes advindos do substrato, as mudas também responderam à fertilização, porém até a dose de 6 kg.m⁻³.

Abreu et al. (2017) analisando o uso de resíduos urbanos na produção de mudas de *Lafoensia pacari* em tubetes de 280 cm³, constataram o potencial do bio sólido para produção de mudas desta espécie, sem necessidade de fertilização mineral complementar. No presente trabalho, embora as mudas produzidas nos tratamentos sem fertilização tenham atingido o

padrão de qualidade para expedição, de 25 a 30 cm segundo Moraes et al. (2013), os resultados mostraram que para a produção de mudas de guapuruvu em tubetes o uso de FLC reflete positivamente na altura das mudas, podendo ser uma medida de manejo adotada para acelerar e melhorar o processo de produção. Observou-se em todos os tratamentos, que aos 93 dias após a repicagem, as mudas ainda estavam com crescimento linear em altura, indicando não ter atingido o ápice do crescimento (Figura 4).

Para todas as características avaliadas, ocorreram diferenças entre as médias das mudas produzidas, nos dois volumes de tubetes (Tabela 7). Também houve diferença entre doses de FLC em todas as variáveis mensuradas. A interação volume de recipiente e dose não foi significativa apenas para MSR.

Tabela 7: Quadrado médio da análise de variância para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSR) em função de diferentes volumes de recipiente e doses de FLC para produção de mudas de *Schizolobium parahyba*, aos 93 dias após a repicagem

Fonte de Variação	GL	Altura	Diâmetro do coleto	Área foliar	MSPA	MSR
Recipiente	1	437,6*	16,38*	33528*	35,19*	2,19*
Erro A	8	16,3	0,49	676	1,62	0,48
Dose	3	256,0*	1,57*	14651*	11,65*	1,47*
Recipiente*Dose	3	30,3*	1,61*	4821*	6,12*	0,24 ^{ns}
Erro B	24	3,0	0,21	1022	1,29	0,30

GL = grau de liberdade. *significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste F.

Carvalho (2015) avaliando o crescimento de mudas de cinco espécies florestais produzidas em tubetes de 110 e de 280 cm³, usando biossólido como substrato, observou que para *Schinus terenbinthifolius*, *Cordia abyssinica*, *Tabebuia heptaphylla* e *Lafoensia ghyptocarpa* os tubetes de 280 cm³ produziram mudas de maiores dimensões e para *Gallesia integrifolia* não houve diferenças significativas, na época das mudas serem levadas para o plantio no campo. Antoniazzi et al. (2013) observaram que houve diferenças significativas nas características de crescimento de mudas de *Cedrela fissilis* produzidas em tubetes de 50, 100 e 175 cm³ aos 120 dias após a semeadura, sendo que a média de altura em todos os três recipientes foi inferior a 20 cm, considerado fora dos padrões de qualidade por Davide et al. (2015).

Gasparin et al. (2014) não observaram diferenças significativas no crescimento de mudas de *Cabrlea canjerana*, produzidas em tubetes de 110 e de 280 cm³, usando substratos a base de turfa, aos 330 dias após a semeadura. Estes dados mostram que não existe comportamento padrão, mas normalmente para as espécies arbóreas de rápido crescimento inicial (as chamadas pioneiras e secundárias iniciais), como *Schizolobium parahyba*, para aproveitar o potencial da espécie e, com isso diminuir o tempo de produção das mudas no viveiro.

As mudas produzidas nos tubetes de 110 cm³, aos 93 dias após a repicagem, apresentaram crescimento linear em altura e em AF em função do aumento da dose de FLC ao substrato (Figura 5), indicando que as mudas ainda poderiam responder a doses maiores do fertilizante. Este comportamento pode ser explicado pela menor quantidade de nutrientes disponíveis neste recipiente de menor volume, desta forma, à medida que se aumentou a dose de fertilizante, houve incremento em altura e AF. Mesmo havendo interação significativa, para diâmetro de coleto e MSPA não houve ajuste de equações para estes parâmetros, o que

pode ser atribuído ao coeficiente de determinação (R^2) relativamente baixo (inferior a 20%), devido à grande dispersão dos dados.

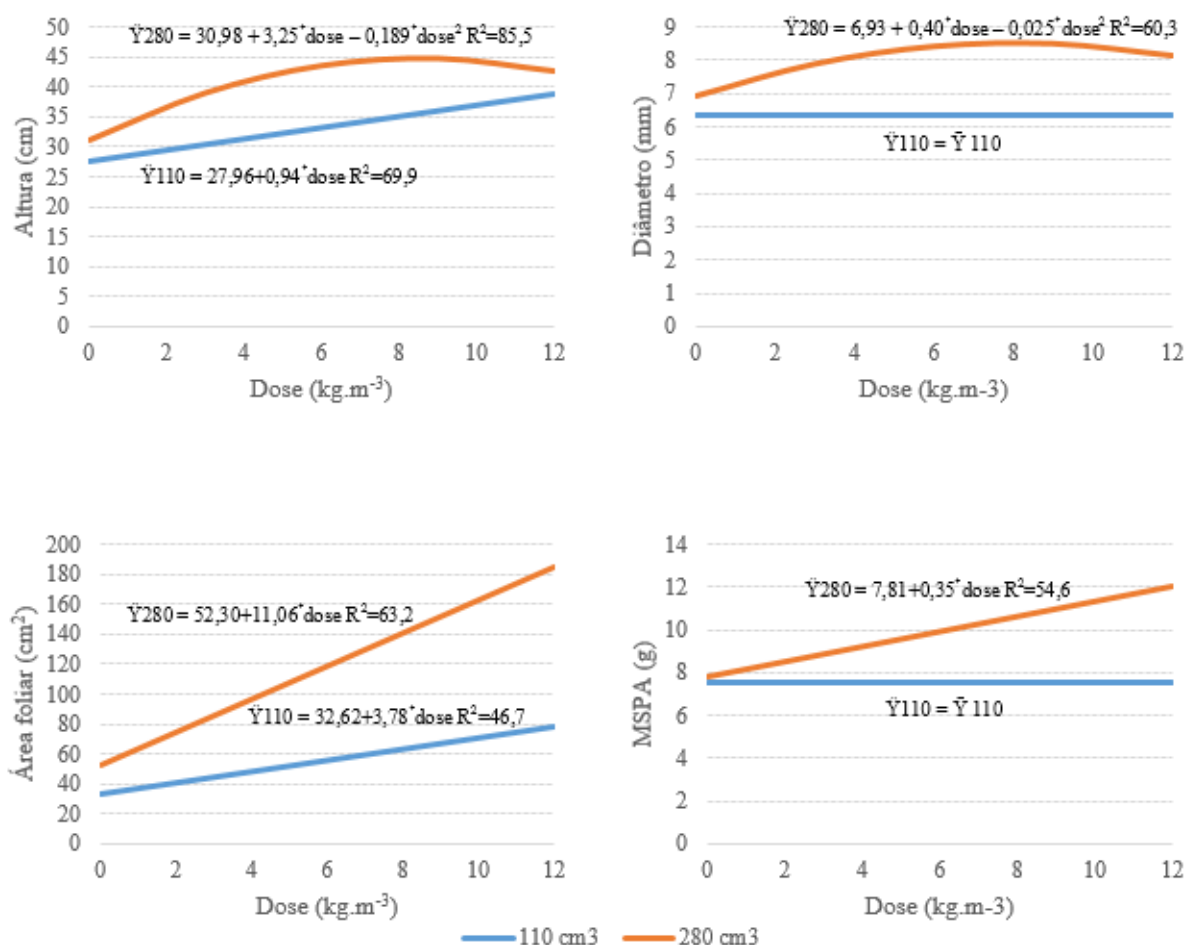


Figura 5: Média do crescimento em altura, diâmetro do coleto, área foliar (AF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Schizolubium parahyba*, aos 93 dias após repicagem, em função de doses crescente de FLC produzidas em dois volumes de tubetes, utilizando biossólido como substrato. * significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Com base nos dados apresentados, a dose de 12 kg.m⁻³ de FLC é a que apresenta os maiores resultados, para composição do substrato para produção de mudas de guapuruvu em tubetes de 110 cm³, se for levado em consideração apenas essas características de crescimento no viveiro, sem levar em consideração a sobrevivência e o crescimento inicial no campo. Contudo, se for levar em consideração a altura ideal de 25 a 30 cm para a expedição das mudas; indicada por Moraes et al. (2013); o ideal para esse recipiente seria uma aplicação de FLC, menor do que 6 kg.m⁻³, pois doses inferiores a essa já apresentavam essa altura padrão, além disso, o custo benefício desse insumo deve ser levado em conta, já que esse produto possui um preço de mercado maior quando comparado a outras fórmulas.

Para as mudas produzidas nos tubetes de 280 cm³ foram ajustadas equações quadráticas para altura e diâmetro do coleto (Figura 5), podendo ser determinada a dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET). Esse tipo de comportamento demonstra que as plantas apresentam máximo crescimento biológico e que não crescem na mesma proporção em que se aplicam os fertilizantes. Para altura e o diâmetro de coleto este valor é, respectivamente, de

8,6 e 8,0 kg de FLC por m³ de biossólido, o que em média, daria uma recomendação de 8,3 kg.m⁻³ de substrato, se for levado em consideração apenas essas características de crescimento no viveiro, sem levar em consideração a sobrevivência e o crescimento inicial no campo.

Para AF e MSPA foram ajustadas equações lineares. Isto ocorreu provavelmente devido a maior concentração de N disponibilizado pela fertilização, e segundo Marschner (1995) este elemento em maiores concentrações estimula o crescimento em folhas na planta na fase inicial, para aumentar a sua capacidade fotossintética.

Indicar a dose de máxima eficiência é ideal para cada situação e espécie, pois segundo Gonçalves et al. (2014) doses elevadas de fertilizantes podem ser prejudiciais para o crescimento das mudas de espécies florestais nativas, pois alguns nutrientes podem apresentar toxicidade quando contidos em alta concentração e ou inibirem a absorção de outros elementos, conforme mencionado por Marschner (1995).

Rossa et al. (2013a) e Rossa et al. (2013b) avaliaram doses de 0 a 10 kg de FLC NPK (13-06-16) por m³ de substrato base (60% de casca de pinus, 30% composto orgânico peneirado e 10% de vermiculita) para produção de mudas de espécies florestais em tubetes de 180 cm³. Rossa et al. (2013a) verificaram que para produção de mudas *Schinus terebinthifolius* de acordo com a dose de máxima eficiência técnica, deve-se utilizar dose de 9,48 kg do fertilizante por m³ do substrato e para *Sebastiania commersoniana* a dose é de 5,54 kg.m⁻³. Rossa et al. (2013b) indicam dose de 8,65 a 12,07 kg.m⁻³ para formação de mudas de boa qualidade de *Schizolobium amazonicum* e enfatizam que se faz necessário uma análise econômica e silvicultural, considerando todos os aspectos envolvidos na produção de mudas e no estabelecimento da espécie em campo de reflorestamento.

