



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

RAIMUNDO FERNANDES DE BRITO

**USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ES-
PÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

MOSSORÓ-RN
AGOSTO DE 2016

RAIMUNDO FERNANDES DE BRITO

USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impacto ambiental pelo uso do solo

Orientador: Miguel Ferreira Neto, Prof. Dr.

MOSSORÓ
2016

@ Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n ° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n ° 9,610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B862u Brito, Raimundo Fernandes de.
Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais em diferentes substratos / Raimundo Fernandes de Brito. - 2016.
131 f.: il.

Orientador: Miguel Ferreira neto.

Coorientador: Nildo da Silva Dias.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2016.

1. Espécies Florestais. 2. Reuso de Água. 3. Produção de Mudas. I. Ferreira neto, Miguel, orient. II. da Silva Dias, Nildo, co-orient. III. Título.

USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impacto ambiental pelo uso do solo

Orientador: Miguel Ferreira Neto, Prof. Dr.

Defendida em: 26/08/2016.

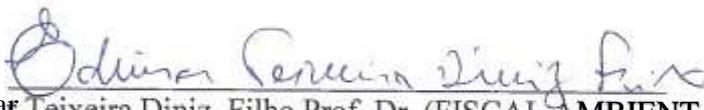
BANCA EXAMINADORA



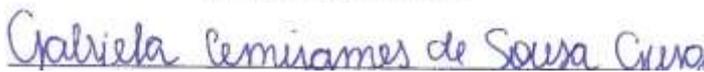
Miguel Ferreira Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Elton Camelo Marques Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Edimar Teixeira Diniz, Filho Prof. Dr. (FISCAL AMBIENTAL)
Membro Examinador



Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel, Prof. ^a Dra
Membro Examinador



Alan Cauê de Holanda, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico esta tese a minha mãe Raimunda Fernandes de Brito ao meu pai Ambrósio (*in memoriam*),

A todos meus familiares, aos meus filhos Tiago Ambrósio, João Gabriel e, especialmente as minhas irmãs, Graças, Jane e Vânia, Maria e Socorro pelo amor e incentivo a mim sempre dados. E a Elba minha esposa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar o meu caminho em mais uma vitória e as forças recebidas que são capazes de mudar o nosso destino.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de água e Solo pela oportunidade de realização do curso.

Ao Prof. Miguel Ferreira Neto, pelos ensinamentos, pelo apoio, pela paciência, sobretudo a amizade e ao respeito à minha pessoa.

Ao Prof. Nildo da Silva Dias pela compreensão nos meus momentos de angústias e contribuição para a realização deste trabalho.

A todo(a)s os Professor(a)es do Programa de Pós Graduação Manejo Solo e Água. E a todos todo(a)s os funcionários dos LASAP.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A minha família, indispensável nesta minha caminhada, e especialmente a minha mãe a minha fortaleza e fonte de sabedoria.

A minha esposa Elba Fonseca, ao meu filho Tiago Ambrósio por me apoiarem nessa jornada.

Aos meus colegas de doutorado, pelos momentos de entusiasmo partilhados em conjunto.

Ao meu amigo Raniere Barbosa de Lira, um irmão que a vida me deu a oportunidade de escolher.

Aos meus amigos, em especial, João Paulo Nunes, Yuri Lima, Vianney Reinaldo, Marcírio e Wilson, Silvio Roberto pelo apoio.

RESUMO

BRITO, Raimundo Fernandes de. **USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES SUBSTRATOS**. 2016. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Manejo de Solos e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN 2016.

