



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

JOSÉ AUGUSTO

**LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PLANTAS DA CAATINGA**

JOÃO PESSOA - PB
MARÇO - 2016

JOSÉ AUGUSTO

**LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PLANTAS DA CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rennio Felix de Sena

JOÃO PESSOA - PB

MARÇO - 2016

A923I Augusto, José.

Lodo de estação de tratamento de água na composição de substratos para produção de mudas de plantas da caatinga / José Augusto.- João Pessoa, 2016.

79f. : il.

Orientador: Rennio Felix de Sena

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT

1. Engenharia civil e ambiental. 2. Lodo de ETA.
3. Saneamento ambiental. 4. Reflorestamento. 5. Viveiro de mudas.

UFPB/BC

CDU: 624:504(043)

JOSÉ AUGUSTO

**LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PLANTAS DA CAATINGA**

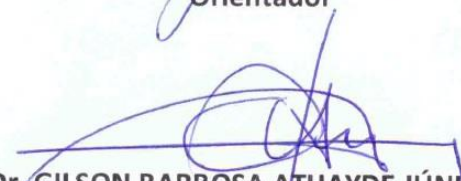
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

APROVADA EM: 18/03/2016

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. RENNIO FÉLIX DE SENA – UFPB
Orientador



Prof. Dr. GILSON BARBOSA ATHAYDE JÚNIOR – UFPB
Examinador Interno



Prof. Dr. OSCAR MARIANO HAFLE – IFAL
Examinador Externo

JOÃO PESSOA - PB

MARÇO - 2016

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Francisco de Assis Augusto e minha mãe, Maria Lúcia Augusto, pelo amor, dedicação e esforço para que esse dia tão importante em minha vida fosse alcançado.
À minha irmã, Maria Aparecida Augusto. Aos Meus irmãos, Cícero Augusto e Joseano Augusto. Minhas sobrinhas, Francisca Rayssa Augusto de Lima, Maria Rayla Augusto de Lima e Maria Regina de Aquino Augusto, pelo amor e os momentos de alegria.
In memoriam, aos meus avôs, Gabriel Farias e Augusto Francisco; aos meus primos, Rafael dos Santos e Daniel dos Santos.
E a todos meus familiares, amigas e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por estar presente em minha vida, abençoando-me, protegendo-me e dando-me forças para vencer os obstáculos que surgirem.

A minha família, por me auxiliar, dando-me apoio e estímulo a mais um objetivo conquistado.

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pelo oferecimento do curso de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado.

A Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), pela disponibilidade do Lodo da Estação de Tratamento de Água de Sousa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) - Campus Sousa, na pessoa do seu Diretor-Geral Eliezer da Cunha Siqueira, pelo incentivo, apoio e oportunidade que me foi concedida para realização dos experimentos no campus.

Ao orientador Professor Dr. Rennio Félix de Sena, pela sua confiança e orientação.

Ao Professor Dr. Oscar Mariano Hafle, pela contribuição nesse trabalho, exemplo de dedicação, humildade e compromisso profissional.

Aos examinadores, Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior e Prof. Dr. Oscar Mariano Hafle, pelas valiosas sugestões, as quais foram fundamentais para o aperfeiçoamento da versão final desse trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Hermano Oliveira Rolim do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa, ao Biólogo Gilson do Nascimento Melo e a Professora Dr^a. Márcia Aparecida Cezar, ambos da Universidade Federal da Paraíba - Campus I, pela contribuição nesse trabalho, exemplos de dedicação, humildade e compromisso profissional.

Ao coordenador, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, pela dedicação e atenção dispensada no decorrer do curso.

Aos amigos, Arthur Cabral, Paulo Ricardo, José Coura e Iza Sarmento, pela colaboração na execução desse trabalho.

Aos funcionários do viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa, Francisco Jânio e Carlos Augusto (Ceará) e aos estagiários (Alzeir Santos, Maciel Santos, Mateus Dantas e Edna Gomes), pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo.

Aos servidores do laboratório de análises de solo, água e planta do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa, Hermano Rolim e João Jones, pelo apoio essencial nas análises química e física.

Aos amigos, Fablo Fernandes, Luana Lucas, Allan Andrade, Fábio Pordeus, Jefferson Araújo e Daniel Santos, pela colaboração na avaliação final dos experimentos.

Ao meu irmão, Cícero Augusto, pela confecção de materiais para os experimentos.

Aos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa, Dr. Francisco Cicupira de Andrade Filho, Dr. Everaldo Mariano Gomes, Dr. Frank Wagner Alves de Carvalho, Dr. Francisco Roserlândio Botão Nogueira, Dr. Ednaldo Barbosa Pereira Júnior e Dr. Eduardo Santiago Beltrão, pelo apoio.

Aos Tecnólogos em Agroecologia, Sales Filho e Everton Abrantes, pela colaboração nesse trabalho.

Aos funcionários da mecanografia e da biblioteca Unidade São Gonçalo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa, pelo apoio e atenção dispensada no decorrer dos experimentos.

Aos amigos, Robson Vale, Diego Araújo, Zezito Marcelino, Raul Batista, Henrique Rufino, Wendell Galdino, Francisco Fabrício, Júnior Alves, Severo Sá, Adriano Mendes, Hellockston Brito, Saulo Soares, Manoel Lima, Santiago Jorge e Aramis Lins Barreto, e amigas, Dinamar Soares, Aureliana Pessoa, Aurelia Pessoa, Glecy Fragoso, Conceição Alencar, Leid Jane Modesto e Daiana Araújo, pelo apoio e companheirismo constante.

Aos colegas do mestrado, Hozana Raquel, Gilson Melo, Luara Lourenço, Mariana Medeiros, Mariana Moreira, Grabiela Pecorelli, Jerônimo Nascimento, Jeremias Jerônimo, Antônio Borba, Thamara Martins, Jobson Targino e Aline Sousa, pelo apoio e companheirismo constante.

Enfim, aqueles que não pude nomear pela traição do esquecimento, mas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

Antoine Lavoisier

AUGUSTO, J. **Lodo de Estação de Tratamento de Água na composição de substratos para produção de mudas de plantas da Caatinga.** 2016. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB. 2016.

RESUMO

O processo de tratamento de água gera elevada quantidade de lodo, cuja disposição deve ser estudada em função de aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos. Objetivou-se avaliar a utilização do lodo de Estação de Tratamento de Água na composição de substratos para produção de mudas de plantas da Caatinga. Na Fazenda Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa (6° 50' 33" S e 38° 17' 54" W, 264 m de altitude), no período de fevereiro a maio de 2015, realizou-se experimentos consistindo da produção de mudas de angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). Foi realizado para cada uma dessas espécies, um experimento em Delineamento de Blocos Casualizados, constituído por 5 substratos (S1: 70% solo + 30% esterco bovino + 0% lodo de ETA; S2: 65% solo + 25% esterco bovino + 10% lodo de ETA; S3: 60% solo + 20% esterco bovino + 20% lodo de ETA; S4: 55% solo + 15% esterco bovino + 30% lodo de ETA e S5: 50% solo + 10% esterco bovino + 40% lodo de ETA) e 4 repetições. As características avaliadas foram: Emergência (E), Diâmetro do Coleto (DC), Altura da Parte Aérea (H), Comprimento da Raiz Principal (CRP), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca das Raízes (MSR), Massa Seca Total (MST), Relação Altura da Parte Aérea/Diâmetro do Coleto (H/DC), Relação Massa Seca da Parte Aérea/Massa Seca das Raízes (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Constatou-se para mudas de angico, resultados superiores de DC, H, MSPA, MST e H/DC, quando utilizou-se os substratos 2, 3, 4 e 5, enquanto nas demais variáveis observou-se resultados semelhantes. Nas mudas de aroeira, verificou-se resultados superiores de DC ao utilizar os substratos 3, 4 e 5, sendo semelhante as demais características estudadas. Já em relação às mudas de sabiá, não houve influência dos substratos em nenhuma variável. O lodo da Estação de Tratamento de Água estudado pode ser utilizado na composição do substrato, compondo até 40%, para produção de mudas de angico, aroeira e sabiá.

Palavras-chave: Lodo de ETA; Saneamento Ambiental; Reflorestamento; Viveiro de mudas.

AUGUSTO, J. **Water treatment plant sludge in the composition of substrates for production of seedlings from typical plants of the Caatinga vegetation.** 2016. 79f. Dissertation (Master's degree in Civil and Environmental Engineering) - Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB. 2016.

ABSTRACT

The water treatment process creates a high amount of sludge. Because of that, sludge disposal alternatives should be studied based on technical, economic, environmental, social and political aspects. The present study aimed to evaluate the use of water treatment plant sludge in the composition of substrates for production of seedlings from typical plants of the Caatinga vegetation. Experiments composed of angico, aroeira and sabiá seedling production were carried out at the Experimental Farm of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba (IFPB) - Sousa campus, state of Paraíba, Brazil, between February and May 2015. For each plant species, an experiment using randomized block design was performed. Each experiment consisted of 5 substrates (S1: 70% soil + 30% bovine manure + 0% WTP sludge; S2: 65% soil + 25% bovine manure + 10 % WTP sludge; S3: 60% soil + 20% bovine manure + 20% WTP sludge; S4: 55% soil + 15% bovine manure + 30% WTP sludge and S5: 50% soil + 10% bovine manure + 40% WTP sludge) and 4 repetitions. The evaluated characteristics were: germination (G), stem diameter (SD), shoot height (H), length of the main root (LMR), dry weight of shoot (DWS), dry mass of roots (DMR) total dry matter (TDM), ratio between shoot height and stem diameter (H/SD), ratio between dry weight of shoot and dry mass of roots (DWS/DMR) and Quality Dickson Index (QDI). For the angico seedlings, it was found high values of SD, H, DWS, TDM and H/SD when the substrates 2, 3, 4 and 5 were used. For the other variables, similar results were observed. The aroeira seedlings presented high values of SD when substrates 3, 4 and 5 were used, which is similar to the other studied characteristics. With regard to the sabiá seedlings, there was not substrate influence over the variables. The studied water treatment plant sludge can be used as part of substrates for angico, aroeira and sabiá seedlings production, composing up to 40%.

Keywords: WTP sludge; Environmental sanitation; Reforestation; Seedlings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área experimental e experimentos em andamento. Sousa-PB, IFPB, 2015.	40
Figura 2. Lodo de ETA fragmentado. Sousa-PB, IFPB, 2015	43
Figura 3. Preparo do substrato. Sousa-PB, IFPB, 2015	43
Figura 4. Enchimento dos sacos. Sousa-PB, IFPB, 2015	44
Figura 5. Realização da semeadura. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	44
Figura 6. Avaliação do diâmetro do coleto de muda de sabiá. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	46
Figura 7. Massas da parte aérea e das raízes acondicionadas em saco de papel na estufa. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	48
Figura 8. Massa seca das raízes pesada em balança analítica. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	48
Figura 9. Massa seca da parte aérea pesada em balança analítica. Sousa-PB, IFPB, 2015. ...	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e física do Lodo de ETA utilizado na composição dos substratos. Sousa-PB, IFPB, 2015	38
Tabela 2. Caracterização química e física do solo utilizado na composição dos substratos. Sousa-PB, IFPB, 2015	38
Tabela 3. Caracterização físico-química do esterco bovino utilizado na composição dos substratos. Sousa-PB, IFPB, 2015	38
Tabela 4. Substratos formulados e porcentagem de cada componente. Sousa-PB, IFPB, 2015	39
Tabela 5. Caracterização química e física dos substratos obtidos da mistura de solo, esterco bovino e lodo de ETA para produção de mudas de plantas da Caatinga. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	41
Tabela 6. Emergência e diâmetro do coleto das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	51
Tabela 7. Altura da parte aérea e comprimento da raiz principal das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015....	52
Tabela 8. Massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.	53
Tabela 9. Massa seca total e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	55

Tabela 10. Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.	56
Tabela 11. Emergência e diâmetro do coleto das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	57
Tabela 12. Altura da parte aérea e comprimento da raiz principal das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015....	58
Tabela 13. Massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015....	59
Tabela 14. Massa seca total e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	60
Tabela 15. Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.	61
Tabela 16. Emergência e diâmetro do coleto das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	62
Tabela 17. Altura da parte aérea e comprimento da raiz principal das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015....	63
Tabela 18. Massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.	64
Tabela 19. Massa seca total e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.....	65

Tabela 20. Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.	67
---	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT= Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al= Alumínio