Rossa et al. (2015) constataram que para *Anadenanthera peregrina* produzidas em tubete de 180 cm³, a dose ideal varia entre 5,54 e 6,68 a kg.m⁻³ e que doses acima de 6 kg.m⁻³ reduziram o incremento em altura em até 41% em relação aos demais tratamentos. Pias et al. (2013) produzindo mudas de *Apuleia leiocarpa* em tubete 175 cm³ com substrato estéril como meio de cultivo, em casa de vegetação, obteve DMET de 7,73 kg.m⁻³ de substrato, aos 90 dias de produção. Stupp et al. (2015) produzindo mudas de *Mimosa scabrella* com substrato comercial Tecnomax®, composto por turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal, obteve um DMET de 7,70 e 6,25 kg.m⁻³ em tubetes 110 e 180 cm³ respectivamente, aos 96 dias após a semeadura.

Esses resultados, juntamente com o deste trabalho, evidenciam que nem sempre a dose máxima de nutriente adicionado ao substrato irá produzir mudas de maiores dimensões, podendo apenas ocasionar maiores custos no processo de produção das mudas e que os valores indicados irão variar de acordo com a espécie e as condições de produção, como substrato e volume de recipiente.

No tratamento sem fertilização (testemunha), não ocorreu diferença entre os recipientes para nenhuma variável de crescimento mensurada (Tabela 8). Quando aplicado o FLC, de maneira geral, as mudas produzidas em tubetes de 280 cm³, apresentaram crescimento superior às mudas produzidas nos tubetes de 110 cm³, exceto MSR que foi significativo apenas quando aplicado a dose de 3 kg.m⁻³.

Tabela 8: Média das variáveis de crescimento mensuradas de mudas de *Schizolobium parahyba*, aos 93 dias após a repicagem, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC), utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³

Dose de FLC	Altura (cm)		DC (mm)		AF (cm ²)		MSPA (g)		MSR (g)	
kg.m ⁻³	110	280	110	280	110	280	110	280	110	280
0	28,2	30,8 ^{ns}	6,7	6,9 ^{ns}	33	47 ^{ns}	7,8	7,9 ^{ns}	6,2	6,3 ^{ns}
3	29,2	38,9*	6,0	7,8*	29	98*	7,0	8,7*	6,1	6,9*
6	34,3	43,8*	6,5	8,5*	76	111*	8,1	10,0*	6,6	7,1 ^{ns}
12	38,9	42,7*	7,1	8,2*	71	186*	8,2	12,1*	6,8	7,4 ^{ns}

DC – Diâmetro do coleto; AF – Área foliar; MSPA – Matéria seca da parte aérea; MSR – Matéria seca de raiz. * significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t.

Segundo Lisboa et al. (2012) recipientes de menor volume, restringem o crescimento do sistema radicular, e como a planta tende a crescer equilibradamente, isso reflete nos demais parâmetros morfológicos. Lima Filho (2015), analisando o crescimento de mudas de quatro espécies florestais nativas em tubetes, com volumes de 50, 110, 180 e 280 cm³ preenchidos com biossólido, concluiu que o tubete de maior volume produziu mudas de maiores dimensões.

O maior crescimento das mudas dos tubetes de 280 cm³ é proporcionado pelo maior volume de substrato, disponibilizando maior oferta de nutrientes, de água e de espaço para o crescimento radicular. José et al. (2005), produzindo mudas de *Schinus terebinthifolius*, destacam que quanto menor o recipiente, menor será a permanência dos elementos no substrato, tanto pelo consumo da muda, quanto por lixiviação por causa da irrigação. Alguns estudos demonstram que a diminuição no volume do recipiente causa restrição ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, ocasiona menor altura das mudas de espécies florestais, como *Criptomerica japonica* (SANTOS et al., 2000) e *Peltophorum dubium* (BRACHTVOGEL e MALAVASI, 2010).

De forma geral, à medida que se aumentou a dose do FLC no substrato, aumentou-se também o teor de macronutrientes da parte aérea das mudas, com exceção do Ca que diminuiu e do Mg que não apresentou um padrão definido (Tabela 4). O teor médio dos macronutrientes seguiu à ordem Ca > N > K > P > Mg (Tabela 9). Esse padrão se repetiu para as mudas nos dois recipientes e o maior teor do Ca está relacionado ao fato desse nutriente apresentar função estrutural, acumulando-se principalmente na parede celular (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Tabela 9: Teor médio de macronutrientes da parte aérea, em g.kg^{-1} , em mudas de *Schizolobium parahyba*, submetidas a fertilização com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC) em dois volumes de tubete, aos 93 dias após a repicagem

Recipiente	Dose (kg.m^{-3})	N	P	K	Ca	Mg
110	0	15,8	1,8	4,9	24,0	0,13
	3	18,4	2,4	7,3	25,4	0,16
	6	17,3	2,0	6,9	27,2	0,14
	12	24,0	2,8	11,0	16,7	0,15
280	0	18,5	1,8	6,9	29,6	0,16
	3	24,0	2,3	9,1	23,7	0,15
	6	25,3	2,3	9,0	28,2	0,14
	12	26,2	2,1	8,2	19,2	0,14

Marschner (1995) explica que altas concentrações de Ca são verificadas quando ocorre a omissão do K, isso devido a inibição competitiva. Esse efeito foi observado no presente trabalho, em que, os baixos teores de K existente na composição do biossólido (Tabela 1), favoreceram a absorção do Ca pela planta (Tabela 9). Para ambos os recipientes, as menores concentrações de Ca foram observadas nos tratamentos com as maiores doses de FLC, sugerindo que essa dosagem forneceu mais K. Fuentes et al. (2010), e Suhadolc et al. (2010) Mitshali et al. (2014) também alertam para os baixos teores de K encontrados no biossólido e indicam a necessidade de enriquece-lo com fontes de K para garantir a nutrição das culturas de interesse.

Nos tratamentos que apresentaram menores teores de Ca, foram observados maiores teores de N. Mendonça et al. (1999), com aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) e Marques et al. (2004) com paricá (*Schizolobium amazonicum*) também observaram padrão parecido, com maior concentração de N em tratamentos com omissão de Ca.

Foram ajustadas equações para os nutrientes com base nos seu conteúdo total nas folhas. Ajustaram-se equações lineares para N e K para tubetes de 110 cm^3 e N, P e K para tubetes de 280 cm^3 , sendo que para os demais macronutrientes não se obteve ajuste (Tabela 10).

Tabela 10: Equações do conteúdo total médio dos macronutrientes presentes na matéria seca da parte aérea (MSPA), em g kg^{-1} , em função de doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC), de mudas de *Schizolobium parahyba* produzidas em dois volumes de tubete, aos 93 dias após a repicagem

Macronutriente	Volume do tubete	
	110 cm^3	280 cm^3
N	$\hat{Y}=0,092 + 0,022^* \text{ dose}$ $R^2=53,8$	$\hat{Y} =0,092+0,054^* \text{ dose}$ $R^2=85,6$
P	$\hat{Y}=\bar{Y}$	$\hat{Y} =0,012+0,003^* \text{ dose}$ $R^2=69,7$
K	$\hat{Y}=0,019 +0,015^* \text{ dose}$ $R^2=55,6$	$\hat{Y} =0,044+0,014^* \text{ dose}$ $R^2=67,1$
Ca	$\hat{Y}=\bar{Y}$	$\hat{Y}=\bar{Y}$
Mg	$\hat{Y}=\bar{Y}$	$\hat{Y}=\bar{Y}$

*significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

O fato de não ocorrer efeito significativo para alguns nutrientes nos diferentes recipientes, indica que as mudas não utilizaram os elementos de maneira efetiva de forma a transformar esses macronutrientes em biomassa, principalmente quando observado os resultados das mudas produzidas em tubete 280 cm³, que tiveram um crescimento em altura e diâmetro do coleto reduzido, quando aumentado as dosagens de FLC ao substrato.

De maneira geral, pelas equações lineares apresentadas, o conteúdo total de N, P, K nas folhas, foi superior com a utilização do FLC em relação às plantas produzidas sem fertilização, tendo apenas o Ca e o Mg como exceção. A ausência de resposta desses dois elementos nos dois recipientes demonstra que não são influenciados pelos acréscimos de FLC e também pelo volume do recipiente. Como o Ca é o elemento que se desloca pela planta de forma controlada, no substrato e na planta, a tendência é de que não ocorra diferença entre os tratamentos, principalmente pela utilização desse nutriente pela planta de forma controlada.

3.2.2. Fase de campo

Os percentuais de sobrevivência aos cinco meses após o plantio, variaram de 60 a 90% para mudas produzidas nos tubetes de 110 cm³ e de 75 a 85% para as mudas produzidas em tubetes de 280 cm³ (Tabela 11). De acordo com o Art. 8º, item 4.2, da Resolução INEA nº 89, de 03/06/14 (INEA, 2014), em reflorestamentos é aceitável índice de mortalidade por espécie de até 20%, aos quatro anos após o plantio. Nesse contexto, para as mudas produzidas em tubetes de 110 cm³, apenas aquelas que receberam dose de FLC de 12 kg.m⁻³ apresentaram sobrevivência superior a 80% aos 5 meses após o plantio. Por outro lado, neste mesmo período, das mudas produzidas em tubetes de 280 cm³, apenas aquelas que receberam a dose de fertilizante de 12 kg.m⁻³ apresentaram sobrevivência menor que 80%.

Tabela 11: Médias da altura da parte aérea, da sobrevivência e do diâmetro ao nível do solo (DNS) de mudas de *Schizolobium parahyba* produzidas em dois volumes de tubetes com doses crescentes de FLC, aos cinco e doze meses após o plantio, em área de reflorestamento, no município de São Francisco do Itabapoana – RJ

Volume do Tubete	Plantio Dose	----- 5 meses -----		----- 12 meses -----		DNS(mm)	
		Alt.(cm)	Sobrev.(%)	Alt.(cm)	Sobrev.(%)		
110 cm ³	0	34,2	65	55,2	25	108,2	30,0
	3	36,6	60	60,3	30	134,8	36,7
	6	43,0	70	60,7	50	110,9	34,3
	12	47,4	90	62,3	40	91,3	24,1
	Média	40,3	71,3	59,6	36,3	111,3	31,3
280 cm ³	0	44,1	80	58,6	45	103,0	30,8
	3	47,7	85	68,8	60	113,1	32,0
	6	52,2	80	68,1	55	115,9	30,1
	12	58,1	75	74,1	50	115,2	30,7
	Média	50,5	80,0	67,4	52,5	111,8	30,9

Aos 12 meses após o plantio, nenhum dos tratamentos atendeu a sobrevivência mínima de 80% (Tabela 11). O balanço hídrico da área de plantio apresentou balanço positivo (Figura 1), com excesso de umidade nos meses de novembro e dezembro, o que aliado a precipitação observada nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, favoreceu a

sobrevivência das mudas, até maio (5 meses), quando foi realizada a primeira avaliação de sobrevivência.