Na região semiárida do Nordeste do Brasil, onde a água é um fator limitado e escasso, faz-se necessário o uso de águas residuárias tratadas, as quais, por conterem elevado teor de matéria orgânica e nutrientes, tornam-se uma alternativa promissora de uso na agricultura. Sua utilização no cultivo de espécies florestais da caatinga poderá representar alternativa promissora na produção de mudas. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento de mudas de aroeira e caraíba, crescidas em dois substratos de cultivo (Esterco + solo e Fibra de coco + solo) irrigadas com esgoto doméstico tratado e diluídos em água de abastecimento em diferentes proporções (100, 75, 50 e 25%) e apenas com água de poço (testemunha). Para cada espécie de planta, foi conduzido experimento em delineamento inteiramente casualizado com fatorial 2 x 5 (2 substratos de cultivo e cinco águas) com parcela subdividida no tempo, com seis repetições. A água residuária foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto do Assentamento Milagres – Apodi RN. O estudo foi desenvolvido no viveiro de produção de mudas do Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA. As avaliações foram feitas aos 30; 60; 90; 120 e 150 para espécie aroeira e aos 30; 60; 90 e 120 dias para caraíba, após o transplantio. Foram avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro do colo (DC), altura de parte aérea (HPA), relação entre altura e o diâmetro (H/D), relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz, matérias secas do sistema radicular (MSR), da parte aérea (MSA), total (MST) e índice de Dickson (IQD). Os resultados indicaram que a irrigação com água esgoto doméstico tratado pode ser utilizada na produção de mudas de espécies florestais, as mudas de aroeira irrigadas com água 100% de esgoto doméstico apresentaram médias superior para as variáveis altura da planta, diâmetro do colo, Índice de qualidade, matéria seca da raiz, matéria seca total, relação altura da parte aérea/raiz. A caraíba apresentou maior média de altura de planta quando irrigada com água 100% esgoto doméstico no substrato solo + esterco bovino; para variável diâmetro colo não houve diferença das águas de irrigação; para as variáveis IQD, MSPA, MSR, MST, RAP/DC, as mudas irrigadas com água 75%ED apresentaram melhores médias para os parâmetros avaliados quando cultivadas com a mistura solo + esterco bovino. Água 100% residuária proporcionou melhores resultados para as variáveis matéria seca da parte aérea e a relação altura da planta diâmetro e o índice morfológico das mudas em todas as espécies estudadas. Entre os substratos testados os melhores resultados para produção de mudas de aroeira e caraíba foi quando cultivadas na mistura esterco bovino + solo. Ao final dos 150 dias, as mudas de aroeira obtiveram melhores resultados para todas as variáveis quando irrigadas com água 100%ED. As mudas de caraíba, por sua vez, obtiveram melhores resultados aos 120 dias quando irrigadas com a água 75%ED e 100%ED. Com o estudo concluiu-se que a aplicação de água de esgoto doméstico tratado não foi suficiente para suprir da fertilidade dos substratos, contudo a água 75%ED e 100%ED proporcionaram

maior incremento N, P, K, Na aos substratos e, observou-se também o aumento do pH e da condutividade elétrica independente da água de irrigação. Em relação à análise foliar, verificou-se que os maiores teores de N, P, K, foi observado em mudas irrigadas com maior proporção do efluente de esgoto tratado, mesmo assim apresentaram concentrações abaixo da faixa adequada para produção de mudas. Com exceção da concentração de N e K que foram consideradas dentro da faixa mínima adequada.

Palavras-chaves: Espécies Florestais, Reuso de Água, Produção de Mudas.

ABSTRACT

BRITO, Raimundo Fernandes de. **WASTE WATER USE OF THE SPECIES SEEDLINGS PRODUCTION FOREST**. 2016. 131 f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Soil and Water Management) – Universidad Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN 2016.

In the semiarid region of Northeast Brazil, where water is a limited and scarce factor, it is necessary to use wastewater treated, what, because containing high values of nutrients and organic material, constitute a secure and promising alternative in agriculture. Its use in the cultivation of forest caatinga species may represent a promising alternative for the production of seedlings. In this sense, this study aimed to assess the growth *Myracrodruon urundeuva* seedlings and *Tabebuia aurea* grown in two cultivation substrates (manure + soil and coconut fiber + soil) irrigated with treated domestic wastewater and diluted in water supply in different proportions (100 75, 50 and 25%) with only well water (control). For each species of plants, we conducted an experiment in completely randomized design with factorial 2 x 5 (2 cultivation substrates and five water) with split plot in time with six repetitions. The wastewater came from the Sewage Treatment Plant Milagre - Apodi RN. The study was developed in seedling production nursery of Environmental Sciences Department of UFERSA. Evaluations were made to 30; 60; 90 and 150 days, for both specie, after transplanting, assessing the following parameters: stem diameter, shoot height, the relationship between height and diameter, relation between dry matter root and weight of aerial part, root dry mass, aerial parts dry mass, total dry mass and Dickson Index. The Caribbean had the highest plant height average when irrigated with water 100% domestic sewage in the substrate soil + cattle manure; for the variable stem diameter, there was no difference from irrigation water; for the variables Dickson Quality Index, aerial parts dry mass, root dry mass, total dry mass, relation between plant height / stem diameter, the seedlings irrigated with 75% domestic sewage had the best averages when cultivated with the mixture soil + cattle manure. The results indicated that irrigation wastewater improved growth and morphological index of seedlings in all species. Wastewater not mixed with anything made possible best results for the variables aerial parts dry mass and relation between plant height/diameter and morphological index of seedlings in all specie analyzed. Mastic and Caribbean seedlings had a better development when cultivated in substrate cattle manure + irrigated soil. After 150 dasys, aroeira seedling achieved better results for all the variables when irrigated with water 100% DS. The Caribbe-