BDPN= Banco de dados de plantas do Nordeste

Ca= Cálcio

CAGEPA= Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

cm= Centímetro

cmolcdm⁻³ = Centimol de carga por decímetro cúbico

CNPq= Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CTC= Capacidade de troca de cátions

Cu= Cobre

Da= Densidade aparente

DAS= Dias após a semeadura

DBC= Delineamento de Blocos Casualizados

Dp= Densidade de partículas

EMBRAPA= Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA= Estação de Tratamento de Água

ETE= Estação de Tratamento de Esgoto

Fe= Ferro

g= Grama

g cm³= Grama por centímetro cúbico

g kg⁻¹= Grama por quilograma

g planta⁻¹= Grama por planta

H⁺+Al⁺³= Acidez potencial

H₂O= Água

IBGE= Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFPB= Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

K= Potássio

kg ha⁻¹= Quilograma por hectare

Km²= Quilometro quadrado

m= Metro

m²= Metro quadrado

Mg= Magnésio

mg dm⁻³= Miligrama por decímetro cúbico

mg ha⁻¹= Miligrama por hectare

mg L= Miligrama por litro

m³ h⁻¹= Metro cúbico por hora

mL= Mililitro

MMA= Ministério do Meio Ambiente

mm= Milímetro

m³ m³= Metro cúbico por metro cúbico

Mn= Manganês

MO= Matéria Orgânica

N= Nitrogênio

Na= Sódio

Ni= Níquel

P= Fósforo

pH= Potencial hidrogeniônico

Pt= Porosidade total

PST= Percentagem de sódio trocável

S= Enxofre

SB= Soma de bases

UFPB= Universidade Federal da Paraíba

V= Percentagem de saturação por bases

Zn= Zinco

°C= Graus Celsius

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1 Aspectos gerais do lodo de Estação de Tratamento de Água	22
2.2 Alternativas de disposição final do lodo de Estação de Tratamento de Água.....	23
2.3 Disposição final do lodo de Estação de Tratamento de Água em solo agrícola e potencial de uso na produção de mudas nativas	24
2.4 Substrato para produção de mudas.....	26
2.5 Bioma Caatinga.....	28
2.6 Aspectos gerais e importância das plantas estudadas	29
2.6.1 Angico – <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth) Brenan	29
2.6.2 Aroeira – <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	31
2.6.3 Sabiá – <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Caracterização da Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB	35
3.2 Disposição do lodo na Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB	35
3.3 Coleta e transporte do lodo para a área experimental	36
3.4 Localização e caracterização da área experimental	36
3.5 Materiais utilizados	37
3.5.1 Componentes dos substratos.....	37
3.5.1.1 Lodo de ETA.....	37
3.5.1.2 Solo.....	37
3.5.1.3 Esterco bovino.....	37
3.5.2 Sementes	39
3.5.3 Recipiente	39
3.6 Delineamento experimental e tratamentos	39
3.7 Instalação e condução dos experimentos.....	42
3.8 Características avaliadas.....	45
3.8.1 Emergência – E	45
3.8.2 Características morfológicas.....	46
3.8.2.1 Diâmetro do coleto – DC.....	46
3.8.2.2 Altura da parte aérea – H.....	46
3.8.2.3 Comprimento da raiz principal – CRP	47
3.8.2.4 Massa seca da parte aérea – MSPA.....	47
3.8.2.5 Massa seca das raízes – MSR	47
3.8.2.6 Massa seca total – MST.....	48
3.8.3 Índices de qualidade	49
3.8.3.1 Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto – H/DC	49
3.8.3.2 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes – MSPA/MSR.....	49
3.8.3.3 Índice de Qualidade de Dickson – IQD.....	49
3.9 Análise estatística.....	50

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Angico – <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth) Brenan	51
4.1.1 Emergência e Diâmetro do coleto	51
4.1.2 Altura da parte aérea e Comprimento da raiz principal.....	52
4.1.3 Massa seca da parte aérea e Massa seca das raízes	53
4.1.4 Massa seca total e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto.....	54
4.1.5 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson	55
4.2 Aroeira – <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão.....	57
4.2.1 Emergência e Diâmetro do coleto	57
4.2.2 Altura da parte aérea e Comprimento da raiz principal.....	58
4.2.3 Massa seca da parte aérea e Massa seca das raízes	59
4.2.4 Massa seca total e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto.....	60
4.2.5 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson	61
4.3 Sabiá – <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.	62
4.3.1 Emergência e Diâmetro do coleto	62
4.3.2 Altura da parte aérea e Comprimento da raiz principal.....	63
4.3.3 Massa seca da parte aérea e Massa seca das raízes	64
4.3.4 Massa seca total e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto.....	65
4.3.5 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson	66
5. CONCLUSÕES	68
6. REFERÊNCIAS.....	69
7. APÊNDICES	78

1. INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Água (ETA) transforma água bruta captada em mananciais superficiais e/ou subterrâneos através de intenso processo de tratamento físico-químico em água tratada, que deve apresentar qualidade satisfatória para abastecimento humano, de acordo com a Portaria nº 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Todo esse processo gera, como subproduto, uma elevada quantidade de resíduo.

Esse resíduo é conhecido por lodo de ETA, lodo de estação de tratamento de água (LETA), cuja composição contém água, sólidos suspensos, originalmente contidos na fonte de abastecimento, produtos químicos resultantes dos reagentes adicionados no processo de tratamento e outras impurezas, e apresenta características variadas (JANUÁRIO & FERREIRA FILHO, 2007; RICHTER, 2001). Segundo a ABNT (2004) é classificado como “resíduo sólido” e devolver aos mananciais sem tratamento é um procedimento inadequado do ponto de vista ambiental, operacional e legal, pois requer cuidados específicos de modo a garantir a proteção ao meio ambiente e à saúde pública, devendo ser tratado e disposto corretamente (BRASIL, 1998).

Entre múltiplas alternativas de disposição final, nenhuma pode ser considerada como única opção. Desse modo, todas as alternativas disponíveis devem ser estudadas e aperfeiçoadas para a destinação desse resíduo e entre elas, tem-se acondicionamento como cobertura das células de aterro sanitário, aplicação para a recuperação de áreas degradadas, incorporação em materiais de construção civil e utilização para fins agrícolas.

Essa última em expansão, como a aplicação na produção de mudas em viveiro, visto que o lodo de ETA contém matéria orgânica, micro e macro-nutrientes, sua utilização na composição de substrato, especialmente para produção de espécies nativas pode ser mais uma alternativa de disposição final. O substrato deve fornecer sustentação, água, oxigênio, condição sanitária adequada, composição química e física favoráveis ao crescimento e ao desenvolvimento das mudas. Sua escolha deve considerar os aspectos técnicos, mas também a disponibilidade local dos materiais a ser empregados (CUNHA et al., 2005).

Em relação à disponibilidade, o lodo de ETA apresenta-se com alta disponibilidade, devido no Brasil o sistema de tratamento de água mais utilizado ser o convencional, que gera entre os principais resíduos, o lodo resultante da decantação (FREITAS; FERREIRA FILHO;

PIVELI, 2005). No entanto, para que esse uso seja considerado uma alternativa viável, faz-se necessário realizar ensaios específicos para cada lodo e espécie de planta, para avaliar o comportamento da planta com aplicação desse resíduo no substrato.

Figueiredo Neto, Scalize e Albuquerque (2012) avaliaram o desenvolvimento de mudas de plantas nativas com ocorrência no cerrado, produzidas em viveiro com a aplicação de lodo da Estação de Tratamento de Água Eng. Rodolfo José da Costa, Goiânia-GO no substrato e constataram que os parâmetros morfológicos das plantas mostraram pouca variação entre os substratos, demonstrando assim, potencialidade do lodo para a aplicação nas doses utilizadas na produção de mudas das espécies avaliadas. Em relação aos índices de qualidade das plantas, algumas espécies apresentaram os melhores valores quando submetidas ao substrato, com 56,25% de lodo de ETA.

Diante desse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a utilização do lodo de Estação de Tratamento de Água na composição de substratos para produção de mudas de plantas da Caatinga.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do lodo de Estação de Tratamento de Água

As características do lodo podem variar conforme o gerenciamento do processo de tratamento, método de operação do sistema, periodicidade de limpeza dos decantadores e filtros, assim como da dosagem de produtos químicos, que é em função da variação temporal das características físico-químicas da água de captação, a qual está associada à formação geológica onde o manancial está inserido, ao uso e a ocupação do solo da área da bacia hidrográfica (TARTARI et al., 2011).

A caracterização desse resíduo pode ser determinada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, dentre eles: teor de sólidos, turbidez, pH, alcalinidade, indicadores do teor de matéria orgânica (demanda bioquímica de oxigênio - DBO, demanda química de oxigênio - DQO, carbono orgânico total - COT, concentração de sólidos voláteis - SV), indicadores bacteriológicos (coliformes totais, coliformes termotolerantes, *E. coli*, cistos de *Giardia*, oocistos de *Cryptosporidium*), concentração metais pesados (manganês, chumbo, alumínio, ferro e etc.) (PEREIRA, 2011).

Segundo Richter (2001), quando se utiliza o coagulante sulfato de alumínio, o lodo produzido pela ETA contém as principais características seguintes: 0,1-4% de sólidos totais, 15-40% de $Al_2O_3 \cdot 5H_2O$, 35-70% de inorgânicos, pH de 6-8, 30-300 mg L de DBO_5 e 30-5.000 de mg L de DQO.

Botero et al. (2009) caracterizaram lodos gerados em estações de tratamento de água das cidades de Jaboticabal-SP, Taquaritinga-SP e Manaus-AM. As referidas estações utilizavam diferentes coagulantes e águas de captação com características distintas. Os autores constataram elevados teores de matéria orgânica, sendo maiores e com maior teor de substâncias húmicas para LETA's de Manaus-AM e comentaram que os resultados foram consequência principalmente da elevada quantidade de matéria orgânica presente na água bruta captada do Rio Negro. Diante disso, pode-se inferir que as características das águas brutas influenciam nas características dos LETA's após o tratamento convencional. Em relação aos metais (Zn, Mn, Ni, Cu e Mg) constatou-se nos diferentes lodos, de maneira geral, os referidos autores observaram que os teores foram maiores nos LETA's de Jaboticabal-SP e

Taquaritinga-SP, comentaram também que foram maiores possivelmente devido ao aporte de efluentes domésticos e industriais para os mananciais de captação de água dessas ETA's.

2.2 Alternativas de disposição final do lodo de Estação de Tratamento de Água

Para disposição correta do lodo de ETA é necessário um levantamento de viabilidade técnica, econômica e ambiental. A disposição final desse resíduo pode ser em aterros sanitários, co-disposição com biossólidos, disposição controlada em certos tipos de solos, lançamento em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), aplicações em industriais diversas e incineração (REALI, 1999).

Guerra & Angelis (2005) verificaram que a aplicação do lodo de ETA ao solo de aterro sanitário não interfere de forma negativa no processo de biodegradação, indicando sob esse aspecto, ser viável a co-disposição desse resíduo juntamente com o solo utilizado na cobertura das células do aterro sanitário estudado.

Em relação à disposição em áreas degradadas, os efeitos da disposição do LETA em uma área degradada pela extração da cobertura laterítica (cascalheira) consistiram na distribuição horizontal de matéria orgânica, cálcio trocável, manganês e fósforo disponíveis nos locais dispostos, sendo considerado compatível com o uso em recuperação de áreas degradadas situadas em regiões com características geológicas e hidroquímicas semelhantes à estudada (MOREIRA et al., 2009). No solo degradado pela mineração de cassiterita, a aplicação de LETA elevou os teores de cálcio, magnésio, potássio e o valor de pH do solo (TEIXEIRA; MELO; SILVA, 2005). Quando aplicado como fonte de nutrientes para plantações de gramíneas e leguminosas, modificou o conteúdo de macro e micronutrientes no solo, mas não foi como utilizado, suficiente para a recuperação da área (TEIXEIRA; MELO; SILVA, 2007).

O aproveitamento do lodo de ETA em indústrias diversas também pode ser uma alternativa para sua disposição final. Podendo ser utilizado como substituto para argila na formulação de massas como observado por Wolff et al. (2014), em seu estudo com a utilização de lodo em cerâmica estrutural. Segundo Hoppen et al. (2005), a adição de lodo de ETA em matrizes de concreto é uma alternativa viável e ambientalmente correta, uma vez que

promove redução de quantidade considerável desse material, bem como redução significativa no consumo de agregados naturais e, principalmente, de cimento.