No entanto, a deficiência de umidade que é característica dos meses de maio a setembro (Figura 1), aliado à ausência ou baixa precipitação neste período, fez com que a mortalidade aumentasse, chegando aos 12 meses após o plantio com no máximo de 50% de sobrevivência para mudas produzidas em tubetes de 110 cm³ no tratamento com 6 kg.m⁻³ e 60% para mudas dos tubetes de 280 cm³ na dose de 3 kg.m⁻³.

Os baixos valores de sobrevivência em todos os tratamentos indicam que a espécie não adaptou-se ao ambiente. Segundo Carvalho (2003), de baixa fertilidade, de textura arenosa ou demasiadamente secos são inadequados para o cultivo de guapuruvu.

As mudas de guapuruvu produzidas em tubete 280 cm³ apresentaram taxa de sobrevivência maior do que as mudas do tubete 110 cm³, 71,3 e 80,0% aos 5 meses e 36,3 e 52,5% aos 12 meses, respectivamente para 110 e 280 cm³. Isso pode estar relacionado ao maior acúmulo de nutrientes nas mudas dos tubetes de 280 cm³. Segundo Keller et al (2009) para as espécies florestais nativas, geralmente após do plantio em campo o crescimento das raízes normalmente é lento e a absorção de nutrientes do solo é limitada, desta forma, a sobrevivência e o crescimento inicial dependem da translocação de reservas internas de nutrientes.

Não houve diferença no crescimento em altura e em DNS nas avaliações após plantio tanto para os dois volumes de tubetes, como entre as doses crescentes de FLC (Tabela 11). Aos 5 meses após o plantio, as mudas que apresentavam maiores alturas em campo, para ambos os recipientes, foram aquelas produzidas com a maior dose de FLC (12 kg.m⁻³). No entanto, o incremento em altura entre o plantio e aos 5 meses após, é maior para as mudas de tubetes de 110 e 280 cm³ no tratamento com dose de 3 kg.m⁻³, que apresentaram, respectivamente, 23,7 e 21,1 cm de incremento em altura neste período. Isso se repetiu na avaliação aos 12 meses, em que as mudas produzidas nestes mesmos tratamentos apresentaram, respectivamente, 98,2 e 65,4 cm de incremento em altura, os maiores dentre seus respectivos recipientes.

Apesar da sobrevivência menor após o plantio, as mudas produzidas nos tubetes de 110 cm³, apresentaram maiores incrementos em altura do que as mudas advindas de tubetes de 280 cm³. No plantio, em média, as mudas dos tubetes de 110 cm³ tinham 40,3 cm de altura, 10,2 cm menor, porém aos 12 meses após o plantio a diferença reduziu para 0,5 cm. Esse resultado após o plantio em campo, também foi encontrado nos trabalhos de José et al. (2005) para *Schinus terebenthifoliuis*, Fonseca (2005) para *Acacia mangium* e *Mimosa artemisiana*, Malavasi e Malavasi (2006) para *Cordiatrichotoma* e *Jacaranda micranta* e Keller et al. (2009) para *Inga marginata*, *Jacaranda puberula* e *Zeyheria tuberculosa* e Melo et al. (2017), para mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia*.

Segundo Melo et al. (2017), mudas produzidas em recipientes de menor volume, em condições de restrição radicular, passam por um processo de rustificação natural no viveiro, devido a menor oferta de água e de nutrientes, o que pode propiciar o desenvolvimento de mecanismos de tolerância às condições de campo e contribuir no crescimento pós plantio.

As condições climáticas afetaram a sobrevivência e o crescimento das mudas após o plantio, permitindo avaliar o potencial das mudas resistiram à condições adversas. No entanto, em condições normais de cultivo para a área experimental utilizada, os resultados podem ser diferentes.

3.3. *Inga laurina*

3.3.1. Fase de viveiro

Nas Figuras 6A e 6B são apresentadas o crescimento em altura das mudas de ingá, produzidas nos tubetes de 110 e 280 cm³, respectivamente, ao longo do tempo (72 a 156 dias após repicagem). As linhas de regressão representam as três doses de fertilizante de liberação controlada e uma testemunha absoluta. Verifica-se crescimento linear das mudas após a repicagem. Ao realizar teste de identidade de modelos, constatou-se que, em ambos os volumes de tubete, houve diferença significativa na identidade de modelos do crescimento médio em altura das mudas nas diferentes doses de adubo de liberação controlada aplicadas, em que o uso do fertilizante acelerou o crescimento das mudas. Isso ocorre pois normalmente a adubação tende a acelerar de forma considerável o crescimento das mudas de espécies florestais.

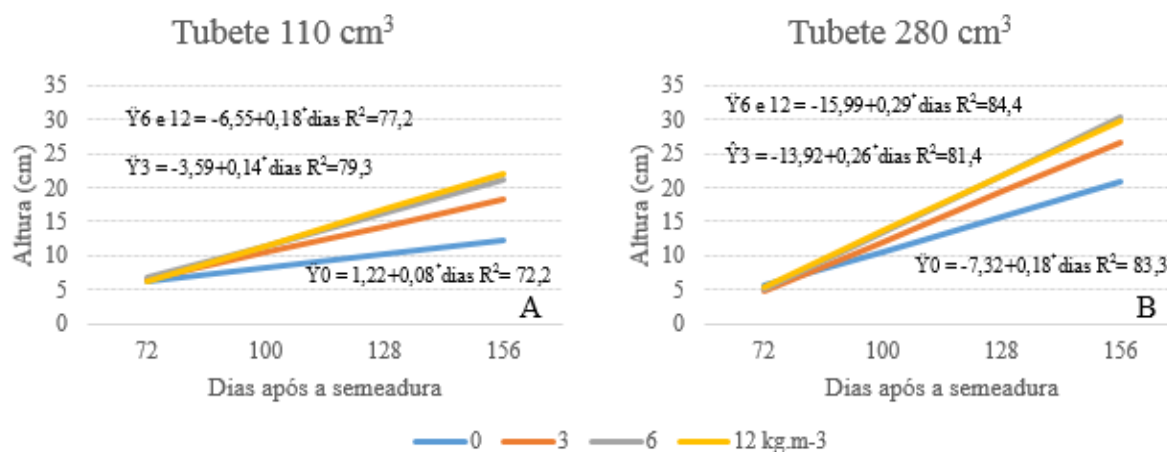


Figura 6: Altura das mudas de *Inga laurina* em função do número de dias após a repicagem, produzidas em tubete 110 cm³ (A) e 280 cm³ (B) sob diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, utilizando 100% de bioossólido como substrato. *significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para ambos os tubetes utilizados verifica-se pelas equações da Figura 6 que as mudas de ingá produzidas nos tratamentos com doses de 6 e 12 kg.m⁻³ apresentaram modelos idênticos estatisticamente, apresentando médias de altura superior do que as apresentadas pelas mudas de ingá das doses 0 e 3 kg.m⁻³. Os tratamentos com doses 0 e 3 kg.m⁻³ foram significativamente menores que os demais em altura (Figura 6A).

O fato das plantas do tratamento sem aplicação de adubo de liberação controlada apresentarem menores médias dentre os tratamentos, nos dois recipientes, demonstra a capacidade dessa espécie de responder a acréscimos de nutrientes no substrato. Mesmo ele já sendo relativamente rico em nutrientes, como evidenciado pela Tabela 1. Por estas informações apresentadas na Figura 6, indica-se para a produção de mudas de ingá, utilizando-se tubete de 110 ou 280 cm³, acrescentar 6 kg de fertilizante de liberação controlada por m³ de bioossólido, no momento do preparo do substrato para enchimento dos tubetes, se for levado em consideração, apenas a característica altura em função do tempo, usando bioossólido como substrato, para produção de mudas de ingá.

Contudo, vale destacar que não necessariamente o fato de dosagens maiores apresentarem maiores médias de altura, seja melhor do que adubações menores, já que os ganhos em incremento de altura, podem não suprir os custos ocasionados pelo maior uso desse insumo.

Observa-se ainda pela figura 6 que as mudas de ingá, em todos os tratamentos, aos 156 dias (última medição) ainda estavam com crescimento linear em altura, indicando que teoricamente, poderiam continuar no viveiro. Segundo Moraes et al. (2013) quando as mudas atingem 25 a 30 cm de altura, elas já estão prontas para o plantio, desde que devidamente rustificadas. Sendo assim, apenas as mudas de ingá produzidas em tubetes de 280 cm³ com substrato enriquecido com fertilizante de liberação controlada apresentaram tamanhos aptos para serem levadas para o campo. Por estas informações de Moraes et al. (2013), as mudas produzidas em tubete de 110 cm³, e a testemunha produzida em tubete de 280 cm³ necessitariam de um maior período de crescimento no viveiro para serem levadas para plantio no campo.

É importante destacar a taxa de crescimento em altura de ingá proporcionada pelo uso do biossólido como substrato enriquecido com 6 e 12 kg de fertilizante de liberação controlada usando tubete 280 cm³ (Figura 6B). Segundo Oliveira et al. (2016) normalmente mudas deste gênero são expedidas para o campo, com pelo menos 180 dias de produção no viveiro, e no caso deste trabalho, aos 156 dias após a repicagem as plantas com altura suficientes para serem enviadas para o campo.

Na Tabela 12 é apresentado resumo da análise de variância dos parâmetros morfológicos da última medição. Constata-se que para todas as características avaliadas, ocorreram diferenças significativas entre as médias das mudas produzidas, nos dois volumes de tubetes. Também ocorreram diferenças significativas entre doses de adubo em todas as variáveis. Para interação recipiente e doses de adubo não ocorreu diferença significativa.

Tabela 12: Resumo da análise de variância (quadrado médio) para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raízes (MSR) em função de diferentes recipientes e doses de fertilizante de liberação controlada, para produção de mudas de *Inga laurina*, aos 156 dias após a repicagem

Fonte de Variação	GL	Altura	Diâmetro	Área foliar	MSPA	MSR
Recipiente	1	634,3*	7,70*	1785547*	43,66*	9,29*
Erro A	8	3,4	0,22	2468	0,45	0,25
Dose	3	172,3*	7,63*	31500*	15,29*	5,67*
Recipiente*Dose	3	2,8 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1229 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,49 ^{ns}
Erro B	24	3,0	0,06	1657	0,22	0,16

GL = grau de liberdade. *significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste F.