an seedlings, on the other hand, achieved better results at 120 days when irrigated with water 75% and 100% DS. We may observe that the use of water from domestic sewage treated was not enough to guarantee fertility of substratum. However, water 75%DS and 100%DS allowed the increase of pH and electrical conductivity, regardless of irrigation water. With respect to the foliar analysis, we observed the highest values of N, P, K were seen in seedlings irrigated with higher proportion of treated sewage effluent, showing, nevertheless, concentrations below the adequate average for seedling production, with the exception of N and K, considered included in appropriate minimum average.

Keywords: Forest Species, Water Reuse, Seedling Production.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró-RN. 2016..... 39
- Figura 2 – Detalhe das sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). Mossoró-RN. 2016..... 41
- Figura 3 – Detalhe das sementes de caraíba (*Tabebuia áurea*). Mossoró-RN. 2016..... 41
- Figura 4 – Detalhe dos substratos utilizados para mistura. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016..... 42
- Figura 5 – Detalhe do preparo das bandejas para o semeio. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016..... 44
- Figura 6 – Detalhe do transplântio das mudas para os sacos. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016..... 44
- Figura 7 – Detalhe da irrigação dos tratamentos. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016..... 45
- Figura 8 – Avaliações de medições. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016..... 46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Descrição dos tratamentos aplicados no experimento de produção de mudas aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e caraíba (*Tabebuia áurea* Benth.). Mossoró-RN. 2016..... 40
- Tabela 2 – Média da umidade e temperatura interna e externa à estufa nos dois turnos de rega. Mossoró-RN. 2016..... 40
- Tabela 3 – Atributos Químicos dos substratos de cultivo. Mossoró-RN. 2016..... 43
- Tabela 4 – Caracterização Físico-Química do esgoto doméstico primário e da água do poço artesiano. UFERSA. Mossoró-RN. 2016..... 43
- Tabela 5 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016..... 48
- Tabela 6 – Resumo das análises de variância dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato, durante quatro meses. Mossoró-RN. 2016..... 49
- Tabela 7 – Médias da matéria seca da parte aérea e da relação altura da planta e diâmetro do colo de aroeira, irrigadas com diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016..... 52
- Tabela 8 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de Aroeira, avaliadas em duas águas (esgoto doméstico tratado em diferentes diluições e água de abastecimento), em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016..... 54
- Tabela 9 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de aroeira, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016..... 56
- Tabela 10 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016..... 58

Tabela 11 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	60
Tabela 12 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	61
Tabela 13 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	62
Tabela 14 – Resumo das análises de variância dos dados de pH, Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do substrato, cultivado com mudas de aroeira com irrigadas em diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.....	64
Tabela 15 – Valores de médias de pH e CE de substratos cultivados com mudas de aroeira e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.....	63
Tabela 16 – Valores de médias de matéria orgânica e nitrogênio de substratos cultivados com mudas de aroeira e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.....	66
Tabela 17 – Valores de médias de fósforo e potássio de substratos cultivados com mudas de aroeira e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.....	68
Tabela 18 – Valores de médias de sódio e cálcio de substratos cultivados com mudas de aroeira irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.....	70
Tabela 19 – Resumo das análises de variância dos dados Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), do tecido foliar de mudas de aroeira irrigadas em diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.....	71
Tabela 20 – Valores de médias nitrogênio e fósforo do tecido foliar de mudas de aroeira cultivados em dois substratos e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.....	71
Tabela 21 – Valores de médias potássio e cálcio do tecido foliar de mudas de aroeira cultivados em dois substratos e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.....	74

Tabela 22 – Resumo das análises de variância dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), comprimento de raiz (CR), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato, durante quatro meses. Mossoró-RN. 2016.....	78
Tabela 23 – Médias dos dados de comprimento de raiz de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.....	77
Tabela 24 – Médias da altura de plantas e diâmetro do colo em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.....	79
Tabela 25 – Médias do Índice de Qualidade de Dickson e da matéria seca da parte aérea e caraíba em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.....	81
Tabela 26 – Médias da matéria seca total e número de folhas de caraíba em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.....	84
Tabela 27 – Médias da caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.....	86
Tabela 28 – Médias da caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.....	87
Tabela 29 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de caraíba, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	89
Tabela 30 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	91
Tabela 31 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes diluições com águas residuárias, em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	92
Tabela 32 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	94