A utilização de lodo para fins agrícolas, tais como compostagem, cultivo de grama comercial, solo comercial e plantação de cítricos pode ser uma possibilidade de disposição (MEGDA; SOARES; ACHON, 2005).

Segundo Januário & Ferreira Filho (2007), as possibilidades de disposição final para os lodos das ETA's da Região Metropolitana de São Paulo podem ser resumidas em disposição em aterros particulares, municipais ou exclusivos, reciclagem do lodo em produção de material cerâmico e lançamento em sistemas de coleta e afastamento de esgotos sanitários para posterior processamento em estação de tratamento de esgoto. Os autores observaram ainda, em relação às ETA's estudadas e que serve para as demais, que não pode ser identificada uma única solução para o tratamento e disposição final dos lodos, devendo cada uma das opções ser ponderada para cada ETA individualmente, em função de seus aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos.

2.3 Disposição final do lodo de Estação de Tratamento de Água em solo agrícola e potencial de uso na produção de mudas nativas

Uma das possibilidades de disposição do lodo de ETA é seu emprego como insumo em setores agrícolas, por contém matéria orgânica, micro e macro-nutrientes (BOTERO et al., 2009). Pode contribuir com a fertilização dos solos agrícolas, substituindo alguns insumos (PARK et al., 2010a; PARK et al., 2010b) e no cultivo de diferentes plantas (BITTENCOURT et al., 2012; FIGUEIREDO NETO; SCALIZE; ALBUQUERQUE, 2012; PARK et al., 2010c; TITSHALL & HUGHES, 2009).

Park et al. (2010a) avaliaram o lodo de ETA através da composição física como material substituto do solo, sendo comparado com o granito decomposto e constataram que a capacidade de retenção de água e a porosidade foram maiores para o lodo e essas diferenças podem ser atribuídas aos poros intra-agregados e inter-agregados criados através da ligação de partículas de silte e argila no processo de floculação, colaborando assim com a potencialidade do LETA como substituto do solo estudado.

Lodos de ETA na África do Sul foram caracterizados e observadas suas implicações como fertilizante. O pH tendeu de neutro a alcalino, com baixa condutividade elétrica. No geral, as quantidades de N, P e K foram baixas, mas alguns lodos mostraram potencial para fornecer outros nutrientes para as plantas (Ca, Mg, S, Zn, Cu e Fe). Em relação às características físicas, foram variáveis, mostrando uma grande variedade na distribuição de tamanho de partículas. Já os teores de metais tenderam a ser baixos, mas Mn foi elevado em alguns lodos, o que pode levar a problemas relacionados ao crescimento de plantas. Mas no geral, constatou-se potencialidade dos lodos para aplicação no solo, levando em consideração que a aplicação deve ser com base nas condições existentes no solo, nas características do lodo e no uso do solo (TITSHALL & HUGHES, 2005).

Em um estudo preliminar dos teores de metais potencialmente tóxicos em solo após disposição de lodo de ETA sem tratamento, pode-se concluir que o lodo pode ser utilizado como fertilizante agrícola, pois não representou risco de contaminar o ambiente por metais potencialmente tóxicos e proporcionou alterações significativas no pH, CTC e matéria orgânica, aumentando a qualidade agronômica do solo (NASCIMENTO et al., 2013). Vale salientar que os resultados restringem-se às condições nas quais o estudo foi desenvolvido, pois as características tanto do lodo quanto do solo podem ser diferentes em outras situações.

Em experimento com utilização de LETA na produção de grãos e teor de nutrientes em sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Ghadra) cultivado em solo distrófico, Titshall & Hughes (2009) constataram que altas concentrações de Mn presente no lodo resultaram no aumento da absorção de Mn pelas plantas. Diante disso, recomendam uma taxa de aplicação não superior a 100 g kg⁻¹ (cerca de 260 kg ha⁻¹) para evitar riscos potenciais para o consumo humano.

Teixeira, Melo e Silva (2005) recomendam que a utilização do lodo deva estar associada a um resíduo orgânico. Sendo constatado por Bittencourt et al. (2012) ao estudarem o efeito da aplicação de lodo de ETA, na presença e ausência de lodo de ETE, na produtividade do milho e nas características de fertilidade do solo, verificaram que a aplicação de lodo de ETA não teve efeito sobre a produtividade de milho, tampouco sobre os teores dos elementos avaliados no solo. No entanto, na presença do lodo de esgoto, a sua aplicação foi favorável à dinâmica do nitrogênio do solo até à dose de 37 mg.ha⁻¹ e a aplicação de lodo de ETE neutralizou o alumínio trocável, elevou o pH, o cálcio, carbono, fósforo e a saturação de bases, e reduziu a acidez potencial do solo. Park et al. (2010c) constataram que o lodo de ETA + composto em comparação com granito decomposto +

composto, proporcionaram maior crescimento da pimenteira, devido as propriedades físicas e químicas encontradas no substrato com o uso do lodo.

A utilização de lodo de ETA na agricultura mais adequada seria com culturas não alimentares, tais como flores, plantas ornamentais, algodão ou espécies florestais (TITSHALL & HUGHES, 2009). Estudo com formulações de substratos a partir de substrato comercial, terra e lodo de ETA para produção de mudas de plantas nativas com ocorrência no cerrado, evidenciou que as pequenas variações morfológicas observadas nas plantas e a porcentagem de sobrevivência em diferentes concentrações de lodo, aprontam potencialidade para utilização de LETA nas doses utilizadas nos substratos (FIGUEIREDO NETO; SCALIZE; ALBUQUERQUE, 2012).

2.4 Substrato para produção de mudas

Substrato é todo material ou combinação de materiais utilizados para produção de mudas. Deve fornecer sustentação, água, oxigênio, condições químicas e físicas favoráveis ao crescimento e ao desenvolvimento das mudas, e livre de pragas e doenças do solo (MAAS, 2010). É composto por três fases, sendo elas: a) sólida: constituído de partículas minerais e orgânicas, onde mantém o sistema radicular e a estabilidade da muda; b) líquida: formada pela água, na qual se encontram os nutrientes, para suprimento da muda; c) gasosa: constituída pelo ar, respondendo pelo transporte de oxigênio e gás carbônico entre as raízes e a atmosfera (FAVALESSA, 2011; SARZI, 2006).

Em nível mundial, os principais parâmetros físicos avaliados nos substratos são densidade, porosidade, espaço de aeração e retenção hídrica, enquanto os químicos são pH, CTC, teor de matéria orgânica e salinidade (SCHMITZ et al., 2002). Segundo Silva, Peixoto e Junqueira (2001), os melhores substratos devem apresentar, entre outras importantes características, fácil disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos, riqueza em nutrientes essenciais, pH adequado, boa textura e estrutura. Uma vez que para a obtenção de mudas de boa qualidade é fundamental a utilização de substratos que apresentem propriedades físico-químicas adequadas e forneçam os nutrientes necessários para o pleno desenvolvimento da muda. Além disso, a qualidade do substrato depende, primordialmente, das proporções e dos materiais que compõem a mistura (PRIMO et al., 2013). Os materiais

para composição dos substratos devem ser facilmente disponíveis na região, possuir baixo custo e que forneçam as condições físico-químicas adequadas ao crescimento das plantas (VIEIRA et al., 1998). Portanto, a escolha de um substrato deve considerar os aspectos técnicos, mas também a disponibilidade local do material a ser empregado (CUNHA et al., 2005).

Inúmeros substratos puros ou de forma combinada são utilizados atualmente para a propagação de espécies florestais e dificilmente se encontra um material isolado com características ótimas para o crescimento das mudas (WENDLING; GUASTALA; DOMINGOS, 2006). Atualmente, a destinação de muitos resíduos sólidos é um grave problema ambiental (REIS et al., 2007), sendo que alguns apresentam possibilidade de uso como componente de substrato. Se o custo dos substratos contribui para a elevação do preço final da muda produzida, por outro lado, a utilização de resíduos disponíveis localmente pode propiciar redução de custos e minimizar a poluição decorrente do acúmulo desses materiais no ambiente (FERMINO, 1996). Segundo Rondon Neto & Ramos (2010), quando se busca utilizar resíduos disponíveis para produção de mudas florestais, primeiramente inicia-se com a avaliação das propriedades físicas dos materiais. Essas análises podem ser feitas apenas dos componentes ou da combinação entre eles, a fim de obter características físicas adequadas. Fonsêca (2001) acrescenta que na escolha de um substrato devem-se observar, principalmente, suas características físico-químicas e a espécie a ser plantada.

Independentemente da finalidade à que se destinará a muda, seja para a composição de plantios comerciais, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas ou outros fins, a adoção de padrões técnicos e procedimentos adequados na composição dos substratos poderão melhorar a qualidade das mudas produzidas resultando em plantas mais uniformes, vigorosas, de maior pegamento e, portanto, mais resistentes às adversidades ambientais após o plantio (CALDEIRA et al., 2012).

2.5 Bioma Caatinga

O bioma Caatinga é típico do clima semiárido do sertão nordestino, com formação campestre, constituída pela tipologia de vegetação aberta, mapeada como savana estépica e área aproximada de 844.453 km², totalizando uma área de 9,92% do Brasil, estendendo-se pela totalidade do estado do Ceará (100%) e mais de metade da Bahia (54%), da Paraíba (92%), de Pernambuco (83%), do Piauí (63%) e do Rio Grande do Norte (95%), quase metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%) (IBGE, 2004).

Esse ecossistema é muito importante do ponto de vista biológico por ser um dos poucos que tem distribuição restrita ao Brasil. Apresenta fauna e flora únicas, formada por uma vasta biodiversidade, rica em recursos genéticos e de vegetação constituída por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas (FRANCA-ROCHA et al., 2007). Provavelmente o bioma brasileiro mais ameaçado e transformado pela ação humana (CASTELETTI et al., 2003). Estudos mostram que uma área de 300.256 Km² da região semiárida brasileira já vem sendo seriamente afetada pelo processo de desertificação, gerando impactos que se refletem por diferentes níveis de degradação dos solos, da vegetação e dos recursos hídricos (LIMA et al., 2004).

O bioma Caatinga tem seus recursos utilizados, muitas vezes de forma não planejada, reduzindo sua cobertura vegetal, como o desmatamento e as culturas irrigadas responsáveis pela salinização dos solos, aumentando ainda mais a evaporação da água neles contida e, dessa forma, acelerando o processo de desertificação (FERREIRA, 2011; CASTELETTI et al., 2003). A frequência com que as matas desse bioma são exploradas aumenta o risco de extinção de várias espécies arbóreas de valor ecológico e econômico. Essas explorações são principalmente para retirada de madeira, moirões, lenha, carvão e extrações tânicas, provocando o processo de desertificação nessas áreas, devido ao empobrecimento da vegetação (SOUTO, 2006).

A intervenção humana é imprescindível para recuperação dessas áreas, pois a revegetação pode não ocorrer ou ser extremamente lenta (BERTONI & DICKFELDT, 2007). De acordo com Felfili et al. (2000), no local a ser restaurado deve-se adotar plantios heterogêneos de espécies nativas, a fim de criar um microclima e aumentar a oferta de recursos similares às condições anteriormente encontradas. Assim, para o sucesso do

reflorestamento do Bioma Caatinga é fundamental a produção de mudas florestais com qualidade, quantidade e diversidade suficiente para o estabelecimento de bons povoamentos (KRATKA, 2013).

2.6 Aspectos gerais e importância das plantas estudadas

2.6.1 Angico – *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan

A espécie nativa do Bioma Caatinga, *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Angico) é uma leguminosa pertencente à família Mimosaceae e também é conhecida com os seguintes nomes populares: angico-vermelho, angico-preto, angico-do-campo, arapiraca, curupaí e angico-de-casca. Sua distribuição geográfica ocorre do Nordeste do país até Tocantins, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. Ocorre ainda na Argentina, Bolívia, Paraguai e Peru (BDPN, 2014a; LORENZI, 2008).

A altura dessa planta varia de 13 a 20 m, com tronco de 40 a 60 cm de diâmetro, revestido por casca que varia de uma forma quase lisa e clara até rugosa ou muito fissurada e preta. Suas folhas são compostas bipinadas com pinas de 7-11 cm de comprimento e folíolos rígidos. Suas flores são amarelo-esbranquiçadas. Seu fruto legume deiscente, achatado, de superfície áspera e cor marrom, contendo 5 a 10 sementes orbiculares de coloração castanha a pardo-avermelhada escura (LORENZI, 2008).