Pias et al. (2015), com o objetivo de avaliar a qualidade de mudas de cedro rosa em função do uso de diferentes fertilizantes (Osmocote®, Kimcoat® e convencional, que constituiu-se de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) e recipientes com diferentes volumes (vasos plástico com 3.000 cm³, sacos plásticos com 1.000 cm³ e tubetes de 175 cm³), também verificaram que ocorreram diferenças significativas aos 90 dias após o transplantio, para as variáveis morfológicas estudadas, com maiores valores ocorrendo para os recipientes de maior volume.

Ao realizar o desdobramento, constata-se pela Figura 7 que as mudas de ingá produzidas nos tubetes de 110 e 280 cm³, aos 156 dias após a repicagem, apresentaram para altura, diâmetro, área foliar e massa seca de parte aérea, equação quadrática em função das doses de fertilizante de liberação controlada aplicadas no bio-sólido como substrato, indicando uma dose máxima para o crescimento das mudas de ingá.

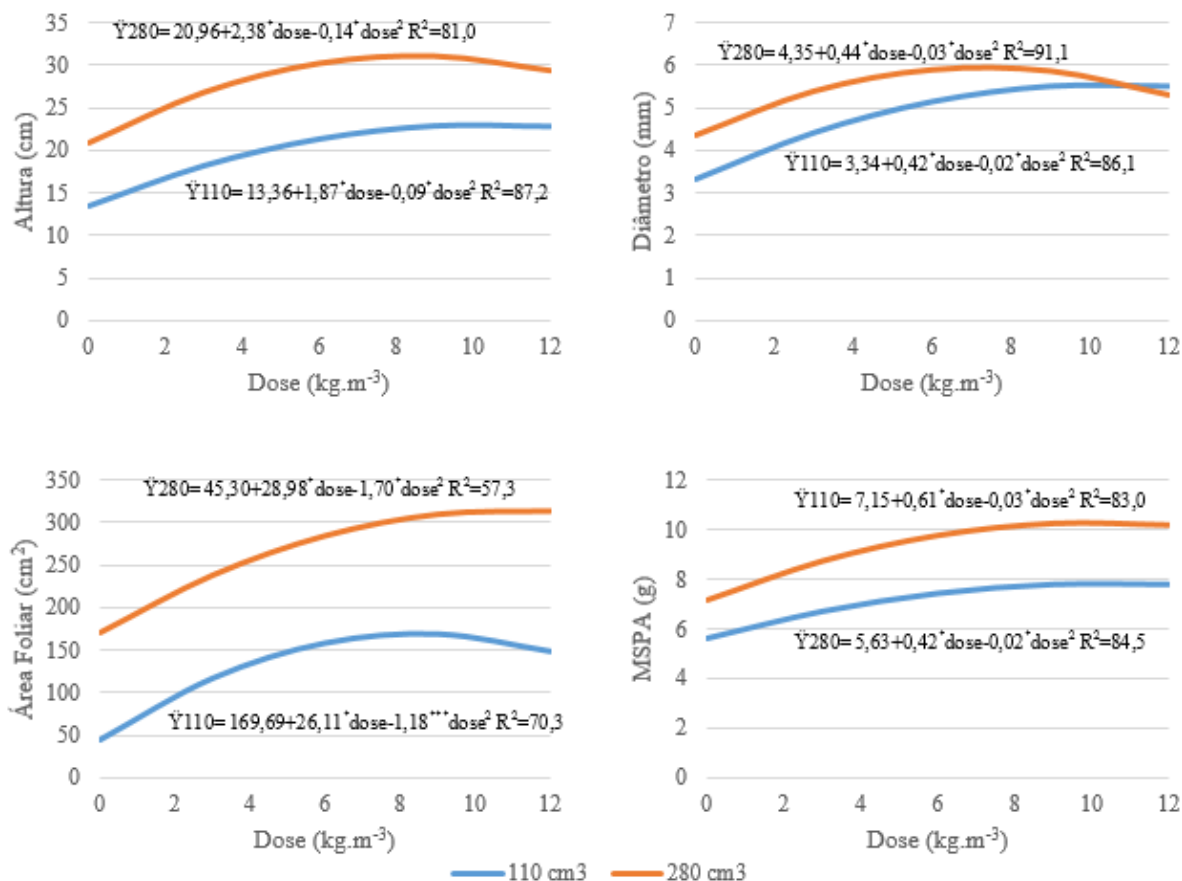


Figura 7: Crescimento de mudas de ingá em função de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, produzidas em dois volumes de tubetes, utilizando bio-sólido como substrato. * significativo ao nível de 1% de probabilidade; ** significativo ao nível de 5% de probabilidade; *** significativo ao nível de 10% de probabilidade.

Esse comportamento quadrático de crescimento de mudas florestais a doses crescentes de adubo de liberação controlada também foi observado em outros trabalhos. Brondani et al. (2008), Pias et al. (2013), Rossa et al. (2013) e Somavilla et al. (2014), os quais avaliaram resposta do crescimento de diversas espécies florestais em função do aumento gradual de fertilizantes e notaram que em determinado momento alguns parâmetros não respondiam mais à adubação. Segundo Rossa et al. (2013) esse tipo de comportamento demonstra que as plantas apresentam um máximo crescimento biológico e que não crescem na mesma proporção em que se aplicam os fertilizantes, identificando esse momento como a Dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET), que foi obtida através da derivada da equação ajusta para aquela característica de crescimento.

Ao calcular a Dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET) do crescimento em altura, diâmetro de coleto, área foliar e MSPA, das mudas de ingá produzidas em tubetes de 110 cm³,

foram obtidos valores de 10,4; 10,5; 8,5; 10,5 quilos de fertilizante de liberação controlada por m³ de bio-sólido respectivamente. O valor médio de fertilizante de liberação controlada que proporcionou o maior crescimento foi de 10,0 quilos por m³ de substrato.

Para mudas de ingá produzidas em tubetes de 280 cm³ foram obtidos DMET de 8,5; 7,3; 11,0; 10,1 quilos de fertilizante de liberação controlada por m³ de bio-sólido para as características de crescimento altura, diâmetro de coleto, área foliar e MSPA respectivamente. O valor médio de fertilizante de liberação controlada que proporcionou o maior crescimento foi de 9,2 quilos por m³ de substrato.

Sendo assim, se for levado em consideração apenas essas características de crescimento no viveiro, sem levar em consideração a sobrevivência e o crescimento inicial no campo; as doses de 10,0 e 9,2 quilos por m³ de bio-sólido seriam as mais indicadas para produzir mudas de ingá, quando utilizado tubetes de 110 e 280 cm³ respectivamente.

Os valores de DMET obtidos nos dois recipientes demonstram que o tubete 280 cm³ tem uma menor exigência em adubação de base, reduzindo custos com esse insumo, além de consumir uma maior quantidade do bio-sólido que é um resíduo disponível e barato. Carneiro (1995) destaca que tubetes com maior capacidade volumétrica de substrato, normalmente oferecem maior disponibilidade de matéria orgânica, nutrientes e água. Também os tubetes de maior volume irão promover um maior crescimento e melhor arquitetura de raízes, o que irá permitir que as mudas tenham uma maior eficiência em absorver os nutrientes presentes no substratos.

Brito (2014), avaliando o efeito do tipo de adubação nitrogenada sobre o crescimento de mudas de *Inga laurina*, produzidas em sacos plásticos (18 cm x 25 cm), com substrato na proporção 60-20-20% de terra (Latosolo vermelho), areia lavada e esterco respectivamente, aos 90 dias de produção, obteve que mudas de ingá quando adubadas com sulfato de amônio, tendem a apresentar maior altura do que mudas que recebem outros tipos de adubações nitrogenadas (NPK 04-30-16 e ureia). O mesmo efeito ocorreu com o diâmetro de coleto.

As menores médias nesse estudo realizado por Brito (2014), foram apresentadas pelas mudas do tratamento que não receberam adubação. Além disso, os resultados aos 90 dias, mostraram que o tratamento com NPK e sem adubação foram estatisticamente semelhantes em todos os parâmetros avaliados das mudas de ingá. Isso reforça a ideia que para a espécie ingá, o uso de adubo de liberação controlada pode ser mais indicado, já que essa espécie só irá responder a adubação depois de 3 meses.

Brondani et al. (2008), testando doses crescentes de fertilizante de liberação controlada no crescimento inicial de mudas de *Anadenanthera colubrina*, produzidas em tubete de 110 cm³, em substrato a base de casca de pinus e vermiculita, destacaram diferenças significativas, ao 95 dias após a germinação, quando aplicado doses crescentes de fertilizante de liberação controlada, levando a ganhos significativos de crescimento em altura e diâmetro para a espécie. Estes resultados indicam que o uso de N-P-K de liberação controlada pode ser uma ferramenta importante para produzir mudas em menos tempo.

Para todas as doses e características de crescimento; com exceção do peso de matéria seca de raízes quando aplicado uma dose de 3 kg.m⁻³ de bio-sólido; as mudas produzidas em tubetes de 280 cm³ foram significativamente superiores às mudas produzidas nos tubetes de 110 cm³ (Tabela 13).

Tabela 13: Média das variáveis de crescimento mensuradas de mudas de *Schizolobium parahyba*, aos 93 dias após a repicagem, com doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (FLC), utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³

Dose de FLC	Altura (cm)		DC (mm)		AF (cm ²)		MSPA (g)		MSR (g)	
kg.m ⁻³	110	280	110	280	110	280	110	280	110	280
0	13,2	20,9*	3,3	4,3*	48	168*	5,6	7,2*	5,2	5,8*
3	18,5	27,0*	4,4	5,5*	110	242*	6,8	8,6*	6,2	6,8 ^{ns}
6	21,0	30,1*	5,2	6,1*	163	280*	7,5	9,9*	6,3	7,4*
12	22,8	29,5*	5,5	6,1**	148	313*	8,0	10,5*	6,5	8,1*

DC – Diâmetro do coleto; AF – Área foliar; MSPA – Matéria seca da parte aérea; MSR – Matéria seca de raiz. * significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t. **significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t.

Stupp et al. (2015), avaliando a produção de mudas de *Mimosa scabrella*, aos 96 dias após a germinação, sob diferentes volumes de tubetes (110 cm³ e 180 cm³) e doses crescentes de fertilizante de liberação controlada (0, 3, 6 e 9 kg.m⁻³), utilizando substrato comercial Tecnomax, em que o uso de tubetes com diferentes capacidades volumétricas promoveram crescimentos diferenciados, sob diferentes doses de fertilizante de liberação controlada.

Observa-se que, aos 156 dias após repicagem, as mudas produzidas nos tubetes de 280 cm³ apresentaram médias significativamente superior as mudas produzidas no tubete de 110 cm³. Isso demonstra que o volume do tubete tem efeito significativo sobre as características morfológicas, limitando o crescimento da muda. Esse comportamento, segundo Abreu et al. (2015) está relacionado como o maior volume de substrato oferecido pelo recipiente, que acaba por fornecer mais espaço para o crescimento radicular, disponibilidade de água, nutrientes e matéria orgânica.