Tabela 33 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de Caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	96
Tabela 34 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.....	97
Tabela 35 – Resumo das análises de variância dos dados de pH, Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do substrato, cultivado com mudas de caraíba com irrigadas em diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.....	99
Tabela 36 – Médias dos teores de pH, condutividade elétrica (CE), da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.....	100
Tabela 37 – Médias dos teores de matéria orgânica e nitrogênio, da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.....	102
Tabela 38 – Médias dos teores fósforo e potássio, da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.....	103
Tabela 39 – Médias dos teores sódio e cálcio, da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.....	105
Tabela 40 – Resumo das análises de variância dos dados Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), do tecido foliar de mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.....	106
Tabela 41 – Médias dos teores foliar de nitrogênio e fósforo de mudas de caraíba cultivada em dois substratos e irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.....	106
Tabela 42 – Médias dos teores foliar de potássio e fósforo de mudas de caraíba cultivada em dois substratos e irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA - água de abastecimento

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA - American Public health association

CE - Condutividade Elétrica

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais

CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Controle de Poluição

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTC – capacidade de troca de cátions

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo

CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DC - Diâmetro do colo

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ED - Esgoto doméstico

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FC - Fibra de coco

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

H - Altura

HPA - Altura de parte aérea

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

IQD - índice qualidade de Dickson

LASAP - Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta

MSPA - matéria seca de raiz

MMA - Ministério do meio ambiente

MSR - matérias secas do sistema radicular

MSR - matéria seca da raiz

MO - Matéria orgânica

PNUD - Programa nacional de desenvolvimento humano das nações unidas

PMSR - Peso de matéria seca total

PMST - Peso de matéria seca total

PMSPA - Peso de matéria seca das raízes

pH - Potencial Hidrogeniônico

RPPAR - Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes

RHPMSPA - Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto

SEB - Substrato de esterco bovino

SFC - Substrato de Fibra de coco

SS - Sólidos suspenso

ST - Sólidos totais

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 HIPÓTESE	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 ESCASSEZ HÍDRICA	21
3.2 GESTÃO DE ÁGUAS NO BRASIL	22
3.3 ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	23
3.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO E TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS ...	24
3.5 TRATAMENTO DO DECANTO DISGESTOR.....	28
3.6 IMPORTÂNCIA DO REUSO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS	29
3.7 ASPECTOS LEGAIS DO REUSO	30
3.8 IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS	32
3.9 SUBSTRATOS DE CULTIVO.....	34
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	39
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	39
4.3 OBTENÇÃO DAS SEMENTES E PLANTIO	41
4.4 CARACTERÍSTICAS DOS SUBSTRATOS DE CULTIVO	42
4.5 ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO	43
4.6 PLANTIO	44
4.7 IRRIGAÇÃO	45
4.8 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO DAS MUDAS.....	45
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS MUDAS DE AROEIRA.....	48
5.2 ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS CULTIVADOS COM MUDAS DE ARO- EIRA.....	63
5.2.1 pH e Condutividade Elétrica (CE)	63
5.2.2 Nitrogênio (N) e Matéria Orgânica (MO)	66
5.2.3 Fósforo (P) e Potássio (K)	68
5.2.4 Sódio (Na) e Cálcio (Ca)	70

5.3 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS MUDAS DE AROEIRA	71
5.3.1 Nitrogênio (N) e Fósforo (P)	71
5.3.2 Potássio (K) e Cálcio (Ca)	74
5.4 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS MUDAS DE CARAÍBA.....	76
5.5 ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS CULTIVADOS COM MUDAS DE CARAÍBA	99
5.5.1 pH e Condutividade Elétrica (CE)	100
5.5.2 Matéria Orgânica (MO) e Nitrogênio (N)	101
5.5.3 Fósforo e Potássio (K).....	103
5.5.4 Sódio (Na) e Cálcio (Ca).....	105
5.6 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS MUDAS DE CARAÍBA.....	106
5.6.1 Nitrogênio (N) e Fósforo (P)	106
5.6.2 Potássio (K) e Cálcio (Ca)	108
6 CONCLUSÕES.....	111
REFERÊNCIAS.....	112

1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais não são ilimitados e seu uso em excesso pode levá-los à exaustão, gerando grandes problemas no planeta devido à sua escassez.