Segundo Lorenzi (2008), as sementes devem ser postas para germinar em canteiros semi-sombreados contendo substrato organo-arenoso, emergindo entre 5° e 8° dia, com emergência superior a 80% para sementes frescas.

A madeira dessa espécie é própria para a construção civil (vigas e assoalhos) e naval, para a confecção de dormentes e para utilização em marcenaria e carpintaria. As folhas e galhos cortados são usados como forragem e a casca foi largamente usada pelos curtumes. A casca é também usada na medicina caseira, em infusão, xarope, maceração e tintura, pois tem propriedade hemostática, depurativa, adstringente, cicatrizante e peitoral. Floresce exuberantemente todos os anos, o que a torna muito ornamental e própria para a arborização

de parques e praças. Apresenta rápido crescimento, podendo ser utilizada com sucesso para reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação (BDPN, 2014a; LORENZI, 2008).

Devido a essas potencialidades, estudos relacionados à produção de mudas têm sido realizados, visando utilização de substratos disponíveis na região e à disponibilidade de mudas de qualidade, o que aumentaria as suas chances de sucesso na implantação no campo. Segundo Nóbrega et al. (2008), para o sucesso de programas de reflorestamento, plantios conservacionistas e revegetação de áreas degradadas, uma das etapas iniciais é a produção de mudas com qualidade morfofisiológica.

Alves et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes tamanhos de recipientes e de composições de substratos a base de solo, areia, esterco e resíduo de caulim na produção de mudas de angico e observaram que o volume do recipiente influenciou o desenvolvimento das mudas e em relação as diferentes formulações dos substratos, o desenvolvimento das mudas foram iguais para todos os parâmetros morfofisiológicos avaliados (altura, diâmetro do colo, número de folhas e massa seca), desenvolvendo-se até mesmo nas formulações que continha rejeito industrial de caulim.

Os efeitos de diferentes doses de esterco bovino no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas de angico, foram estudados por Prestes (2007), constatando que a utilização do esterco afetou significativamente todos os parâmetros morfológicos avaliados, com a dose de 33,9% sendo suficiente para promover o bom desenvolvimento das mudas em altura. Em relação aos nutrientes, os que mais contribuíram para a produção de massa seca foram enxofre e potássio.

Uliana et al. (2014) estudaram o crescimento de mudas dessa espécie em função de substratos à base de bagaço de cana-de-açúcar decomposto, comparando-os com substrato comercial e constataram maior desenvolvimento das mudas com o substrato bagaço de cana-de-açúcar decomposto misturado com húmus na proporção 7:3 (v:v).

O substrato peneirado de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2, v:v) com inoculação com rizóbio específico prestou-se para a produção de mudas de angico, sem a necessidade de fertilização com uréia ou sulfato de amônio nas doses 25, 50 e 75 mg dm⁻³ (CHAVES; CARNEIRO; BARROSO, 2006).

2.6.2 Aroeira – *Myracrodruon urundeuva* Allemão

A aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) é uma planta nativa do Bioma Caatinga, pertence à família Anacardiaceae e tem outros nomes populares: urundeúva, aroeira-do-sertão (CE), aroeira-do-campo, aroeira-da-serra, urindeúva, arendeúva, arendiúva e aroeira-preta. Sua distribuição geográfica ocorre desde o Ceará (Caatinga) até os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, sendo mais frequente no Nordeste do país, oeste dos estados de Minas Gerais, São Paulo e sul dos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, sua presença também se assinala na Argentina (extremo noroeste), Bolívia (sul e leste) e Paraguai (leste e nordeste) (BDPN, 2014b; LORENZI, 2008).

A altura dessa espécie varia de 6 a 14 m na Caatinga ou no Cerrado, com tronco de 50 a 80 cm de diâmetro, revestido por casca pardacento-acinzentada e áspera. Suas inflorescências são paniculadas terminais, com flores amareladas. Seus frutos são aquênios com as sépalas persistentes. Suas sementes são castanhas, tendendo para negro, pequenas, orbiculares, rugosas ou lisas, aladas, com tegumento membranáceo, desprovido de endosperma (BDPN, 2014b; LORENZI, 2008).

Segundo Lorenzi (2008), as sementes devem ser postas para germinar em canteiros com substrato arenoso enriquecido de matéria orgânica, emergindo entre 8° e 18° dia, com emergência superior a 80%.

A madeira da aroeira é excelente para obras externas como postes, mourões, esteios, estacas, dormentes, vigas e armações de pontes, moendas de engenho, na construção civil para caibros, vigas, tacos para assoalhos, ripas, para peças torneadas, etc. A árvore, pela beleza de sua copa aproximadamente piramidal e por outras qualidades ornamentais, é indicada para a arborização em geral, mas devido à possibilidade de provocar reações alérgicas em pessoas sensíveis às suas folhas, seu uso como ornamental em parques e jardins deve contemplar esse aspecto negativo (BDPN, 2014b; LORENZI, 2008).

Em decorrência de seus múltiplos usos, a aroeira vem sofrendo um processo de exploração intensa, de forma predatória, tornando-se escassa e encontrar-se na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (MMA, 2008). Diante disso, torna-se indispensável estimular o uso dessa espécie em reflorestamentos, além do desenvolvimento de estudos, principalmente os relacionados à produção de mudas, pois são essenciais para a preservação e a restauração de sua população (KRATKA, 2013).

Oliveira et al. (2012) avaliaram o desenvolvimento inicial das mudas de aroeira em substratos compostos por resíduos agroindustriais (cinza de caldeira, terra de caldeira e casca de madeira) em diferentes concentrações e substrato comercial. Constatando que para propiciar um melhor desenvolvimento às mudas, o substrato mais recomendado é o composto por casca de madeira enriquecido com 5% de cinza de caldeira.

O crescimento inicial de mudas dessa espécie também foi estudado por Kratka (2013), em substratos a base de solo + areia e acréscimo de substrato comercial no tratamento testemunha e nos outros diferentes proporções de esterco bovino, composto orgânico e lodo de esgoto seco, sendo observado que os melhores índices de crescimento ocorreram quando se utilizou o solo + areia + 25% de composto orgânico.

Marques (2004) comenta em seu estudo que as mudas produzidas no substrato argissolo proporcionaram as melhores médias de todas as características avaliadas, com exceção de duas. Acrescenta ainda que o melhor desenvolvimento dessas mudas, provavelmente se deve a maior fertilidade natural do substrato estudado entre outras características físicas, como a maior estabilidade dos agregados, conferindo-lhe maior capacidade de retenção de água, proporcionando melhores condições para a absorção e o crescimento radicular e conseqüentemente da muda.

2.6.3 Sabiá – *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth

A espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. é uma árvore nativa da Caatinga, pertence à família Fabaceae-Mimosoideae e conhecida com os nomes populares: sabiá, sansão-do-campo e cebiá. Tem ocorrência geográfica em áreas da caatinga do Piauí, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia e Ceará (BDPN, 2014c; LORENZI, 2008).

É uma planta espinhenta de 5 a 8 m de altura, dotada de copa baixa e densa, com tronco de 20 a 30 cm de diâmetro, revestido por casca com ritidoma escamoso. Suas folhas são alternas espiraladas, estipuladas, compostas bipinadas, geralmente com 3 pares de pinas opostas, com uma provida de 4-8 foliólulos cartáceos, glabros, com base assimétrica, de 3-8 cm de comprimento. Suas flores são brancas, pequenas, axilares, reunidas em espigas cilíndricas de 5-10 cm de comprimento e, às vezes ordenadas em panículas terminais. Seus frutos são legumes articulados, planos, medindo de 7-10 cm de comprimento e de 10-13 mm

de espessura. Suas sementes são lisas e duras, medindo 5-8 mm de diâmetro e apresentam dormência tegumentar (BDPN, 2014c; LORENZI, 2008).

Segundo Lorenzi (2008), as sementes devem ser postas para germinar em canteiros semi-sombreados contendo substrato organo-arenoso, emergindo entre 5° e 20° dia, com índice de germinação geralmente superior a 50%.

O sabiá tem sua madeira muito apropriada para usos externos, como mourões, estacas, postes, dormentes, esteios e para lenha e carvão. Suas folhas são usadas para alimentação animal. Apresenta características ornamentais, podendo ser empregado no paisagismo em geral. É empregado também como cerca-viva defensiva e amplamente utilizado para produção de madeira na região Nordeste do país. É uma planta de rápido crescimento e ideal para reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 2008).

No Nordeste brasileiro é crescente a necessidade de se aumentar a geração de renda ao mesmo tempo em que se mantenha a qualidade ambiental. Uma das alternativas é a utilização de plantas nativas para produção de estacas, mourões, energia e paisagismo, sendo assim, o sabiá destaca-se por apresentar múltiplas utilidades (GOMES; LEITE; SANTOS, 2012). Apesar de não estar ameaçada de extinção, deve-se realizar estratégias para o uso sustentável dessa espécie.

Amorim et al. (2009) recomendam a revegetação da Caatinga com plantas nativas perenes, por meio de sistemas silvos-pastoris direcionados a população de baixa renda, na tentativa de preservar o agrossistema e diminuir as pressões de desertificação que as regiões semiáridas sofrem. Sendo para isso importante conhecer os fatores que afetam o desenvolvimento dessa espécie, destacando-se na produção de mudas, o substrato como um dos mais importantes (NOGUEIRA et al., 2012). Inúmeros substratos em sua constituição original ou combinada são usados atualmente para propagação de espécies florestais via sementes ou vegetativamente (LACERDA et al., 2006).

Gomes, Leite e Santos (2012) avaliaram o crescimento de mudas de sabiá, em substratos compostos de rejeitos de vermiculita e esterco bovino, comparando com o substrato convencional e recomendam o uso de substrato de vermiculita + esterco na dosagem de 30% para produção de mudas dessa espécie em viveiros florestais.

Pinto et al. (2011) e Lacerda et al. (2006) estudaram os efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de sabiá e ambos recomendam a fibra de coco, sendo que os primeiros autores em conjunto com o arisco e os segundos seu uso individualmente ou quando integrar

mais de 50% das formulações em substratos contendo solo argissolo vermelho-amarelo distrófico.

Araújo (2011) estudou a influência de esterco bovino em diferentes proporções e com adição de fósforo e potássio no crescimento inicial de mudas de sabiá e constatou que o substrato composto por esterco bovino e o fósforo foi benéfico para o crescimento em altura das mudas e que as mudas responderam à aplicação de esterco e potássio no tocante ao incremento no diâmetro do caule. Gonçalves et al. (2010) comentam em seu estudo que as mudas dessa espécie requerem baixas quantidades de potássio, de cálcio e de magnésio para seu adequado crescimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB

A Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB está localizada no Distrito de São Gonçalo, captando água do açude São Gonçalo e abastecendo a cidade de Sousa, Marizópolis e Nazarezinho. A ETA é do tipo ciclo completo, com capacidade de $1.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, utiliza sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) como coagulante primário e a desinfecção é feita com cloro gás liquefeito.

A ETA é composta por:

- Calha Parshall;
- 3 conjuntos de flocladores chicana vertical;
- 3 decantadores convencionais;
- 6 filtros com sistema hidropneumático (filtração rápida).

3.2 Disposição do lodo na Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB

O lodo proveniente da descarga de fundo dos decantadores e a água da lavagem dos filtros, assim como o rejeito proveniente da limpeza dos tanques de produtos químicos são encaminhados para uma lagoa. A remoção da parte líquida ocorre através da evaporação e provavelmente da infiltração, assim como o uso por parte das plantas espontâneas existentes no local. Em relação à parte sólida, fica acumulada, causando assoreamento e servindo de solo para plantas.

3.3 Coleta e transporte do lodo para a área experimental

A coleta foi realizada aleatoriamente, antes desse procedimento realizou-se uma limpeza, a fim de retirar a camada superficial do lodo e a vegetação presente. Com auxílio de enxada, os blocos de lodo secos foram coletados e depositados em sacos para o transporte na caçamba de um veículo. O lodo foi armazenado em local coberto e envolto com uma lona até a preparação dos substratos.

3.4 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos, no período de fevereiro a maio de 2015, na Fazenda Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-Campus Sousa (IFPB-Campus Sousa), Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Município de Sousa, Estado da Paraíba (6° 50' 33" S e 38° 17' 54" W, 264 m de altitude). O clima local, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo BSh, isto é, quente e seco (semiárido), com precipitação anual total inferior a evapotranspiração potencial. A temperatura média anual em torno de 27 °C, com máxima de 38 °C e mínima de 18 °C, a umidade relativa do ar oscila entre 45 e 77% com precipitação pluviométrica média anual de 654 mm.