Avaliando os resultados do teor médio de macronutrientes da parte aérea das mudas de ingá entre os recipientes e as diferentes doses de fertilizante de liberação controlada (Tabela 14), observa-se em geral, que a concentração dos macronutrientes avaliados seguiu à ordem N > Ca > K > P > Mg. Esse padrão foi seguido para as mudas nos dois recipientes, mesmo quando acrescentado doses de adubo de liberação controlada no substrato.

O maior teor de nitrogênio nas folhas pode ser explicada pelo biossólido apresentar grande quantidade de matéria orgânica, o que implica em altos teores de nitrogênio, e este elemento fazer parte de proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros importantes constituintes celulares (SOUZA; FERNANDES, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Tabela 14: Teor médio de macronutrientes da parte aérea, em g.kg^{-1} , em mudas de *Inga laurina*, submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada em dois volumes de tubete, aos 156 dias após a repicagem

Recipiente	Dose (kg.m^{-3})	N	P	K	Ca	Mg
110 cm^3	0	23,00	3,39	7,85	21,27	0,94
	3	22,44	3,10	7,37	24,24	0,94
	6	19,47	2,41	6,98	17,12	0,97
	12	18,52	1,63	5,66	15,62	1,13
280 cm^3	0	24,85	2,12	6,17	20,68	0,66
	3	24,42	2,09	6,53	18,11	0,76
	6	18,24	1,56	6,02	13,62	0,87
	12	19,14	1,48	5,42	11,98	1,03

Em geral ocorreu menor teor dos macronutrientes, conforme as doses de fertilizante de liberação controlada no substrato eram aumentadas, porém com pouca variação. Isso pode estar associado ao efeito da diluição, em que aumento na produtividade faz com que ocorra diminuição da concentração de alguns elementos na planta (ROSSA et al., 2015). As mudas de maior crescimento demonstraram maior eficiência na utilização desses nutrientes em produção de biomassa. Esse padrão se repetiu em ambos os recipientes, com exceção do magnésio, que ocorreu o efeito contrário. Segundo Marschner (1995) potássio, cálcio e magnésio, competem diretamente uns com os outros, fazendo com que a absorção de um esteja sendo beneficiada pela redução na absorção de outro.

Ao analisar respostas de conteúdo de macronutrientes das mudas em cada tipo de tubete (Tabela 15), constata-se comportamentos um pouco similares entre os recipientes. Para as mudas dos tubetes de 110 cm^3 não houve respostas para N, enquanto que P e Mg apresentaram respostas lineares e K e Ca equações quadráticas com um DMET de 2,7 e 3,0 kg.m^{-3} de biossólido, respectivamente. Já nos tubetes de 280 cm^3 , não houve respostas para N e P, enquanto que Ca e Mg apresentaram respostas lineares e K equação quadrática com um DMET de 2,5 kg.m^{-3} de biossólido. Essa maior disponibilização de nutrientes na adubação, acabou não favorecendo tanto a utilização de alguns dos macronutrientes pelas mudas de ingá, sendo comprovado pela resposta quadrática das equações de alguns dos nutrientes e isso segundo Sorreano et al. (2012) pode causar efeitos fitotóxicos a planta.

Tabela 15: Equações do conteúdo total médio dos macronutrientes presentes na biomassa de matéria seca da parte aérea, em g.kg⁻¹, em função de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, de mudas de *Inga laurina* produzidas em dois volumes de tubete, aos 156 dias após a repicagem

Elemento	Tubete de 110 cm ³	Tubete de 280 cm ³
N	$\hat{Y}=\bar{Y}$	$\hat{Y}=\bar{Y}$
P	$\hat{Y}=0,023 - 0,002^* \cdot \text{dose}$ $R^2=13,5$	$\hat{Y}=\bar{Y}$
K	$\hat{Y}=0,031+0,016^{**} \cdot \text{dose}-0,003^{**} \cdot \text{dose}^2$ $R^2=20,7$ DMET = 2,7	$\hat{Y}=0,025+0,023^* \cdot \text{dose}-0,004^* \cdot \text{dose}^2$ $R^2=53,4$ DMET = 3,0
Ca	$\hat{Y}=0,078+0,060^{**} \cdot \text{dose}-0,012^{**} \cdot \text{dose}^2$ $R^2=18,2$ DMET = 2,5	$\hat{Y}=0,165 +0,009^* \cdot \text{dose}$ $R^2=21,6$
Mg	$\hat{Y}=0,004 +0,001^* \cdot \text{dose}$ $R^2=57,6$	$\hat{Y}=0,003 +0,002^* \cdot \text{dose}$ $R^2=80,2$

*significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t; **significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A não significância do nitrogênio nos dois recipientes, demonstra que esse nutriente não é influenciado pelos acréscimos de fertilizante de liberação controlada e também pelo volume do recipiente. Como o nitrogênio é o elemento de rápido deslocamento no substrato e na planta, a tendência é de que não ocorra diferença entre os tratamentos, principalmente pela alta concentração deste elemento no bio sólido e rápida utilização desse nutriente pela planta.

3.3.2. Crescimento em condições controladas

No estudo avaliando, as diferentes características morfológicas observadas nas mudas de ingá, sob crescimento em condições controladas em vaso, aos 60 dias após o transplante, constatou-se que a interação volume do tubete e doses de fertilizante de liberação controlada, não foi significativa. Comparando-se as plantas originárias dos dois recipientes, constatou-se que as características de crescimento avaliadas, exceto o comprimento de raízes e incremento em altura, ocorreram diferenças significativas a favor das mudas originárias dos tubetes de 280 cm³ em todas as doses de fertilizante de liberação controlada misturado ao bio sólido (Tabela 16). Este resultado teoricamente indica que: se plantarmos as mudas em sítio de boa qualidade a tendência é que as plantas de *Inga laurina* originárias de tubetes de 280 cm³, aos 2 meses após o plantio, irão apresentar maior crescimento do que aquelas produzidas em tubetes de 110 cm³.

Tabela 16: Valores médios das características de crescimento de ingá, aos 60 dias após transplântio nos recipientes PET em quatro doses de fertilizante de liberação controlada, utilizando tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³

Característica de crescimento	Testemunha	Dose 3 kg.m ⁻³	Dose 6 kg.m ⁻³	Dose 12 kg.m ⁻³
Incremento em altura (cm)	12,1 e 16,6 ^{ns}	9,2 e 20,5*	16,0 e 19,2 ^{ns}	14,5 e 18,9 ^{ns}
Diâmetro (mm)	5,73 e 8,34*	7,05 e 9,88*	7,76 e 10,76*	8,58 e 11,15*
Área foliar (cm ²)	216 e 561*	340 e 824*	460 e 828*	504 e 1039*
Massa seca parte aérea (g)	9,03 e 15,52*	11,77 e 21,36*	14,71 e 22,41*	14,79 e 25,63*
Massa seca de raízes (g)	6,69 e 11,85*	7,92 e 16,21*	9,41 e 16,32*	10,60 e 18,29*
Volume de raízes (mm ³)	9 e 29,6*	15,8 e 36,2*	23,4 e 28,6 ^{ns}	23,8 e 36,2*
Comprimento de raízes (cm)	18,8 e 26,0 ^{ns}	41,8 e 51,9 ^{ns}	57,3 e 49,5 ^{ns}	48,4 e 56,0*

Primeiro número refere-se ao valor de crescimento quando utilizou-se tubete de 110 cm³ e segundo ao tubete de 280 cm³. *significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativo ao nível de 90% de probabilidade pelo teste t.

Avaliando-se as características do sistema radicular, constata-se que as mudas originárias dos tubetes de 280 cm³ apresentaram, de modo geral, maior massa e volume de raízes. Carneiro (1995) menciona que mudas com maior capacidade de emitir e fazer crescer as raízes novas, tendem a apresentar maior sobrevivência após o plantio no campo.

Barroso et al. (2000) observaram que o potencial de regeneração de raízes (PRR) não apresentou correlações lineares com a sobrevivência das mudas no campo para *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* na região Norte Fluminense, mas correlacionou-se positivamente com o crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo, nos primeiros meses após o plantio. Novaes et al. (2002) observaram que houve correlação positiva entre PRR e sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* originárias de diferentes recipientes, plantadas na região de Três Barras – SC.

Entre as diferentes doses, apenas para incremento em altura e volume de raízes não ocorreram diferença significativa entre as doses. Assim, para as demais características de crescimento foram geradas equações de crescimento (Tabela 17) para as mudas de ingá em cada recipiente em função das doses de fertilizante de liberação controlada aplicadas na época de enchimento dos recipientes

Tabela 17: Equações das características de crescimento de *Inga laurina*, aos 60 dias após transplântio nos recipientes PET em quatro doses de fertilizante de liberação controlada, oriundas de tubetes de capacidade volumétrica de 110 e 280 cm³

Recipiente	Característica de crescimento	Modelo	R ²
110 cm ³	Incremento em altura (cm)	$\hat{Y}=\bar{Y}$	-
	Diâmetro (mm)	$Y=6,09 + 0,23^* \text{dose}$	56,0
	Área foliar (cm ²)	$Y=211,28 + 55,07^* \text{dose} - 2,55^{**} \text{dose}^2$	57,1
	Massa seca parte aérea (g)	$Y=8,86 + 1,33^* \text{dose} - 0,07^{**} \text{dose}^2$	62,8
	Massa seca de raízes (g)	$Y=6,96 + 0,33 \text{dose}^*$	66,3
	Volume de raízes (mm ³)	$Y=8,53 + 3,36^* \text{dose} - 0,17^{**} \text{dose}^2$	53,0
	Comprimento de raízes (cm)	$Y=18,30 + 10,16^* \text{dose} - 0,64^{**} \text{dose}^2$	51,2
280 cm ³	Incremento em altura (cm)	$\hat{Y}=\bar{Y}$	-
	Diâmetro (mm)	$Y=8,36 + 0,58^* \text{dose} - 0,03^* \text{dose}^2$	80,7
	Área foliar (cm ²)	$Y=624,15 + 36,00^* \text{dose}$	52,2
	Massa seca parte aérea (g)	$Y=15,94 + 1,64^* \text{dose} - 0,07^{**} \text{dose}^2$	72,8
	Massa seca de raízes (g)	$Y=12,25 + 1,13^* \text{dose} - 0,05^{**} \text{dose}^2$	62,4
	Volume de raízes (mm ³)	$\hat{Y}=\bar{Y}$	-
	Comprimento de raízes (cm)	$Y=24,47 + 17,60^* \text{dose} - 2,71^{**} \text{dose}^2$	46,9

*significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t; ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Ao analisar as equações geradas, para as mudas de ingá produzidas em tubete de 110 cm³, destaca-se um padrão linear para diâmetro e massa seca de raízes, enquanto que para as demais características, foram obtidas equações quadráticas.