A partir da primeira conferência mundial em Estocolmo sobre o meio ambiente, em 1972, os problemas ambientais passaram a receber interesse global, ficando cada país com o compromisso de intensificar a elaboração de políticas ambientais, que promovessem o desenvolvimento econômico, observando a integridade ambiental e o bem-estar social do presente e do futuro.

Ainda que haja avanços significativos na sociedade e no poder público com legislações e órgãos de fiscalização, na tentativa de disciplinar as condutas ambientais, o modelo de desenvolvimento econômico atual tem provocado profundas mudanças nos ecossistemas, frutos da utilização irracional dos recursos naturais e da disposição de resíduos *in natura* no meio ambiente, causando graves problemas ambientais e sociais.

Essa sobrecarga exercida sobre os sistemas naturais está comprometendo a capacidade de renovação do planeta, com a água merecendo destaque, devido ao problema de escassez e contaminação. Uso indiscriminado da água compromete o abastecimento para as necessidades básicas. Aliado ao uso está o crescimento populacional, que se dá de forma exponencial, especialmente nos países em desenvolvimento. Para Ribeiro et al. (2008), a agricultura é atividade que gera a maior demanda de água no mundo, estima-se em 70%; as áreas irrigadas correspondem a 40% da produção; e as áreas cultivadas, 20%.

Segundo Gleissman (2001), para essa atividade, em muitos lugares, a água está sendo bombeada de aquíferos subterrâneos mais rapidamente do que estes podem ser recarregados pela chuva, ocasionando verdadeiro colapso. Na região do semiárido brasileiro, onde essa realidade é mais drástica quanto à exploração desse recurso, o subsolo é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação de mananciais perenes e a portabilidade da água, normalmente salinizada. Esta realidade acomete de forma mais específica a população rural de baixa renda.

Nessa perspectiva, é necessário esforço na otimização do uso da água e a busca por fontes alternativas desse recurso, principalmente em regiões de clima árido e semiárido, por serem áreas afetadas pela pequena disponibilidade de água. Dessa forma, o emprego das águas de origem doméstica tratadas na agricultura constitui uma das alternativas merecedoras de investigações, pois pouparia água potável para fins mais nobres. Ela contém nutrientes, como fósforo e nitrogênio, que são importantes para o desenvolvimento das plantas, a forma-

ção de húmus, a redução da poluição ambiental e a erradicação das doenças associadas à falta de saneamento.

No entanto, para o reuso de esgoto tratado na agricultura, deve-se tomar cuidados especiais, principalmente quando há contatos com pessoas, pois seu uso inadequado pode ocasionar várias doenças.

O reuso da água na agricultura já acontece em vários países (Estados Unidos, Alemanha, Israel, Austrália), de forma regulamentada. Na América Latina, o Chile apresenta também exemplo significativo de reuso. No Brasil, porém, ainda não há legislação específica para utilização de efluentes tratados em cultivos agrícolas, porém existem muitos estudos que comprovam a eficiência da irrigação com esgotos domésticos na agricultura.

Outra alternativa promissora é a utilização da água de esgoto doméstico tratado na produção mudas de espécies florestais, que possui expressiva demanda por mudas, decorrente do aumento significativo de áreas a serem reflorestadas.

Considerando o crescimento da demanda por produtos e serviços voltados à recuperação de áreas degradadas e ou perturbadas, especialmente produção de mudas de espécies florestais nativas, há necessidade de investir em pesquisas que aperfeiçoem a produção de mudas a baixo custo e alta qualidade e que sejam capazes de atender aos objetivos dos plantios de recuperação de áreas degradadas.

Este trabalho objetivou analisar os efeitos da aplicação da água esgoto doméstico, no cultivo produção de mudas de espécies florestais, e avaliar os parâmetros morfológicos das mudas de aroeira (*Myracrodruon Urundeuva* Allemão) e caraíba (*Tabebuia aurea* Benth), em dois substratos de cultivo.

2 HIPÓTESE

As plantas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e Caraíba (*Tabebuia Aurea* Benth), por se tratarem de espécies exigentes do ponto de vista nutricional, apresentam bom crescimento inicial quando irrigadas com água de esgoto doméstico tratado e cultivadas em composto orgânico, esterco bovino e fibra de coco, devido à alta concentração de fontes nutritivas.