Foi utilizado o viveiro de mudas do Setor de Fruticultura do IFPB-Campus Sousa para a realização dos experimentos. O mesmo foi construído no sentido leste-oeste, com as dimensões de 40 m de comprimento e 25 m de largura perfazendo uma área de 1.000 m². Na sua infraestrutura consta piso de cimento grosso, revestimento de sombrite (cor preta) que permite a passagem de 50% da luz solar e estrutura de sustentação composta por estacas de cimento medindo 1,80 m de altura.

3.5 Materiais utilizados

3.5.1 Componentes dos substratos

3.5.1.1 Lodo de ETA

O lodo utilizado nos experimentos foi submetido às análises química e física (Tabela 1) no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do IFPB-Campus Sousa, segundo EMBRAPA (1997).

3.5.1.2 Solo

O solo utilizado nos experimentos foi caracterizado através de análises química e física (Tabela 2) no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do IFPB-Campus Sousa, segundo EMBRAPA (1997).

3.5.1.3 Esterco Bovino

O esterco bovino utilizado nos experimentos foi proveniente do Setor de Bovinocultura do IFPB-Campus Sousa. Foi caracterizado através de análise físico-química (Tabela 3) no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do IFPB-Campus Sousa, segundo EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Caracterização química e física do Lodo de ETA utilizado na composição dos substratos. Sousa-PB, IFPB, 2015.

pH	N	P	K⁺	Na⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	Al⁺³	H⁺+Al⁺³	SB	CTC	V	MO	PST	Da	Dp	Pt
H₂O	g Kg⁻¹	mg dm⁻³	----- cmolcdm⁻³					-----			%	g kg⁻¹	%	-- g cm³ --	m³ m³	m³ m³
5,1	6,40	57	0,36	0,40	18,0	6,2	0,2	18,48	9,06	27,82	33	72,82	4	1,00	2,17	0,54

Tabela 2. Caracterização química e física do solo utilizado na composição dos substratos. Sousa-PB, IFPB, 2015.

pH	N	P	K⁺	Na⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	Al⁺³	H⁺+Al⁺³	SB	CTC	V	MO	PST	Da	Dp	Pt
H₂O	g Kg⁻¹	mg dm⁻³	----- cmolcdm⁻³					-----			%	g kg⁻¹	%	-- g cm³ --	m³ m³	m³ m³
6,1	1,27	641	0,81	0,04	8,6	1,0	0,0	2,15	9,75	11,89	82	16,55	<1	1,45	2,80	0,48

Tabela 3. Caracterização físico-química do esterco bovino utilizado na composição dos substratos. Sousa-PB, IFPB, 2015.

pH	N	P	K⁺	Na⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	Al⁺³	H⁺+Al⁺³	SB	CTC	V	MO	PST	Da	Dp	Pt
H₂O	g Kg⁻¹	mg dm⁻³	----- cmolcdm⁻³					-----			%	g kg⁻¹	%	-- g cm³ --	m³ m³	m³ m³
7,8	22,75	11,96	3,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Não analisado.

3.5.2 Sementes

As sementes utilizadas nos experimentos foram coletadas em 2014, nas plantas existentes no IFPB-Campus Sousa, Unidade São Gonçalo e acondicionadas em garrafas de plástico.

3.5.3 Recipiente

Foram utilizados sacos de polietileno de cor preta, nas dimensões de 15 cm de largura por 20 cm de altura (1.500 mL) com perfurações na sua parte inferior.

3.6 Delineamento experimental e tratamentos

Para cada uma das espécies (angico, aroeira e sabiá) foi instalado um experimento em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), constituído por 5 substratos (Tabela 4) e 4 repetições. Cada parcela foi composta por 7 plantas, sendo avaliadas apenas as 5 centrais, descartando as bordaduras, totalizando 100 plantas avaliadas de cada espécie.

Tabela 4. Substratos formulados e porcentagem de cada componente. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Proporção
Substrato 1 (S1)	70% SL + 30% EB + 0% LD
Substrato 2 (S2)	65% SL + 25% EB + 10% LD
Substrato 3 (S3)	60% SL + 20% EB + 20% LD
Substrato 4 (S4)	55% SL + 15% EB + 30% LD
Substrato 5 (S5)	50% SL + 10% EB + 40% LD

SL= Solo; EB= Esterco bovino; LD= Lodo de ETA



Figura 1. Área experimental e experimentos em andamento. Sousa-PB, IFPB, 2015.

A caracterização dos substratos foi realizada através de análises química e física (Tabela 5) no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do IFPB-Campus Sousa, segundo EMBRAPA (1997).

Tabela 5. Caracterização química e física dos substratos obtidos da mistura de solo, esterco bovino e lodo de ETA para produção de mudas de plantas da Caatinga. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Substratos	pH H ₂ O	N g Kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	V %	MO g kg ⁻¹	PST %	Da g cm ³	Dp	Pt m ³ m ³
				-----				cmol _c dm ⁻³	-----								
S1	7,3	2,74	1167	1,42	0,25	11,2	2,7	0,00	0,00	9,99	9,99	100	67,49	3	1,33	2,54	0,48
S2	7,0	2,98	782	1,12	0,23	14,1	2,1	0,00	0,00	13,85	13,85	100	66,98	2	1,29	2,58	0,50
S3	6,7	2,58	498	1,13	0,23	13,3	3,2	0,00	4,74	11,86	16,60	69	65,37	2	1,30	2,57	0,49
S4	6,6	2,98	315	1,19	0,26	13,2	4,6	0,00	7,55	7,44	14,99	50	63,44	4	1,27	2,52	0,50
S5	6,5	2,87	275	1,18	0,28	12,6	4,9	0,00	7,25	11,13	18,39	57	64,92	4	1,31	2,45	0,47

3.7 Instalação e condução dos experimentos

O lodo foi fragmentado e depois peneirado com peneira de malha 4 mm, enquanto para o solo e o esterco utilizou-se a de malha 6 mm. Posteriormente ocorreu o preparo dos substratos através da mistura do solo, esterco bovino e lodo, com auxílio de carrinho de mão, baldes e enxadas.

Após o preparo dos substratos, os sacos de polietileno foram preenchidos manualmente e conduzidos à área experimental, onde permaneceram uma semana sob irrigações diárias para receberem as sementes. A semeadura foi realizada no dia 26 de fevereiro de 2015, na profundidade de 1,5 cm, colocando 7 sementes por recipiente e cobrindo com uma fina camada do mesmo substrato e de casca de arroz para conservar a umidade e favorecer a germinação. Aos 27 dias após a semeadura (DAS) (25/03/2015) realizou-se o desbaste, deixando a plântula mais vigorosa e mais centralizada, cortando as demais rentes ao substrato, com auxílio de uma tesoura.

Durante a condução do experimento foram realizadas irrigações diárias (manhã e tarde) através do sistema de microaspersão, que utiliza emissores tipo bailarina instalados a 1,4 metros de altura em relação à superfície do solo. As irrigações diárias forneceram um volume de água suficiente para elevar a umidade do substrato próximo à capacidade de campo. O controle das plantas espontâneas foi realizado manualmente, assim que as mesmas surgiam e não houve necessidade de controle de pragas e doenças.



Figura 2. Lodo de ETA fragmentado (A). Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura 3. Preparo do substrato. Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura 4. Enchimento dos sacos. Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura 5. Realização da semeadura. Sousa-PB, IFPB, 2015.

3.8 Características avaliadas

As mudas foram avaliadas, quanto à emergência aos 27 DAS, as características morfológicas e os índices de qualidade, quando encerrou-se os experimentos aos noventa (90) DAS (27/05/2015).

3.8.1 Emergência – E

A emergência de cada espécie foi determinada pela diferença entre o número de sementes emergidas e o número total de sementes semeadas em cada parcela. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

$$G\% = n/49 * 100$$

(Equação 1.1)

Onde:

E%= Emergência em porcentagem;

n= Número de sementes emergidas no momento da avaliação.

3.8.2 Características morfológicas

3.8.2.1 Diâmetro do coleto – DC

O diâmetro do coleto foi medido tomando como referência a posição da muda rente ao substrato, com auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm). Os resultados foram expressos em milímetro (mm).



Figura 6. Avaliação do diâmetro do coleto de muda de sabiá. Sousa-PB, IFPB, 2015.

3.8.2.2 Altura da parte aérea – H

A altura da parte aérea foi avaliada através de medição com régua graduada em centímetros (precisão de 0,1 cm). A medição foi realizada entre o coleto da planta, logo acima da superfície do substrato e a parte mais alta de sua copa. Os resultados foram expressos em centímetros (cm).

3.8.2.3 Comprimento da raiz principal – CRP

O comprimento da raiz principal foi mensurado, com auxílio de uma régua graduada em centímetros (precisão de 0,1 cm), tomando por base o coleto da planta, abaixo da superfície do substrato até a parte mais extrema (raiz principal). Os resultados foram expressos em centímetros (cm).

3.8.2.4 Massa seca da parte aérea – MSPA

Para determinação da massa seca da parte aérea, as mudas foram cortadas na altura do coleto e em seguida, as partes aéreas foram acondicionadas em saco de papel, devidamente identificadas e transportadas para a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C do Laboratório de Análises de Solo e Água do IFPB-Campus Sousa, onde ficaram até a estabilização da massa seca. Após a massa seca estabilizar, o peso da parte aérea foi aferido em balança analítica de precisão. Os resultados foram expressos em grama por planta (g planta^{-1}).

3.8.2.5 Massa seca das raízes – MSR

Para a obtenção da massa seca das raízes, as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas e postas para secar e em seguida acondicionadas em saco de papel, devidamente identificadas e transportadas para a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C do Laboratório de Análises de Solo e Água do IFPB-Campus Sousa, onde ficaram até a estabilização da massa seca. Após a massa seca estabilizar, o peso das raízes foi aferido em balança analítica de precisão. Os resultados foram expressos em grama por planta (g planta^{-1}).

3.8.2.6 Massa seca total – MST

A massa seca total foi obtida pela soma dos valores da MSPA e MSR, cujos valores foram expressos em gramas por planta (g planta^{-1}).



Figura 7. Massas da parte aérea e das raízes acondicionadas em saco de papel na estufa. Sousa-PB, IFPB, 2015.

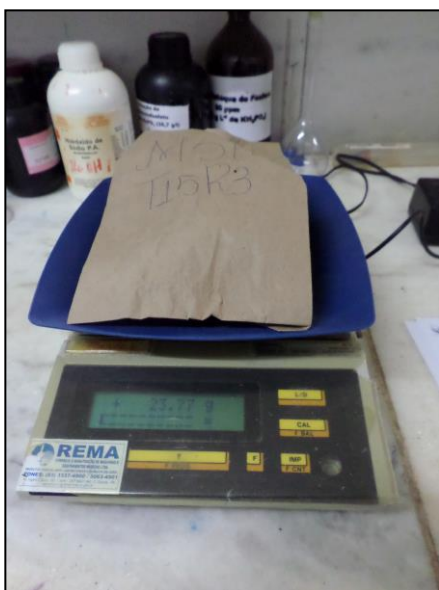


Figura 8. Massa seca das raízes pesada em balança analítica. Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura 9. Massa seca da parte aérea pesada em balança analítica. Sousa-PB, IFPB, 2015.

3.8.3 Índices de qualidade

3.8.3.1 Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto – H/DC

Foi realizada através de cálculos matemáticos, a partir da divisão do valor da H pelo valor do DC.

3.8.3.2 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes – MSPA/MSR

Foi realizada através de cálculos matemáticos, a partir da divisão do valor da MSPA pelo valor da MSR.

3.8.3.3 Índice de Qualidade de Dickson – IQD

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é uma fórmula balanceada dos diversos parâmetros morfológicos considerados importantes, pode-se citar o peso da massa seca total (PMST), altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), peso da massa seca da parte aérea (PMSPA) e o peso da massa seca das raízes (PMSR).

O índice foi calculado pela Equação 1.2:

$$IQD = PMST / (H/DC + (PMSPA/PMSR)) \quad \text{(Equação 1.2)}$$

Onde:

PMST: Peso da massa seca total (g)

H: Altura da parte aérea (cm)

DC: Diâmetro do coleto (mm)

PMSPA: Peso da massa seca de parte aérea (g)

PMSR: Peso da massa seca das raízes (g)

3.9 Análise estatística

Os dados obtidos de cada espécie foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do programa computacional ASSISTAT Versão 7.7 beta (SILVA, 1996).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Angico – *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan

4.1.1 Emergência e Diâmetro do coleto

Para os dados obtidos da emergência, observou-se que não houve diferenças significativas entre os substratos e variação de 36 a 47% (Tabela 6). A baixa germinação constatada, não está relacionada ao uso do lodo de ETA no substrato, pois ocorreu até no substrato 1 (47%), onde não utilizou-se o lodo.