Para as mudas de ingá produzidas no tubete de 280 cm³, apenas a área foliar apresentou um padrão de equação linear e para as demais características estudadas, foram obtidas equações quadráticas.

A obtenção de equações quadráticas, indicam que em determinado momento o acréscimo de fertilizante de liberação controlada não irá gerar um benefício ao crescimento das mudas de ingá, sendo assim, a maior disponibilização de nutrientes não irá favorecer a absorção de macronutrientes pelas plantas, podendo até causar efeitos fitotóxicos (TAIZ; ZEIGER, 2009; SORREANO et al., 2012), além de elevar os custos de produção das mudas.

3.3.3. Fase de campo

Aos cinco meses após o plantio, as plantas de *Inga laurina* apresentaram taxa de sobrevivência variando de 90 a 100% (Tabela 18). Isto ocorreu devido a boa precipitação nos quatro meses após plantio (dezembro a março). Na avaliação realizada aos doze meses após o plantio, as plantas de ingá apresentaram taxa de sobrevivência em campo variando entre 75% a 100% para os diferentes tratamentos. Esta queda da taxa de sobrevivência está relacionada a redução da precipitação, entre os meses de junho a outubro, na região, além da baixa capacidade de retenção de água do solo em que as mudas foram plantadas, sendo um solo bastante arenoso, além do grande déficit hídrico no solo do local (Figura 1) neste período.

Para o estado do Rio de Janeiro, segundo Art. 8º, item 4.2, da Resolução INEA nº 89, de 03/06/14 (INEA, 2014), é aceitável um índice de mortalidade por espécie de até 20%. Nesse contexto, apenas as mudas produzidas sem fertilização, no tubete de 110 cm³, não se enquadraram nas recomendações indicadas. De maneira geral, as mudas de ingá originárias de

tubete com 280 cm³ apresentaram taxa de sobrevivência ligeiramente maior do que as mudas do tubete com 110 cm³, demonstrando que recipientes de maior volume apresentam maior eficiência e capacidade de resistir as condições adversas do campo, conforme também observado por Carvalho (2015).

Tabela 18: Sobrevivência e crescimento de *Inga laurina*, oriundas de dois volumes de tubete e submetidas a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada, aos cinco e doze meses após o plantio, em área de reflorestamento, município de São Francisco do Itabapoana - RJ

Volume do Tubete	-Plantio- Dose	----- 5 meses -----	----- 12 meses -----				
		Alt. (cm)	Sobrev. (%)	Alt. (cm)	Sobrev. (%)	Alt. (cm)	DNS (mm)
110 cm ³	0	20,2	90	28,9	75	44,3	12,1
	3	26,0	90	36,0	85	48,3	13,2
	6	28,5	100	38,4	95	52,9	14,5
	12	32,9	100	41,6	100	50,7	12,8
	Média	26,9	95	36,2	88,8	49,1	13,2
280 cm ³	0	28,9	90	38,6	85	50,5	14,3
	3	36,4	100	44,5	95	55,2	17,4
	6	37,9	100	46,0	100	56,0	16,1
	12	40,8	95	48,0	90	57,8	17,5
	Média	36,0	96,3	44,3	92,5	54,9	16,3

Pela tabela 18, observa-se que as plantas de ingá produzidas em tubete de 280 cm³ apresentaram valores significativamente superior do que as de tubetes de 110 cm³ para altura e diâmetro, aos 5 e 12 meses, porém destaca-se a redução na diferença em altura ao longo desse período, com um ganho maior em incremento das plantas de ingá produzidas em tubete de 110 cm³.

Segundo Carneiro (1995) é comum um ano após o plantio, plantas originárias de diferentes recipientes se igualarem em crescimento, principalmente quando o plantio é realizado no início da época chuvosa, que ocorre normalmente nas áreas de reflorestamento visando restauração florestal. Essa tendência já foi observada por José et al. (2005) para *Schinus terebinthifolius*, Malavasi e Malavasi (2006) para *Cordia trichotoma* e *Jacaranda micranta* e Keller et al. (2009) para *Inga marginata*, *Jacaranda puberula* e *Zeyheria tuberculosa* e na comparação das mudas originárias de tubetes de 280 e 180 cm³ por Abreu et al. (2015) para *Enterolobium contortisiliquum*.

4. CONCLUSÕES

Para as condições que foi realizado o trabalho, indica-se produzir mudas de *Schinus terebinthifolius* em tubetes de 280 cm³ e dose de 3 kg de fertilizante de liberação controlada por m³ de bio sólido aplicados na época de enchimento dos tubetes.

Em geral, as mudas de *Schizolubium parahyba* produzidas em tubetes de 280 cm³ apresentaram maior crescimento, na dose de 3 a 9 kg de Fertilizante de liberação controlada por m³ incorporado ao substrato constituído de bio sólido. No plantio, as mudas de todos os tratamentos apresentaram taxa de sobrevivência inferior a 80% aos 12 meses, indicando que a espécie não adaptou ao ambiente. O tratamento que proporcionou melhor sobrevivência foi o tubete de 280 cm³ com fertilização com FLC de 3 kg.m⁻³ de bio sólido, indicando esse tratamento para produção de mudas de guapuruvu.

Tubete de 280 cm³ e doses entre 6 a 12 kg de fertilizante de liberação controlada por m³ de biossólido, produziram mudas de *Inga laurina* aptas ao plantio em menor espaço de tempo, com maiores alturas. Levando em consideração os resultados de campo de sobrevivência e crescimento inicial, recomenda-se produzir mudas desta espécie em tubete de 280 cm³, utilizando-se 3 kg de fertilizante de liberação controlada por m³ de biossólido.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.H.M.; MARZOLA, L.B.; MELO, L.A.; LELES, P.S.S.; ABEL, E.L.S.; ALONSO, J.M. Urban solid waste in the production of *Lafoensia pacari* seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.21, n.1, p.83-87, 2017.

ABREU, A.H.M.; LELES, P.S.S.; MELO, L.A.; FERREIRA, D.H.A.A.; MONTEIRO, F.A.S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.

ABREU, A.H.M. **Biossólido na produção de mudas florestais**. 2014. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. 1999. 87f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1999.

ANTONIAZZI, A. P.; BINOTTO, B.; NEUMANN, G. M.; SAUSEN, T. L.; BUDKE, J. C. Eficiência de recipientes no desenvolvimento de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 313 - 317, 2013.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 321-330, 2009.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto: influências nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **Semina - Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565 – 580, 2006.

BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 238-250, 2000.

BELLOTTO, A.; VIANI, R.A.G.; NAVE, A.G.; GANDOLFI, F.; RODRIGUES, R.R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, R.R.; BRACALION, P.H.S; ISERNHAGEN, I. **Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: ESALQ, LERF, Instituto BioAtlântica, 2009. p. 128 -148.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. DE. Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura. Jaguariuna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006. p. 349.

BIELSCHOWSKY, M. C. **Modelo de Gerenciamento de Lodo de Estação de Tratamento de Esgotos: Aplicação do Caso da Bacia da Baía de Guanabara**. 2014, 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorium dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 223-232, 2010.

BRITO, F. E. R. **Efeito da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e estabelecimento de mudas de ingá (*Inga laurina* (Sw.) Willd.) e fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) (Irwin et Barn.)) em viveiro**. 2014. 43f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, DF.

BRONDANI, G.E.; SILVA, A.J.C.; REGO, S.S.; GRISI, F.A.; NOGUEIRA, A.C.; WNDLING, I.; ARAUJO, M.A.. Fertilização de liberação lenta controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.

CALDEIRA, M. V. W.; BLUM, H.; BALBINOT, R.; LOMBARDI, K. C. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 27-33, 2008.

CARNEIRO, J.G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, Piracicaba, v. 3, n.2, p. 1-4, 1981.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003, v.1. 1039 p.

CARVALHO, R. G. S. **Mudas de cinco espécies florestais produzidas em três recipientes diferentes – estudo de tempo e movimento no plantio**. 2015. 31p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, p. 1458-1460, 2008.

COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M (Eds.). **Uso agrícola de lodo de esgoto – Avaliação após a Resolução nº 375 do CONAMA**. 2010, Botucatu: FEPAF, 2010, 408 p.

DAVIDE, A.C.; MELO, L.A.; TEIXEIRA, L.A.F.; PRADO, N.J.S.; FIORINE, R.A.; CARVALHO, R.P. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. **Fundamentos e métodos de restauração em ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: UFLA, p. 181-274, 2015.

FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 2006, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 432p.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarela (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

FUENTES, D.; VALDECANTOS, A.; LLOVET, J.; CORTINA, J.; VALLEJO, V.R.. Fine-tuning of sewage sludge application to promote the establishment of *Pinus halepensis* seedlings. **Ecological Engineering**, v.36, p.1213-1221, 2010.

GASPARIN, E.; AVILLA, A. L.; ARAÚJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjarana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GONÇALVES, J. L. M.; MENDES, K. C. F. S.; SASAKI, C. M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 601-616, 2001.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; KLIPPEL, V.H.; CALDEIRA, M.V.W.. Crescimento de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth sob diferentes doses de cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, p. 251-260, 2014.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Belmont: Duxbury, 2000. 704p.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bio-sólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

HAHN, C. M.; OLIVEIRA, C.; AMARAL, E. M.; RODRIGUES, M. S.; SOARES, P. V. **Recuperação florestal: da semente à muda**. São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2006. 144p.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Resolução INEA nº 89, de 03/06/2014. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, cinco de junho de 2014. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdu5/~edisp/inea0059810.pdf>. Acesso em: 14 nov 2016.

JOSÉ, A.C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 2, p. 187-196, 2005.

JOSÉ, A.C.; DAVIDE, A.C.; OLIVEIRA, S.L.. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de fertilizante na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Revista Agrarian**, Goiânia, v.2, n.3, p.73-86, 2009.

KELLER, L.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; COUTINHO, R. P.; NASCIMENTO, D. F. Sistemas de blocos prensados para a produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 609 - 617, 2009.

LIMA FILHO, P. **Biossólido na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio**. 2015. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

LISBOA, A. C.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. O.; CASTRO, D. N.; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista árvore**, Viçosa, v.36, n.4, p.603-609, 2012.

MAAS, K. D. B. **Biossólido como substrato na produção de mudas de timburi**. 2010. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006.

MARQUES, T.C.L.L.S.; CARVALHO, J.G.; LACERDA, M.P.C.; MOTA, P.E.F. Exigências nutricionais do Paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p.167-183, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELO, L.A.; ABREU, A.H.M.; LELES, P.S.S.; OLIVEIRA, R.R.; SILVA, D.T.. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria. No prelo.

MENDONÇA, V.; ARRUDA, N. A. A.; SOUZA, H. A.; TEIXEIRA, G. A.; HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D. Diferentes ambientes e Osmocote Plus® na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 391-397, 2008.