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos da aplicação de esgoto doméstico tratado na produção de mudas na de aroeira e caraíba em dois substratos de cultivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os parâmetros morfológicos de qualidade de mudas de aroeira e caraíba;

Determinar os teores foliares médios de alguns macronutrientes das mudas de aroeira e caraíba;

Analisar as propriedades químicas dos substratos ao final cultivo com mudas de aroeira e caraíba;

3 REVISÃO LITERÁRIA

3.1 ESCASSEZ HÍDRICA

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência do homem e demais seres vivos. É uma substância fundamental à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas da natureza, contribuindo para o desenvolvimento econômico BRASIL (2012).

Ter aproximadamente 14% das águas doces do Planeta não significa que o Brasil não apresente problemas com a escassez. Em virtude da grande variabilidade de climas, não há distribuição uniforme dos recursos hídricos, além de sérios problemas de diagnóstico, avaliação estratégica e gestão de seus recursos hídricos Tucci & Hespanhol (2003). Os estados do Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia e Roraima e uma parcela do Para e Mato Grosso concentram mais de 80% da disponibilidade de água, correspondendo a apenas 45% do território nacional BRASIL (2010). Em situação oposta, as maiores densidades populacionais encontram-se nos outros 55% do território nacional, que concentram apenas 20% dos recursos hídricos BRASIL (2010).

As principais fontes de suprimento de água de uma população são: águas superficiais, encontradas nos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica, e águas subterrâneas, reservatórios subterrâneos chamados “aquíferos”, considerada a maior reserva de água doce do planeta BRASIL (2012).

A demanda total de água aumentou seis vezes, ao passo que a população cresceu somente três vezes Tucci & Hespanhol (2003). O aumento acelerado da demanda de recursos hídricos cria, inicialmente, o problema da escassez quantitativa do recurso, sendo que, concomitantemente, diminui a qualidade das águas em virtude do aumento da população.

Embora o agravamento e a complexidade da crise da água decorram de problemas reais de disponibilidade e aumento da demanda, a ineficiência no gerenciamento dos recursos hídricos e o desperdício nos diversos usos ainda são vistos como sérios problemas que devem ser contornados. Esta realidade é comprovada ao ver que a falta não está localizada somente em regiões onde ocorre a limitação natural desse recurso.

A escassez também pode decorrer de aspectos qualitativos, quando a poluição afeta de tal forma a qualidade que os padrões excedem os admissíveis para determinados usos.

Existem diversas formas de uso da água, o que vem contribuindo para sua escassez e contaminação. Dentre os fatores que podem contribuir com a escassez, estão: o aumento da população, o elevado grau de degradação da vegetação, resultando no menor aproveitamento

das precipitações pluviométricas, exploração excessiva dos aquíferos e o crescente dano por contaminação da qualidade da água Almeida (2010).

O Nordeste possui apenas 3% de toda a água doce do país Marengo (2008). Diante disso, entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a água ainda disponível Braga et al. (2005).

O fenômeno natural cíclico da seca assola o Brasil há vários séculos, de modo que a escassez de água no semiárido não representa qualquer novidade. Considere-se, inclusive, que não é isoladamente a falta de chuva (espacial e quantitativamente irregular por natureza) a responsável pelo agravamento das consequências desse fenômeno que vem afetando as condições de vida do povo nordestino, mas é a falta do gerenciamento eficaz dos recursos hídricos desta região indicada como a causa principal deste flagelo, como têm constatado diversos estudiosos.

3.2 GESTÃO DE ÁGUAS NO BRASIL

As preocupações da sociedade com problemas ligados ao uso e ao manejo das águas provocaram debates e inovações nas últimas décadas.

O Brasil apresenta uma das maiores reservas de água doce do mundo, produzindo cerca de 53% de água no continente sul-americano e 12% do total mundial, que, aliada à sua biodiversidade e à beleza dos seus rios e lagos, representa um importante patrimônio natural do país Rebouças (2006). Ainda que tenha uma situação privilegiada, o País tem sérios problemas quanto à gestão das suas reservas hídricas.

O aumento da demanda por água é contínuo, o que poderá ocasionar a exaustão das reservas de água de boa qualidade, inviabilizando-a para usos nobres, como o abastecimento de água para consumo humano. Para Figueroa (2007), são imprescindíveis o gerenciamento de recursos hídricos, gestão de águas e uso racional das águas, como também que essa pauta passe a fazer parte do dia a dia das pessoas e dos meios de comunicação.