Quanto ao diâmetro do coleto, houve diferença significativa entre os substratos, sendo nas mudas do substrato 3, obtido o melhor resultado (3,86 mm), deferindo estatisticamente do valor obtido quando utilizou-se o substrato sem utilização do lodo de ETA (3,27 mm), porém não diferiu dos demais resultados constatados (Tabela 6).

Esse melhor resultado foi superior 13% ao maior DC (3,36 mm), observado por Chaves, Carneiro e Barroso (2006) em mudas produzidas com substrato de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2; v/v).

Tabela 6. Emergência e diâmetro do coleto das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Emergência (%)	Diâmetro do coleto (mm)
Substrato 1	47 a	3,27 b
Substrato 2	46 a	3,41 ab
Substrato 3	36 a	3,86 a
Substrato 4	42 a	3,47 ab
Substrato 5	41 a	3,54 ab
Média	42	3,51
CV%	18,00	7,32

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.1.2 Altura da parte aérea e Comprimento da raiz principal

Diferença significativa entre os substratos foi observada na altura das mudas produzidas no substrato 3 (67,02 cm) e 5 (66,42 cm) para as do substrato 1 (51,30 cm), no entanto, não houve diferença para as demais mudas (Tabela 7). Houve reflexo da maior altura na massa seca da parte aérea e na massa seca total (Tabelas 8 e 9). Isso implica em se afirmar que o porte da muda reflete em aumento das massas seca da parte aérea e total.

Bernardino et al. (2005) em estudo com produção de mudas de angico com substratos de latossolo distrófico em diferentes saturações por bases, observaram altura que variaram de 19,80 a 47,55 cm. Resultados esses inferiores aos alcançados nesse estudo, cuja superioridade verificada quando se utilizou o substrato 3 foi de 29% para o resultado 47,55 cm.

Os resultados obtidos nesse experimento para H, independentemente do tipo de substrato avaliado foram superiores aos constatados por Chaves, Carneiro e Barroso (2006), avaliando o crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais. No referido trabalho, os autores verificaram resultados de 4,27 a 29,19 cm.

Para o comprimento da raiz principal, não observou-se diferenças significativas entre os substratos (Tabela 7). Porém, o resultado 29,96 cm, obtido nas mudas do substrato 5, composto de 50% de solo, 10% de esterco bovino e 40% de lodo de ETA foi superior 29% ao resultado 21,42 cm, constatado quando utilizou-se o substrato 1 (70% de solo, 30% de esterco bovino e 0% de lodo de ETA).

Tabela 7. Altura da parte aérea e comprimento da raiz principal das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Altura da parte aérea (cm)	Comprimento da raiz principal (cm)
Substrato 1	51,30 b	21,42 a
Substrato 2	61,50 ab	22,12 a
Substrato 3	67,02 a	26,75 a
Substrato 4	63,60 ab	26,43 a
Substrato 5	66,42 a	29,96 a
Média	61,97	25,34
CV%	9,86	20,33

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.1.3 Massa seca da parte aérea e Massa seca das raízes

Quanto ao rendimento da massa seca da parte aérea, foi observada diferença significativa entre o resultado obtido nas mudas do substrato 3 com relação as do 1 (sem lodo de ETA), porém não houve diferença estatística para os resultados observados quando utilizou-se os substratos 2, 4 e 5, assim como não houve desses para o substrato 1 (Tabela 8).

A maior MSPA ($6,28 \text{ g planta}^{-1}$) foi obtida das mudas produzidas com o substrato contendo 60% de solo, 20% de esterco bovino e 20% de lodo de ETA. A superioridade verificada quando se utilizou esse substrato foi de 37% quando comparada ao resultado observado das mudas do substrato 1 ($3,96 \text{ g planta}^{-1}$).

O resultado $6,28 \text{ g planta}^{-1}$ também foi superior ao resultado $3,26 \text{ g planta}^{-1}$, constatado por Chaves, Carneiro e Barroso (2006), em experimento com substrato constituído por bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2; v/v) e inoculação de rizóbio.

Para massa seca das raízes, apesar da diferença do maior resultado ($5,00 \text{ g planta}^{-1}$), observado nas mudas do substrato 5, para o menor ($3,59 \text{ g planta}^{-1}$), constatado ao utilizar o substrato 1, não verificou-se diferenças significativas entre os substratos (Tabela 8).

De acordo com Gomes (2001), o peso da massa seca das raízes é considerado por vários pesquisadores como um dos melhores indicadores da capacidade de sobrevivência e de crescimento inicial das mudas no campo.

Tabela 8. Massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea (g planta^{-1})	Massa seca das raízes (g planta^{-1})
Substrato 1	3,96 b	3,59 a
Substrato 2	5,10 ab	4,86 a
Substrato 3	6,28 a	4,35 a
Substrato 4	5,23 ab	4,53 a
Substrato 5	5,72 ab	5,00 a
Média	5,26	4,47
CV%	16,02	17,09

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.1.4 Massa seca total e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto

Com relação à massa seca total, observou-se que houve diferença significativa entre os substratos (Tabela 9). Os resultados 10,73 e 10,63 g planta⁻¹, constatados quando utilizou-se os substratos 5 e 3, respectivamente, foram superiores a 7,55 g planta⁻¹ das mudas do substrato 1, onde não utilizou-se lodo de ETA. No entanto, não foram superiores as demais massas, obtidas das mudas dos substratos 2 e 4, com lodo de ETA em sua composição. Utilizando o substrato 1, observou-se resultado inferior quando comparado ao uso dos substratos 2 e 4, porém, não verificou-se diferença estatística entre eles.

Os resultados obtidos quando utilizou-se os substratos 5 e 3 foram semelhantes a alguns resultados constatados por Prestes (2007), num estudo com produção de mudas de angico com substratos a base de latossolo vermelho e diferentes doses de esterco bovino. No referido trabalho, os melhores resultados foram 11,86; 11,64; 10,87 e 10,73 g planta⁻¹, respectivamente as seguintes porcentagens de esterco no substrato: 30, 20, 50 e 40%. Observa-se que o uso do lodo de ETA na composição dos substratos nesse experimento, proporcionou resultados tão bons quanto os observados por Prestes (2007), utilizando esterco bovino. Além da redução do esterco que é um adubo muito utilizado na produção orgânica, o uso do lodo na produção de mudas torna-se mais uma opção de disposição final.

Para relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, os melhores resultados foram verificados quando utilizou-se os substratos com lodo de ETA em sua composição, mas apenas 5, 4 e 2 proporcionam mudas com H/DC que diferiram estatisticamente da obtida nas mudas do substrato 1 (Tabela 9).

A superioridade verificada quando se compara o resultado obtido nas mudas do substrato 5 (18,81), foi de 16% quando comparada ao resultado observado nas do substrato 1 (15,73).

Segundo Carneiro (1995), a altura da parte aérea da muda combinada com o respectivo diâmetro do coleto constitui-se num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo.

Tabela 9. Massa seca total e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Massa seca total (g planta⁻¹)	Relação altura da parte aérea/ diâmetro do coleto
Substrato 1	7,55 b	15,73 b
Substrato 2	9,96 ab	18,09 a
Substrato 3	10,63 a	17,40 ab
Substrato 4	9,75 ab	18,34 a
Substrato 5	10,73 a	18,81 a
Média	9,72	17,67
CV%	13,20	5,88

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.1.5 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson

Não houve diferenças estatísticas para relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes em nenhum dos resultados constatados. No entanto, verificou-se superioridade de 24% quando se compara o resultado obtido das massas das mudas produzidas no substrato 3 (1,47) para as do substrato 1 (1,11) (Tabela 10).

De acordo com Brissette (1984), a melhor relação entre esses parâmetros deve ter valor 2,0. Segundo os resultados (Tabela 10), o valor que mais aproximou-se do ótimo foi encontrado nas mudas do substrato 3 (1,47).

Os maiores Índices de Qualidade de Dickson foram verificados nas mudas dos substratos com utilização do lodo de ETA (0,51 a 0,57), mas não houve diferenças significativas entre os substratos para essa variável (Tabela 10). Segundo Gomes (2001), quanto maior o Índice de Qualidade de Dickson, melhor a qualidade das mudas.

Tabela 10. Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson das mudas de angico, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Relação massa seca da parte aérea/ massa seca das raízes	Índice de qualidade de Dickson
Substrato 1	1,11 a	0,45 a
Substrato 2	1,09 a	0,53 a
Substrato 3	1,47 a	0,57 a
Substrato 4	1,19 a	0,51 a
Substrato 5	1,14 a	0,54 a
Média	1,20	0,52
CV%	22,12	14,38

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.2 Aroeira – *Myracrodruon urundeuva* Allemão

4.2.1 Emergência e Diâmetro do coleto

Nos resultados obtidos da emergência, apesar de ter sido verificada diferença de até 29% entre os substratos, não constatou-se diferenças significativas entre eles. Diante dessa informação, o viveiricultor pode escolher qualquer um desses substratos para produzir mudas de aroeira (Tabela 11).

Para resultados do diâmetro do coleto, observou-se diferenças significativas entre os substratos. Nas mudas dos substratos 3, 4 e 5, constatou-se resultados superiores significativamente ao observado nas mudas do substrato 1, sendo os resultados observados ao utilizar os substratos 4 e 5, também superiores estatisticamente ao constatado nas mudas do substrato 2 (Tabela 11).

Os resultados 5,12 e 5,11 mm, obtidos nos DC das mudas produzidas no substrato 4, composto por 55% de solo, 15% de esterco bovino e 30% de lodo de ETA e 5, composto por 50% de solo, 10% de esterco bovino e 40% de lodo de ETA, foram superiores 26% ao maior resultado (3,80 mm) constatado por Kratka (2013), em estudo com produção de mudas de aroeira em diferentes substratos. Sendo observado esse valor em mudas produzidas com solo + areia (3:1/2) + 25% de esterco bovino.

Tabela 11. Emergência e diâmetro do coleto das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Emergência (%)	Diâmetro do coleto (mm)
Substrato 1	59 a	4,25 c
Substrato 2	54 a	4,34 bc
Substrato 3	49 a	5,00 ab
Substrato 4	51 a	5,12 a
Substrato 5	42 a	5,11 a
Média	51	4,76
CV%	18,21	6,52

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.2.2 Altura da parte aérea e Comprimento da raiz principal

Para altura da parte aérea, observou-se que não houve diferenças significativas entre os substratos. Porém, nas mudas produzidas nos substratos 4, 5 e 3, respectivamente, verificou-se os maiores resultados. A superioridade verificada quando se compara a H das mudas do substrato 4 (52,00 cm), foi de 15% quando comparada à observada nas mudas do substrato 1 (44,04 cm).

Silva (2003) ao avaliar mudas de aroeira produzidas em substrato contendo solo e vermiculita, na ausência e presença do fungo *Glomus clarum* Nicol. & Schenck., em diferentes doses de fósforo, constatou na presença do fungo e 50 mg planta⁻¹ de P aos 90 dias, maior altura de 12,80 cm. Resultado esse inferior aos alcançados nesse trabalho, onde as alturas obtidas variaram de 44,04 a 52,00 cm (Tabela 12).

Com relação ao comprimento da raiz principal, os resultados variaram de 13,11 a 20,59 cm, não havendo diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 12). Sendo assim, a utilização dos substratos em diferentes formulações, com ou sem lodo de ETA, influenciaram essa variável da mesma maneira, apesar da superioridade de 36% observada no CRP das mudas do substrato 3 para as do substrato 5 (Tabela 12).

Tabela 12. Altura da parte aérea e comprimento da raiz principal das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Altura da parte aérea (cm)	Comprimento da raiz principal (cm)
Substrato 1	44,04 a	14,87 a
Substrato 2	44,10 a	15,20 a
Substrato 3	51,00 a	20,59 a
Substrato 4	52,00 a	16,34 a
Substrato 5	51,24 a	13,11 a
Média	48,48	16,02
CV%	10,16	24,51

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.2.3 Massa seca da parte aérea e Massa seca das raízes

Na massa seca da parte aérea, não constatou-se diferenças significativas entre os substratos (Tabela 13). No entanto, verificou-se diferença de 32% entre a massa das mudas do substrato 4 (6,86 g planta⁻¹) para a massa das mudas do substrato 1 (4,66 g planta⁻¹). Independentemente do tipo de substrato avaliado, esses resultados superaram 1,37 g planta⁻¹, observado por Kratka (2013) em estudo com produção de mudas de aroeira em substratos com diferentes formulações a base de solo e areia, com adição do fertilizante osmocote, esterco bovino e lodo de esgoto.