MENDONÇA, A.V.R.; NOGUEIRA, F.D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J.S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuval* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.65-75, 1999.

MTSHALI, J. S.; TIRUNEH, A. T.; FADIRAN, A. O. Characterization of sewage sludge generated from wastewater treatment plants in Swaziland in relation to agricultural uses. **Resour Environ**, v. 4, p. 190–199, 2014.

MORAES, L.F.D., ASSUMPÇÃO, J.M., PEREIRA, T.S., LUCHIARI, C., 2013. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p 84.

NOVAES, A. B. de; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. dos S. **Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo**. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p.675-681, 2002.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTURUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 2ª Edição. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007.

OLIVEIRA, M. C. de; OGATA, R. S., ANDRADE, G. A. de; SANTOS, D. S., SOUZA R. M., GUIMARÃES, T. G., SILVA JÚNIOR, M. C., PEREIRA, D. J. S., RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Brasília, DF. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. p. 83.

PAIVA, A. V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; FERRAZ, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n.84, p. 499-511, 2009.

PERS - **Plano estadual de resíduos sólidos do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SEA / INEA, 2014, 137 p.

PIAS, C. H. O.; CANTARELL, E. B.; BERGHETTI, J.; LESCHEWITZ, R.; KLUGE, E. R.; SOMAVILLA, L. Doses de fertilizante de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grápia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 19-26, 2013.

PIAS, C. H. O.; BERGHETTI, J.; SOMAVILLA, L.; CANTARELL, E. B. Qualidade de mudas de cedro em função da utilização de fertilizantes e recipientes de diferentes tamanhos. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v.9, n. 2, p. 208-213, 2015.

REY BENAYAS, J. M. R., A. C. NEWTON, A. DIAZ, J. M. BULLOCK. Enhancement of biodiversity and ecosystems services by ecological restoration: a meta-analysis. **Science**, v. 325, n. 5944, p. 1121-1124, 2009.

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; WESTPHALEN. D. J.; BASSACO, M. V. M.; MILANI, J. E. F.; BIANCHIN, J. E. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 93 - 104, 2013a.

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; BOGNOLA, I. A.; POMIANOSKI, D. J. W.; SOARES, P. R. C.; BARROS, L. T. S. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.33, n.75, p.227-234. 2013b.

ROSSA, U.B.; ANGELO, A.C.; BOGNOLA, I.A.; WESTPHALEN. D.J.; MILANI, J.E.F.. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 85 - 96, 2015.

SAEG. Sistema para análises estatísticas: Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa, 2007.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) Don. **Ciência Florestal**, Curitiba, v.10, n.2, p.1-15, 2000.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R. **BHBRASIL:** balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Piracicaba: ESALQ, 1998. Disponível em:<<http://www.lce.esalq.usp.br/nurma.html>>. Acesso em: 25/01/2017.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; ANDRADE E PAULA, T.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F. A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 2., 1999, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: IPEF, ESALQ,1999. p. 120-125.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p.377-381, 2001.

SOMAVILLA, A.; CANTARELLI, E. B., MARIANO, L. G., ORTIGARA, C., DA LUZ, F. B. Avaliações morfológicas de mudas de Cedro australiano submetidas a diferentes doses do fertilizante osmocote plus®/Morphologic evaluations of Australian Cedar submitted to different doses of osmocote plus® fertilizer. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 493, 2014.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. 2012, São Paulo: Oficina de Textos, 2012, 256p.

SOUZA, S. R; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 432 p. 2006.

STÜPP, A.M.; NAVROSKI, M.C.; FELIPPE, D.; KNISS, D.D.C.; AMANCIO, J.C.; SILVA, M.A; PEREIRA, M.O. Crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth em função de diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v.3, n.2, p.40-47, 2015.

SUHADOLC, M.; SCHROLL, R.; HAGN, A.; DÖRFLER, U.; SCHLOTTER, M.; LOBNIK, F. Single application of sewage sludge - impact on the quality of an alluvial agricultural soil. **Chemosphere**, v. 81, p. 1536–1543, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª Edição. 2009, Porto Alegre: Artmed, 2009, 848p.

TEIXEIRA, S. A.; MAIOCHI, R. A.; GIRARDI, C. G.; SCHORN, L. A. Efeito de diferentes tamanhos de sacos plásticos, na produção de mudas de *Triplaris americana* L. e *Jacaranda micrantha* Cham. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 765-767, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. C. **The water balance**. Centeron: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, L. S. B.; SILVA, E. O. Crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. em diferentes tamanhos de recipientes. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 663-671, 2008.

CAPÍTULO II

USO DE BIOSSÓLIDO DE LODO DE ESGOTO COMO ADUBO DE PLANTIO DE MUDAS DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do biossólido como adubação de plantio de *Zeyheria tuberculosa* e de *Guazuma ulmifolia* em condições de campo, comparando ao uso de fertilização mineral. O estudo foi conduzido em área de reflorestamento localizada na Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. O experimento foi implantado, em área de pastagem, solo classificado como planossolo Háptico, textura areno argilosa. Os tratamentos consistiram em doses crescentes de biossólido (2, 4 e 8 L.cova⁻¹), fertilização mineral (250 gramas de NPK formulado) e a testemunha absoluta, aplicados no momento do plantio. O fertilizante mineral foi composto por 123,4 gramas de superfosfato simples; 92,6 g de fosfato natural; 21,3 g de sulfato de amônia; 11,2 g de FTE BR12 (micronutrientes) e 1,5 g de cloreto de potássio e, corresponde teoricamente a 60% dos nutrientes da dose de 4 litros de biossólido por berço de plantio. Foram mensurados altura, diâmetro ao nível do solo, e avaliado a sobrevivência das mudas. Os resultados mostraram, que aos 6 meses após o plantio, as plantas *Zeyheria tuberculosa* e de *Guazuma ulmifolia* não responderam ao uso do biossólido e fertilização mineral como adubação de plantio. A dose de 8 litros de biossólido por cova prejudicou a taxa de sobrevivência de ipê felpudo.

Palavras-chave: Adubação orgânica, ipê-felpudo, mutambo, restauração florestal, nutrição florestal.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the use of biosolids as fertilization of *Zeyheria tuberculosa* and *Guazuma ulmifolia* in field conditions, comparing to the use of mineral fertilization. The study was conducted in an area of reforestation located at Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. The experiment consisted of increasing doses of biosolids (2, 4 and 8 L.cova⁻¹), mineral fertilization (250 g of formulated NPK) And the absolute control, applied at the time of planting. The mineral fertilizer consisted of 123,4 grams of simple superphosphate; 92,6 g of natural phosphate; 21,3 g of ammonium sulfate; 11,2 g of FTE BR12 (micronutrients) and 1,5 g of potassium chloride and theoretically corresponds to 60% of the nutrients of the dose of 4 liters of biosolid per planting cradle. Height, diameter at the soil level, and survival of the seedlings were evaluated. The results showed that, at 6 months after planting, *Zeyheria tuberculosa* and *Guazuma ulmifolia* plants did not respond to the use of biosolids and mineral fertilization as fertilizer. The dose of 8 liters of biosolid per hole impaired the survival rate of ipê shaggy.

Key words: Organic fertilization, ipê-felpudo, mutambo, forest restoration, forest nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O rápido aumento da população e expansão da urbanização gera uma preocupação na sociedade sobre a produção de resíduos domésticos e comerciais, principalmente devido à falta de infra-estrutura na captação e tratamento do esgoto urbano, que irá acarretar em problemas ambientais e sociais, como por exemplo a contaminação do solo e da água (REZENDE, 2005).

O manejo dos resíduos sólidos urbanos provenientes do esgoto domiciliar, é uma questão em avaliação. Seu tratamento e estabilização, gera o chamado biossólido de lodo de esgoto. A destinação final desse material tem sido um grande desafio, sendo necessário e urgente, aprimorar o seu gerenciamento.

Juntamente com isso, tem-se a Mata Atlântica como bioma do estado do Rio de Janeiro, que segundo Galindo-Leal e Câmara (2005), é composto por diversas fitofisionomias e ecossistemas associados. Myers et al. (2000) destacam que esse bioma é considerado um hotspot, com elevada presença de espécies endêmicas ameaçadas de extinção.

Nesse contexto, tem-se a restauração florestal como fator determinante para amenizar e tentar reverter esse cenário de destruição e fragmentação do Bioma Mata Atlântica, pois segundo Martins (2012), a restauração florestal terá a função de proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes nos sistemas naturais.

Com essa situação, une-se uma solução tanto para o problema que é a produção em massa de um resíduo urbano que gera custos para o poder público, quando é disposto em aterro sanitário ou incinerado; quanto para o problema de custos de implantação de novas florestas, principalmente nos gastos com adubação.

Tem-se então uma possível forma de destinação do biossólido de lodo de esgoto, que é o uso como fertilizante em plantios florestais (LIMA FILHO, 2015), pois este resíduo contém matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo, o que pode aumentar o conteúdo de húmus, que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo (CALDEIRA et al., 2012).

Contudo, essa aplicação do biossólido no solo, deve ser em dose adequada para que não ocorram problemas posteriores, visto que podem provocar alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além da possibilidade de contaminação e eutrofização do lençol freático e cursos hídricos por agentes patogênicos (SOCCOL et al., 2010) metais pesados e excesso de nutrientes, através dos processos de lixiviação e percolação (MACEDO et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do biossólido como adubação de plantio de *Zeyheria tuberculosa* e de *Guazuma ulmifolia* em condições de campo, comparando ao uso de fertilização mineral.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi conduzido em área de reflorestamento localizada na Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. O experimento foi implantado, em maio de 2015, em área de pastagem, solo classificado como planossolo Háplico, textura areno argilosa.

Para selecionar a dose de adubo mineral e as proporções de biossólido, por berço de plantio, foi feita análise química de solo da área de realização do experimento e do biossólido disponibilizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE), proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) Ilha do Governador.