Considerando que a maioria dos conflitos pelo uso da água não está ligada somente aos fenômenos naturais, decorrendo também da falta de planejamento e gestão de recursos hídricos, é fundamental uma integração entre governos e a sociedade a fim de desenvolver um plano estratégico em que possa exercer controle sobre o uso e proteger este recurso ambiental, disciplinando as intervenções antrópicas de maneira mais eficaz, principal ameaça a esse recurso, de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável.

Segundo a Agência Nacional de Águas, cinco das 12 bacias hidrográficas do país, localizadas entre Nordeste e Sul, estão em estado crítico ou preocupante por causa da poluição ou desperdício.

Além disso, dentre as variáveis responsáveis de forma significativa para a formação desse quadro de escassez, situam-se a impunidade dos transgressores do pagamento por serviços ambientais de proteção às nascentes e a falta de incentivo para aqueles que conservam os recursos naturais, arcando de forma exclusiva com o custo desta conservação

A despeito das políticas públicas adotadas pelo Estado, o modelo atual, basicamente de comando e controle, é insuficiente para dar efetividade e garantir a gestão dos nossos recursos hídricos de forma sustentável, diante da constatação de que a água potável é um bem cada vez mais escasso no Brasil.

3.3 ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A gestão dos recursos hídricos no Brasil deu-se, inicialmente, com o Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código das Águas, o qual considera as águas recursos naturais renováveis. O Código de Águas já assegurava o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água, para as primeiras necessidades da vida, permitindo a todos usar de quaisquer águas públicas, conformando-se com os regulamentos administrativos. Era impedida a derivação das águas públicas para aplicação na agricultura, indústria e higiene, sem a existência de concessão, no caso de utilidade pública, e de autorização nos outros casos. Em qualquer hipótese, dava-se preferência à derivação para abastecimento das populações.

A Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, resultou de um longo processo de avaliação das experiências de gestão de recursos hídricos e de formulação de propostas para a melhoria dessa gestão em nosso País. A Lei Federal 9.433/97 cria instrumentos para efetivar a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, tais como: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderante; a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

Em 2006, ainda com base na lei nº 9.433/97, foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, tendo como principal objetivo dar um tratamento gerencial, ratificando a prioridade da água para o consumo humano. O valor econômico trouxe a cobrança pela utilização da

água como meio de controle racional do uso e, sobretudo, gerador de recursos para investimentos na gestão da água em cada bacia hidrográfica.

A participação da população no processo de gestão dos recursos hídricos não se resume aos pagamentos de tarifas por utilização ou disposição de efluentes. Mas com a crescente onda dos problemas ambientais e com conseqüente ameaça de destruição do homem e seu meio, as questões relativas ao meio ambiente assumem dimensão política e passam a fazer parte do exercício da cidadania.

A participação da população no processo de gestão dos recursos hídricos não se resume ao pagamento de tarifas por utilização ou disposição de efluentes. Com a crescente onda dos problemas ambientais e com a conseqüente ameaça de destruição do homem e seu meio, as questões relativas ao meio ambiente assumem dimensão política e passam a fazer parte do exercício da cidadania.

A Lei Federal 9.433/97 cria instrumentos para efetivar a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. São eles: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderante; a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos no inciso III, do art. 5º da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos.

Vale salientar que a legislação ambiental brasileira se apresenta como uma das mais bem elaboradas do mundo. No entanto, sua execução apresenta falhas, especialmente no que diz respeito à fiscalização de atividades econômicas que degradam bruscamente o meio ambiente, ocasionando impactos socioambientais, alguns deles podendo ser irreversíveis.

3.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO E TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O desenvolvimento das cidades envolve também o surgimento de um problema que envolve duas atividades conflitantes: o aumento da demanda hídrica de boa qualidade e a degradação dos mananciais por meio da contaminação por resíduos urbanos, industriais e agrícolas. Com esse crescimento, as redes de distribuição de água se estendem e o consumo aumenta, tanto pela população como pelo comércio e indústrias locais, que necessitam expandir

os níveis de produção Kobiyama et al. (2008). Todos os empreendimentos envolvidos nesse processo geram resíduos de elevado potencial poluidor.

O crescimento descontrolado e mal planejado das cidades tende a poluir e contaminar as águas superficiais e subterrâneas com resíduos, inviabilizando o manancial e exigindo a captação de água de áreas mais distantes da zona urbana ou o uso de tratamento de água e esgoto mais intensivo e avançado. No Brasil, todos os dias são lançados no ambiente 10 bilhões de litros de esgoto, resíduos sólidos não reciclados, agrotóxicos, fertilizantes aplicados incorretamente, rejeitos industriais, dentre outros, contribuindo para a poluição das águas subterrâneas Luz (2005). Os aquíferos, apesar de estarem mais protegidos, quando poluídos, apresentam autodepuração muito lenta em comparação com os corpos hídricos superficiais Kobiyama et al. (2008).