Em relação à massa seca das raízes, também não houve diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 13). Porém, notou-se superioridade de 51% do resultado constatado nas mudas produzidas no substrato 4 (2,24 g planta⁻¹) em relação ao resultado da mudas do substrato 1 (1,10 g planta⁻¹).

Nota-se na Tabela 16, que a massa seca das raízes está de acordo com a massa seca da parte aérea, ou seja, nas mudas dos mesmos substratos, observou-se menores e maiores resultados para essas variáveis, sendo no substrato 1, constatadas MSPA de 4,66 g planta⁻¹ e MSR de 1,10 g planta⁻¹ enquanto no substrato 4, MSPA de 6,86 g planta⁻¹ e MSR de 2,24 g planta⁻¹.

Tabela 13. Massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)	Massa seca das raízes (g planta ⁻¹)
Substrato 1	4,66 a	1,10 a
Substrato 2	4,80 a	1,24 a
Substrato 3	6,62 a	2,02 a
Substrato 4	6,86 a	2,24 a
Substrato 5	6,21 a	2,08 a
Média	5,83	1,74
CV%	22,03	31,90

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.2.4 Massa seca total e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto

Para massa seca total, observou-se 5,76 g planta⁻¹ nas mudas do substrato 1 e 9,10 g planta⁻¹ para mudas do substrato 4, cuja diferença entre eles foi de 37%. Apesar dessa diferença, não houve diferenças estatísticas em nenhum dos resultados constatados (Tabela 14).

Segundo Samôr (1999), a massa seca constitui um bom índice para determinar a capacidade de resistência das mudas às condições adversas após o plantio. Nesse caso, constatamos a mesma qualidade nas mudas produzidas nos diferentes substratos para essa característica, sendo assim, teriam a mesma capacidade de resistência às condições adversas após o plantio.

Constatou-se relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto semelhante em todas as mudas produzidas, sendo os resultados entre 10,06 a 10,35, não havendo diferenças significativas entre eles (Tabela 14). A relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto é conhecida como quociente da robustez e representa um dos parâmetros morfológicos mais precisos (GOMES et al., 2002). Para Carneiro (1995), este quociente deve ser intermediário, onde em casos de grande variação, preferem-se os menores valores, selecionando as mudas mais resistentes.

Tabela 14. Massa seca total e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Massa seca total (g planta ⁻¹)	Relação altura da parte aérea/ diâmetro do coleto
Substrato 1	5,76 a	10,35 a
Substrato 2	6,04 a	10,21 a
Substrato 3	8,64 a	10,21 a
Substrato 4	9,10 a	10,25 a
Substrato 5	8,30 a	10,06 a
Média	7,57	10,22
CV%	22,95	8,01

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.2.5 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson

Nos resultados observados da relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes, verificou-se que não houve diferenças significativas entre os substratos. Apesar da diferença de 35%, observada no resultado obtido das mudas do substrato I (4,74) para as do substrato V (3,10) (Tabela 15).

Em relação ao Índice de Qualidade de Dickson, também constatou-se que não houve diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 15). Os valores obtidos nas mudas produzidas em alguns substratos contendo lodo de ETA foram superiores aos observados por Kratka (2013), em pesquisa com diferentes substratos. No referido trabalho, a autora constatou valores de 0,02 a 0,52, sendo o último observado nas mudas do substrato contendo solo + areia (3:1/2) + 25% de esterco bovino. Resultado esse inferior aos alcançados para mudas dos substratos III, V e IV, onde os valores obtidos variaram de 0,63 a 0,70 (Tabela 15).

Fonseca et al. (2002) recomendam a utilização do Índice de Qualidade de Dickson para obtenção do padrão da qualidade das mudas, pois esse índice pondera os valores de vários parâmetros importantes para avaliação da qualidade e considera, em seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda.

Tabela 15. Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson das mudas de aroeira, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Relação massa seca da parte aérea/ massa seca das raízes	Índice de Qualidade de Dickson
Substrato 1	4,74 a	0,38 a
Substrato 2	4,55 a	0,43 a
Substrato 3	3,52 a	0,63 a
Substrato 4	3,13 a	0,70 a
Substrato 5	3,10 a	0,63 a
Média	3,81	0,55
CV%	28,34	25,62

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.3 Sabiá – *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

4.3.1 Emergência e Diâmetro do coleto

Para emergência, apesar da diferença de 35% entre o maior resultado (52) e o menor (34), não constatou-se diferenças significativas entre os substratos (Tabela 16). Segundo Lorenzi (2008), o índice de germinação dessa espécie geralmente é superior a 50%.

Em relação ao diâmetro do coleto, também não houve diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 16). Constatou-se resultados semelhantes, variando de 7,08 a 7,27 mm. Esses resultados foram superiores aos verificados por Lacerda et al. (2006), em pesquisa com substratos formulados à base de pó de coco e resíduo de sisal em diferentes combinações para produção de mudas de sabiá em viveiro. No referido estudo, os autores verificaram DC de 2,0 a 6,8 mm, esse último constatado no substrato argissolo vermelho-amarelo distrófico + resíduo de sisal (1:1).

Tabela 16. Emergência e diâmetro do coleto das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Emergência (%)	Diâmetro do coleto (mm)
Substrato 1	42 a	7,18 a
Substrato 2	37 a	7,27 a
Substrato 3	52 a	7,08 a
Substrato 4	34 a	7,22 a
Substrato 5	39 a	7,24 a
Média	41	7,20
CV%	19,93	7,18

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.3.2 Altura da parte aérea e Comprimento da raiz principal

Na altura da parte aérea, não verificou-se diferenças significativas entre os substratos, apesar dos valores observados nas mudas dos substratos contendo lodo de ETA na composição ter sido maiores. Marques et al. (2006) estudando essa mesma espécie em outros substratos, constataram maior H de 59,00 cm em argissolo vermelho amarelo. Resultado esse inferior aos observados nesse experimento, onde as alturas variaram de 70,44 a 78,18 cm (Tabela 17).

Quanto ao comprimento da raiz principal, constatou-se superioridade de 22% dos resultados obtidos nas mudas dos substratos 1 (34,50 cm) e 5 (34,39 cm) para o resultado verificado quando utilizou-se o substrato 4 (26,96 cm). No entanto, não houve diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 17).

Dessa forma, os substratos estudados influenciaram da mesma maneira a altura da parte aérea e o comprimento da raiz principal das mudas de sabiá.

Tabela 17. Altura da parte aérea e comprimento da raiz principal das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Altura da parte aérea (cm)	Comprimento da raiz principal (cm)
Substrato 1	70,44 a	34,50 a
Substrato 2	77,40 a	33,06 a
Substrato 3	76,74 a	30,76 a
Substrato 4	78,18 a	26,96 a
Substrato 5	78,06 a	34,39 a
Média	76,16	31,93
CV%	5,07	12,25

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.3.3 Massa seca da parte aérea e Massa seca das raízes

Não verificou-se diferenças significativas entre os substratos para massa seca da parte aérea (Tabela 18). O peso de 13,81 g planta⁻¹, verificado nas mudas do substrato IV, composto de 55% de solo, 15% de esterco bovino e 30% de lodo de ETA, comparando-o com os pesos obtidos por Gomes, Leite e Santos (2012), em pesquisa com rejeito de vermiculita na produção de mudas de sabiá, constata-se ser superior em alguns e inferior em outro. Os referidos autores constataram massas de 10,00; 6,00; 10,70 e 16,50 g vaso⁻¹, em substrato convencional, vermiculita e vermiculita + matéria orgânica (15, 30%), respectivamente.

Quanto à massa seca das raízes, estatisticamente não houve diferenças entre os substratos. Os dados observados para essa característica variaram de 3,95 a 4,27 g planta⁻¹ (Tabela 18). Marques et al. (2006) verificaram nas mudas produzidas com argissolo vermelho amarelo (4,93 g planta⁻¹), cambissolo (3,98 g planta⁻¹) e latossolo vermelho amarelo (4,12 g planta⁻¹). Nota-se, portanto, que os valores de MSR constatados nesse trabalho são inferiores a alguns e superiores a outros valores observados por Marques et al. (2006), o que implica em afirmar-se que os substratos com lodo de ETA em sua composição pode substituir alguns desses solos estudados, pois proporciona valores de MSR similares.

Tabela 18. Massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea (g planta⁻¹)	Massa seca das raízes (g planta⁻¹)
Substrato 1	11,20 a	4,15 a
Substrato 2	13,43 a	3,95 a
Substrato 3	13,19 a	4,27 a
Substrato 4	13,81 a	4,27 a
Substrato 5	13,61 a	4,13 a
Média	13,05	4,15
CV%	9,49	15,62

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.3.4 Massa seca total e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto

Com relação à massa seca total, observou-se que não houve diferenças significativas entre os substratos, apesar de ter sido constatada diferença de 15% entre a maior (18,09 g planta⁻¹) e a menor massa (15,35 g planta⁻¹), verificadas nas mudas do substrato 4 e 1, respectivamente (Tabela 19).

Para relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, também não houve diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 19). De acordo com Oliveira Júnior (2009), esse dado quando elevado pode significar que na parte aérea, a destinação da massa seca privilegiou o crescimento longitudinal em prejuízo do crescimento lateral. Se for muito baixo, pode indicar a formação de mudas com crescimento em altura lento, prejudicando o estabelecimento da muda no campo. Como não houve diferença significativa entre os valores (9,87 a 10,86) verificados nesse experimento, as mudas teriam condições semelhantes de estabelecimento no campo.

Acredita-se que a semelhança nos resultados obtidos esteja relacionada à composição química e física dos substratos, pois nos mesmos constatou-se semelhança na maioria dos parâmetros avaliados, dessa forma, a disponibilização dos nutrientes pelos substratos influenciou da mesma maneira o desenvolvimento das mudas.

Tabela 19. Massa seca total e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Massa seca total (g planta⁻¹)	Relação altura da parte aérea/ diâmetro do coleto
Substrato 1	15,35 a	9,87 a
Substrato 2	17,38 a	10,68 a
Substrato 3	17,46 a	10,86 a
Substrato 4	18,09 a	10,83 a
Substrato 5	17,74 a	10,82 a
Média	17,20	10,61
CV%	9,95	7,22

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

4.3.5 Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson

As relações massa seca da parte aérea/massa seca das raízes observadas nesse estudo foram influenciadas da mesma maneira pelos substratos. Desse modo, não verificou-se diferenças significativas nos resultados obtidos (Tabela 20). Segundo Parviainen (1981), essa relação é considerada confiável e eficiente para expressar a qualidade das mudas.

Quanto ao Índice de Qualidade de Dickson, é outro bom indicador da qualidade das mudas, por considerar a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo levados em consideração, para o seu cálculo, vários parâmetros morfológicos importantes, como altura, diâmetro do coleto e massa seca das plantas e, quanto maior o IQD, melhor a qualidade da muda (FONSECA, 2000; GOMES, 2011). Os valores verificados para essa variável foram semelhantes não sendo observadas diferenças estatísticas entre os substratos (Tabela 20).

Marques et al. (2006), verificaram efeito principal de fonte N no IQD de mudas dessa mesma espécie estudada, sendo que o melhor índice foi obtido com o sulfato de amônio (1,57), cujo valor foi de 12 e 20% maior que o encontrado para o nitrato de amônio (1,38) e nitrato de cálcio (1,26), respectivamente.

Os índices verificados nesse experimento variaram de 1,23 a 1,29, apesar da inferioridade quando comparados com alguns constatados pelos autores citados anteriormente, essa diferença pode ser recompensada quando se leva em consideração os substratos, já que os IQD's verificados nesse experimento foram obtidos de mudas produzidas com substratos sem utilização de fertilizantes químicos e por está aproveitando um resíduo sólido que pode causar danos ao meio ambiente e a saúde pública.

Ao longo dessa apresentação, observamos que em todas as variáveis analisadas não constatou-se diferenças significativas entre os substratos. Na prática, significa a possibilidade de utilizar o lodo de ETA associado ao solo e ao esterco bovino no substrato em diferentes proporções para a produção de mudas de sabiá.