Tabela 1: Análise química de Planossolo Háplico (0-40 cm), em área experimental de reflorestamento da Embrapa Agrobiologia, Município de Seropédica, RJ e do bio sólido da estação de tratamento de esgoto (ETE), Ilha do Governador, Rio de Janeiro - RJ

Característica	Solo (camada de 0-40 cm)	Bio sólido
pH em água	5,3	5,5
P	6,3 mg·L ⁻³	0,81 %
K	21,6 cmol _c ·dm ⁻³	0,19 %
Ca ²⁺	0,30 cmol _c ·dm ⁻³	1,59 %
Mg ²⁺	0,22 cmol _c ·dm ⁻³	0,19 %
Al ³⁺	0,4 cmol _c ·dm ⁻³	2,72 %
H+Al	3,5 cmol _c ·dm ⁻³	----
C	0,56 %	----
N	----	1,94 %

pH em água – Potenciometria; P – Colorimétrico; K – Fotometria de Chama ; Ca e Mg – Absorção Atômica; Al e H+Al – Titulação; % C – Walkey & Black; N - Kjeldahl

Os tratamentos consistiram em doses crescentes de bio sólido (2, 4 e 8 litros por cova) e 250 gramas fertilização mineral por cova, misturados com parte da terra retirada do berço no momento do plantio. Foi utilizada também testemunha absoluta (não recebeu bio sólido nem fertilização mineral). A fertilização mineral foi formada de uma mistura formada por 123,4 gramas de superfosfato simples; 92,6 g de fosfato natural; 21,3 g de sulfato de amônia; 11,2 g de FTE BR12 (micronutrientes) e 1,5 g de cloreto de potássio e, corresponde teoricamente a 60% dos nutrientes da dose de 4 litros de bio sólido por berço de plantio, já que uma dose de 100% haveria a possibilidade de ocasionar uma queima das mudas por superdosagem. A escolha da fertilização mineral ocorreu com o intuito de comparar essa forma de adubação com uma dosagem de bio sólido.

Foram utilizadas mudas de *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bur. (ipê-felpudo) e de *Guazuma ulmifolia* Lam. (mutambo), produzidas em tubetes 280 cm³, usando como substrato o bio sólido usado no experimento. A altura média das mudas na época do plantio era de 25 e 30 cm, respectivamente para ipê-felpudo e mutambo.

Devido a área experimental ser plana e visualmente bastante semelhante, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Cada tratamento foi formado por 10 covas de plantio, em que cada muda foi considerada uma repetição. Assim, de cada espécie foram utilizadas 50 mudas e área experimental compreende aproximadamente 400 m².

O preparo da área constituiu de roçada da vegetação espontânea, que é formada por gramíneas, principalmente *Andropogon bicornis* (rabo de burro) e *Paspalum mandiocanum* (grama Pernambuco). Foram realizadas marcação adotando espaçamento 2 x 2 m e coroamento do local dos berços de plantio e preparado o croqui da área experimental. Alguns dias após, foi realizado abertura manual das covas de 30 x 30 x 30 cm, em seguida aplicação do adubo ou dose bio sólido (exceto testemunha) e este misturado ao solo e realizado enchimento das covas. Para testemunha apenas o solo foi retornado para cova. Após uma chuva, foi realizado o plantio das mudas, que ocorreu em 15 de maio de 2016 e medição da altura da parte aérea e do diâmetro do coleto das plantas.

Os tratos culturais envolveram controle das formigas cortadeiras, com uso de iscas granuladas e o controle das plantas daninhas com coroamentos em torno da plantas e roçadas das entrelinhas.

Aos 6 meses após o plantio foram avaliados a sobrevivência e o crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo (DNS). Com base nos dados da medição realizada no dia do plantio, para cada planta foi calculado o incremento em altura e DNS.

De cada espécie separadamente, para atender as pré-disposições da análise de variância, os dados de incremento em altura e em DNS foram transformados em raiz quadrada. A análise de variância foi realizada com desdobramentos dos tratamentos. Para responder se as plantas respondem significativamente ($P > 0,9$) foi feita análise de variância dos tratamentos testemunha e doses de biofósforo. Havendo respostas significativas a análise de regressão. Os dados de testemunha, dose de 4 litros de biofósforo e fertilização mineral a teste de Tukey ($P > 0,9$). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o *software* Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se pela Tabela 2 que as plantas de ipê felpudo quando receberam 8 litros de biofósforo apresentaram taxa de sobrevivência muito baixa. Isto provavelmente ocorreu, pois segundo Carvalho (2003) esta espécie é invasora de pastagens e colonizadora de áreas degradadas. Assim, a dose de biofósforo de 8 litros, por apresentar bastante matéria orgânica prejudicou a sobrevivência das plantas. Segundo Gonçalves e Benedetti (2000) doses elevadas de alguns adubos orgânicos, podem elevar a disponibilidade de alguns elementos, provocando efeitos tóxicos às plantas e conseqüentemente reduzindo a sobrevivência das mudas no campo. Arthur et al. (2007) relatam que o aumento excessivo do biofósforo, irá elevar a quantidade de sais no substrato, o que ocasiona a necrose de tecidos, principalmente os radiculares. Isso pode ter afetado no crescimento inicial das plantas e conseqüentemente na sua sobrevivência. Estas informações são bastante variáveis entre espécies florestais nativas da mata atlântica, pois para mutambo mesmo as maiores doses não prejudicaram a sobrevivência das plantas.

De acordo com o Art. 8º, item 4.2, da Resolução INEA nº 89, de 03/06/14 (INEA, 2014), em reflorestamentos é aceitável índice de mortalidade por espécie de até 20%. Nesse contexto, apenas as mudas de ipê felpudo, no tratamento com 8 litros de biofósforo por cova, tiveram um percentual de sobrevivência abaixo do permitido, tendo assim, necessidade de intervenções de replantio.

Tabela 2: Sobrevivência (%) e incremento em altura (IncAlt) e em diâmetro ao nível do solo (IncDns) de plantas de *Zeyheria tuberculosa* e de *Guazuma ulmifolia* em respostas as doses de biofósforo ou adubação mineral, aos 6 meses após o plantio em Seropédica, RJ

Tratamento	----- <i>Zeyheria tuberculosa</i> -----			----- <i>Guazuma ulmifolia</i> -----		
	Sobrev.	IncAlt (cm)	IncDns(mm)	Sobrev.	IncAlt (cm)	IncDns(mm)
0	100	5,3	3,3	90	13,3	1,9
2 litros	80	1,5	1,6	100	11,1	3,2
4 litros	100	4,4	2,2	100	12,3	2,7
8 litros	40	3,0	2,0	90	6,0	2,1
Ad mineral	90	4,5	2,8	100	13,4	3,8

Ao analisar o incremento em altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) em resposta as doses de biofósforo, constatou-se pela análise de variância que apenas para incremento em altura de mutambo houve diferenças significativas ($P > 0,9$). Ao testar os modelos de regressão a equação com melhor ajuste foi $Y_{IncAlt} = Y = 79,28 - 1,86.dose$, com coeficiente

de determinação (R^2) de 21,8%, considerado muito baixo. Isto ocorreu devido a grande dispersão dos dados em cada tratamento.

A ausência de resposta significativa de ipê felpudo as doses de biofósforo é devido a espécie não ter adaptado a região de Seropédica, pois não observa-se esta espécie na baixada fluminense. Observações de campo evidenciam que esta espécie é muito comum como colonizadora em pastagens com manejo inadequado situados em morros na região da Zona de Mata de Minas Gerais, onde predominam Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos. Carvalho (2003) menciona que esta espécie ocorre naturalmente na floresta ombrófila densa e na floresta estacional semidecidual formação submontana. Outro fator que contribuiu para ausência de resposta significativa do ipê felpudo é a época do plantio (maio de 2015), e com isso a pouca incidência de chuvas até seis meses após o plantio.

Mesmo com o período de poucas chuvas, esta ausência de respostas das plantas não era esperado, pois segundo Sorreano et al. (2012) e Lima Filho (2015), normalmente as espécies florestais da Mata Atlântica são responsivas a adubos orgânicos. Silva et al. (2008) mencionam que a ausência ou perda de produtividade, devido aos maiores acréscimos de biofósforo, pode ser atribuída, dentre outros fatores a possível limitação provocada pelos nutrientes mais escassos no material, como o potássio. Assim, novas avaliações aos 12, 18 e 24 meses são interessantes.

Para cada espécie, quando comparou-se o incremento em altura e em DNS aos 6 meses após o plantio das plantas testemunha, que receberam 4 litros de biofósforo e adubação mineral, a análise de variância mostrou que não obteve respostas significativas ($P > 0,9$). Lima Filho (2015) também não observou respostas de *Ceiba speciosa* a adubação mineral. Este autor trabalhou 210 gramas de superfosfato simples por cova, em Latossolo vermelho amarelo. A ausência de resposta do ipê felpudo é devido provavelmente as características da própria espécie que normalmente coloniza pastagens mal manejadas e segundo Carvalho (2003) ocorre naturalmente em solos de baixa fertilidade natural e que tem mostrado pouco exigente quanto à fertilidade do solo, sendo pequena a influência da adubação. Segundo Carvalho (2006), mutambo também é espécie não exigente quanto a solos e habita sítios secos quanto os úmidos, por isso provavelmente a falta de respostas.

Esses resultados podem também, estar relacionado ao tipo de solo em que foi implantado o experimento, em que por estar em elevado nível de degradação, e ser bastante arenoso, a plantas de ipê-felpudo, não tiveram condições e tempo suficiente para dar respostas à adubação mineral aplicada, nem à aplicação de biofósforo, mesmo que aumentando a dosagem.

4. CONCLUSÃO

Aos 6 meses após o plantio, as plantas *Zeyheria tuberculosa* e de *Guazuma ulmifolia* não responderam ao uso do biofósforo e fertilização mineral como adubação de plantio. A dose de 8 litros de biofósforo por cova prejudicou a taxa de sobrevivência de ipê felpudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTHUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba. v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, v.1, 1039p., 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, v.2, 627p., 2006.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Status do *Hotspots* Mata Atlântica: uma síntese. In: Galindo-Leal, C.; Câmara, I.G. (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p.3-11.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V., eds. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba, IPEF, 2000. p.309-350.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Resolução INEA nº 89, de 03/06/2014. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, cinco de junho de 2014. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdu5/~edisp/inea0059810.pdf>>. Acesso em: 14 nov 2016.

LIMA FILHO, P. **Biossólido na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio**. 2015. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais)., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MACEDO, J. R.; SOUZA, M. D.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Atributos físicos e hídricos em solo tratado com lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 2006, Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006, p. 193-206. Cap 11.

MARTINS, S. V. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. v. 1. 293p.

MYERS, S., MITTERMEIER, R.A., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:853-858.

PAIVA, A. V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; FERRAZ, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n.84, p. 499-511, 2009.

REZENDE, C.I.O.. **Influência da aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre a concentração e o estoque de nutrientes na biomassa do sub-bosque, na serapilheira e no solo de um talhão de *E.grandis***. 2005. 81f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP

SAEG. Sistema para análises estatísticas: Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa, 2007.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; MOREIRA, R. M. Crescimento de *Eucalyptus grandis* tratado com diferentes doses de lodos de esgoto úmido e seco, condicionados com polímeros. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.77, p.79-88, 2008.

SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; PEREIRA, J. T.; CASTRO, E. A.; COSTA, A. O.; HENNING, L.; ANDREOLI, C. Organismos patogênicos presentes em lodo de esgoto a ser aplicado no solo e a Resolução nº 375 do CONAMA. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto – Avaliação após a Resolução nº 375 do CONAMA**. 2010, Botucatu: FEPAF, 2010, p. 83-112. Cap. 5.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. 2012, São Paulo: Oficina de Textos, 2012, 256p.