Tabela 20. Relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes e Índice de Qualidade de Dickson das mudas de sabiá, em função de diferentes substratos com lodo de ETA na composição. Sousa-PB, IFPB, 2015.

Tratamentos	Relação massa seca da parte aérea/ massa seca das raízes	Índice de qualidade de Dickson
Substrato 1	2,71 a	1,23 a
Substrato 2	3,40 a	1,24 a
Substrato 3	3,16 a	1,25 a
Substrato 4	3,26 a	1,29 a
Substrato 5	3,32 a	1,26 a
Média	3,17	1,25
CV%	12,35	14,09

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

5. CONCLUSÕES

- Os substratos 2, 3, 4 e 5 são recomendados para produção de mudas de angico;
- Os substratos 3, 4 e 5 são recomendados para produção de mudas de aroeira;
- Todos os substratos estudados são recomendados para produção de mudas de sabiá;
- Para todas as espécies estudadas pode-se utilizar o substrato 5, composto de 50% de solo, 10% de esterco bovino e 40% de lodo de ETA;
- O lodo da Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB pode compor 40% do substrato para produção de mudas de angico, aroeira e sabiá.
- O lodo da Estação de Tratamento de Água de Sousa-PB pode ser utilizado na composição de substrato para produção de mudas de angico, aroeira e sabiá.

6. REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004. **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

ALVES, A. S.; OLIVEIRA, L. S. B.; ANDRADE, L. A; GONÇALVES, G. S.; SILVA, J. M. Produção de mudas de angico em diferentes tamanhos de recipientes e composições de substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n.2, p.39-44, 2012.

ARAÚJO, I. E. L. **Avaliação do crescimento de plantas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) sob diferentes níveis de adubação orgânica**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos – PB, 2011.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.491-499, 2009.

BDPN. Banco de dados de plantas do Nordeste. **Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan)**. 2014a. Disponível em: <<http://www.cnip.org.br/PFNMs/angico.html>>. Acesso em: 14 out. 2014.

BDPN. Banco de dados de plantas do Nordeste. **Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão)**. 2014b. Disponível em: <<http://www.cnip.org.br/PFNMs/aroeira.html>>. Acesso em: 14 out. 2014.

BDPN. Banco de dados de plantas do Nordeste. **Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*)**. 2014c. Disponível em: <<http://www.cnip.org.br/PFNMs/sabia.html>>. Acesso em: 14 out. 2014.

BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.863-870, 2005.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 14 out. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 14 out. 2014.

BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1984. p.127-128.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; MARIN, L. M. K. S.; SIMÃO, C. C. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.17, n.3, p.315-324, 2012.

BOTERO, W. G.; SANTOS, A.; OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, J. C. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. **Química nova**, São Paulo, v.32, n.8, p.2018-2022, 2009.

BERTONI, J. E. A.; DICKFELDT, E. P. Plantio de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira) em área alterada de floresta: desenvolvimento das mudas e restauração florestal. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.1, p.31-38, 2007.

CASTELETI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, L. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora da UFPE, 2003, p.719-734.

CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.93, p.015-022, 2012.

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

CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Crescimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (angico -vermelho) em substrato fertilizado e inoculado com rizóbio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.911-919, 2006.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS, 1)

FAVALESSA, M. **Substratos renováveis e não renováveis na produção de mudas de *Acacia mangium***. 2010. 60f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 2007. **Anais...** Florianópolis, p.2629-2636, 2007.

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. 1996. 90f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. Recuperação de Matas de Galeria. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, n.21, dez, 2000.

FERREIRA, C. D. **Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em área de caatinga preservada**. 2011. 43f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB, 2011.

FREITAS, J. G.; FILHO, S. S. F.; PIVELI, R. P. Viabilidade técnica e econômica da regeneração de coagulantes a partir de lodos de estações de tratamento de água. **Revista de engenharia sanitária e ambiental**. v.10, n.2, p.137-145, 2005.

FIGUEIREDO NETO, A. **Utilização de lodo de estação de tratamento de água na produção de mudas de árvores com ocorrência no Cerrado**. 2011. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FIGUEIREDO NETO, A.; SCALIZE, P. S.; ALBUQUERQUE, A. Use of sludge treatment plant water in the production of tree seedlings with occurrence in the cerrado biome. **4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation**, September 10-13, 2012 – Porto, Portugal.

FONSECA, E. P., VALÉRI, S. V., MIGLIORANZA, E., FONSECA, N. A. N., COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000. 113f.

GOMES, A. D. V.; LEITE, M. J. H.; SANTOS, R. V. Rejeito de vermiculita comparado ao método convencional de viveiros florestais na produção de mudas de sabiá (*Mimosa Caesalpinifolia* Benth). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n.2, p.236-241, 2012.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001.166f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 599-609, 2010.

GUERRA, R. C.; ANGELIS, D. F. D. Classificação e biodegradação de lodo de estações de tratamento de água para descarte em aterro sanitário. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.1, p.87-91, 2005.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; JOUKOSKI, A.; BARON, O.; FRANCK, R.; SALES, A.; ANDREOLI, C. V.; PAULON, V. A. Co-disposição de lodo centrifugado de estação de tratamento de água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental. **Cerâmica**, São Paulo, v.51, n.318, p.85-95, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>> Acesso: 02 out. 2014.

JANUÁRIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da região metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p.117-126, 2007.

KRATKA, P. C. **Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos**. 2013. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, 2013.

LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A., RODRIGUES, J. J. V. BARRETO, L. P. R. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.163-170, 2006.

LIMA, J. R.; MARCATO, C.; SOUZA, E. F. F.; BRONZATTO, L. A.; NASCIMENTO, M. P. R.; SANTANA, M. O.; QUADROS, R. M. B.; TRAJANO, V. A. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos de seca: PAN Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. 242p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. v.1, 5 ed., Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 2008.

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.

MARQUES, V. B. **Efeito de fontes doses de nitrogênio sobre crescimento de mudas de angico vermelho (*Myracrodruon urundeuva* (Benth.) Brenan), jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.)**. 2004. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, n.71, p.77-85, 2006.

MEGDA, C. R.; SOARES, L. V.; ACHON, C. L. Propostas de aproveitamento de lodos gerados em ETAs, in: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: 2005, CD-ROM.

MOREIRA, R. C. A.; GUIMARÃES, E. M.; BOAVENTURA, G. R.; MOMESSO, A. M.; LIMA, G. L. Estudo geoquímico da disposição de lodo de estação de tratamento de água em área degradada. **Química nova**, São Paulo, v.32, n.8, p.2085-2093, 2009.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção**. Instrução Normativa de setembro de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/arquivos/83_19092008034949.pdf>. Acesso em: 03 out. 2014.

NASCIMENTO, B. L. M.; OLIVEIRA, J. D.; ARAÚJO, S. S.; SILVA, G. S.; BRÁZ, R. S. Estudo preliminar dos teores de metais potencialmente tóxicos em solo após disposição de lodo in natura da estação de tratamento de água. **Scientia Plena**, Aracaju, v.9, n.12, p.1-10, 2013.

NÓBREGA, R. S. A.; PAULA, A. M.; VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.3, p 597-607, 2008.

NOGUEIRA, N. W.; RIBEIRO, M. C. C.; FREITAS, R. M. O.; MATUOKA, M. Y.; SOUSA, V. F. L. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em função de diferentes substratos. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.6, n.1, p.17-24, 2012.

OLIVEIRA, J. S.; NUNES, H. B.; SOARES NETO, J. P.; REIS, T. C. Desenvolvimento inicial da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com uso de substratos agroindustriais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.12, n.2, p. 9-13, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. de. **Qualidade de mudas de Eucalyptus urophylla produzidas em diferentes substratos**. 2009. 68f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Vitória da Conquista-BA, 2009.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p.59-90.

PARK, S.; OHASHI, M.; KUROSAWA, K.; KIM, Y.; YAHATA, H. Evaluation of the physical properties of water treatment residue for use as a soil substitute compared with decomposed granite soil. **Soil Science and Plant Nutrition**, London, v.56, n.3, p.361-365, 2010a. Doi: 10.1111/j.1747-0765.2010.00468.x

PARK, S.; YAHATA, H.; CHIKUSHI, J.; OH, T. Possibility of reusing water treatment residue as a growing medium of turfgrass in view of physical properties. **Environmental Control in Biology**, v.48, n.1, p.9-16, 2010b.

PARK, S.; YAHATA, H.; KUROSAWA, K.; SHIN, H. Physical and chemical properties of water treatment residue and the characteristics of red pepper growth by using it. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v.55, n.1, p.117-122, 2010c.

PEREIRA, S. L. M. **Características físicas, químicas e microbiológicas do lodo das lagoas da ETA Gramame**. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PRESTES, M. T. **Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do angico**. 2007. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

PINTO, J. R. S.; SILVA, M. L.; NOGUEIRA, D. T. S.; DOMBROSKI, J. L. D.; SILVA, A. N. Diferentes tipos de substratos no desenvolvimento inicial de *Mimosa caesalpinifolia* BENTH. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.3, p.180-185, 2011.

PRIMO, D. C.; FADIGAS, F. S.; PEREIRA, R. C.; SANTOS, L. G. Uso de composto orgânico da cultura do fumo (*Nicotiana tabacum* L.) na composição de substrato para produção de mudas arbóreas. **Scientia Plena**, v.9, n.6, p.1-9, 2013.

REALI, M. A. P (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, p.240, 1999.

REIS, E. L. T.; COTRIM, M. E. B.; RODRIGUES, C.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME FILHO, O.; ROCHA, S. M.; CUTOLO, S. A. Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de água. **Química nova**, São Paulo, v.30, n.4, p.865-872, 2007.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001, 102f.

RONDON NETO, R. M.; RAMOS, C. B. Avaliação das características físicas de substratos formulados com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais em tubetes. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.117-122, 2010.

SARZI, I. **Produção de mudas de ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha* Standl.) em função de substratos e de soluções de fertirrigação**. 2006. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2006.

SAMÔR, O. J. M. **Comportamento de mudas de *Sesbania virgata* e *Anadenanthera macrocarpa*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, destinadas à recuperação de áreas degradadas pela extração de argila**. 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades físicas e químicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

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

SILVA, J. M. L. **Crescimento de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Aroeira) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Angico-vermelho) submetidas a fertilização fosfatada e inoculação com fungo micorrízico arbuscular**. 2013. 75f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, F. de A. S. e. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, Cancun, 1996. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição de serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 150f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

TARTARI, R.; DÍAZ-MORA, N.; MÓDENES, A. N.; PIANARO, S. A. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha. Parte I: Caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. **Cerâmica**, São Paulo, v.57, p.288-293, 2011.

TEIXEIRA, S. T.; MELO, W. J.; SILVA, E. T. Aplicação de lodo da estação de tratamento de água em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.91-94, 2005.

TEIXEIRA, S. T.; MELO, W. J.; SILVA, E. T. Plant nutrients in a degraded soil treated with water treatment sludge and cultivated with grasses and leguminous plants. **Soil Biology & Biochemistry**, v.39, p.1348–1354, 2007. Doi:10.1016/j.soilbio.2006.12.011

TITSHALL, L. W.; HUGHES, J. C. Characterisation of some South African water treatment residues and implications for land application. **Water S. A.**, v.31, n.3 p.299-307, 2005.

TITSHALL, L. W.; HUGHES, J. C. The effects of a water treatment residue on grain yield and nutrient content in seeds of common dry beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Ghadra) grown in a dystrophic soil. **South African Journal of Plant and Soil**, v.26, n.2, p.64-72, 2009. Doi: 10.1080/02571862.2009.10639936

ULIANA, M. B.; FEY, RUBENS; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em função de substratos alternativos e da frequência de fertirrigação. **Revista Floresta**, Curitiba, v.44, n.2, p.303-312, abr./jun. 2014.

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

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DOMINGOS, D. M. Substratos para produção de mudas de erva-mate em tubetes plásticos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.52, p.21-36, 2006.

WOLFF, E.; SCHWABE, W. K.; CONCEIÇÃO, S. V. Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics. **Journal of Cleaner Production**, p.1-8, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.018>

7. APÊNDICES



Figura A. Muda de sabiá, aroeira e angico produzidas com o substrato 5. Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura B. Muda de angico produzida com o substrato 5. Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura C. Muda de aroeira produzida com o substrato 5. Sousa-PB, IFPB, 2015.



Figura D. Muda de sabiá produzida com o substrato 5. Sousa-PB, IFPB, 2015.