No Brasil, apenas 55% dos municípios possuem rede de coleta de esgoto sanitário, e desse total somente 29% possuem sistema de tratamento de esgoto sanitário, sendo os indicadores mais desfavoráveis encontrados na região norte, com apenas 13% e 8%, para coleta e tratamento de esgoto IBGE (2010).

Na Região Nordeste, os estados com maior cobertura por rede coletora de esgoto sanitário são Pernambuco, Paraíba e Ceará, com 88%, 73% e 70%, respectivamente, ao passo que os indicadores mais desfavoráveis foram registrados nos estados do Piauí e Maranhão, com 96% e 94% de municípios sem rede de esgoto, respectivamente IBGE (2010). Essa situação é mais desfavorável nas áreas rurais, onde 77% da população não têm acesso ao esgotamento sanitário adequado ao programa nacional de desenvolvimento humano das nações unidas PNUD (2010).

A falta de saneamento básico promove situações de vulnerabilidade socioambiental, sobretudo em áreas ocupadas por segmentos sociais mais pobres, como áreas rurais, onde a contaminação dos recursos hídricos pode trazer consequências generalizadas sobre a saúde da população. Com isso, causa o aumento das desigualdades sociais, além de afrontar os direitos fundamentais, sociais, constitucionais e a dignidade da pessoa humana Carvalho & Adolfo (2012).

De acordo com o Ministério da Saúde, a água pode afetar a saúde do homem de várias maneiras: através da ingestão direta, na preparação de alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer BRASIL, (2004). As principais doenças de veiculação hídricas são: diarreias, hepatite, cólera, parasitoses intestinais, febre tifoide, entre outras Teixeira & Guilhermino (2006).

Essas são doenças típicas de regiões pobres, com pouca infraestrutura, localizadas nas áreas rurais ou nas periferias das grandes cidades, onde quase não há investimentos públicos em saúde, educação e saneamento básico. O comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento humano decorre de poluição causada por diversas fontes, como efluentes domésticos, industriais e agrícolas, causando outras doenças menos comuns, denominadas de origem hídrica Larsen (2010).

Dentre os principais contaminantes da água, destacam-se os biológicos: bactérias, vírus, protozoários e vermes. As bactérias patogênicas encontradas na água ou alimentos constituem uma das principais fontes de mortalidade da população sem acesso ao saneamento básico BRASIL (2004). Um dos principais indicadores de contaminação de corpos hídricos consiste na identificação e quantificação dos coliformes termotolerantes, encontradas em fezes e de animais homeotérmicos.

Além da contaminação biológica, a água pode conter outros contaminantes, como partículas de solo arrastadas pelo escoamento superficial e nutrientes presentes na superfície do solo Resende (2002).

Ainda no que diz respeito aos contaminantes, Bertoncini (2008) relatou que as argilas suspensas, a matéria orgânica, os patógenos originados de fossas sépticas, os agrotóxicos e fertilizantes utilizados nas culturas agrícolas são os principais responsáveis pela degradação ambiental nas áreas rurais.

Dependendo da origem, o esgoto sanitário pode conter agentes químicos, de toxicidade relevante e outros de padrão de ocorrência e riscos à saúde ainda pouco conhecidos, chamados de químicos emergentes, como os disruptores endócrinos e os resíduos farmacêuticos Florêncio et al. (2006).

Quando se trata de água subterrânea, a maior preocupação é com o nitrato, que pode contaminar o lençol freático e, conseqüentemente, as águas utilizadas no abastecimento público, tendo em vista que no estado do Rio Grande do Norte cerca de 46% da água de abastecimento são retirados de poços IBGE (2010). Os resíduos líquidos que percolam das fossas rudimentares para o solo contêm nitrogênio, que é convertido em nitrato, podendo contaminar a água subterrânea Mota & Von Sperling (2009).

O lançamento de esgoto doméstico sem tratamento em corpos hídricos altera as características naturais da água a partir do ponto de lançamento e compromete sua qualidade para consumo humano ou mesmo para uso em atividades agropecuárias e agroindustriais Ribas & Fortes Neto (2008). Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento, apenas 19% dos municípios nordestinos realizam tratamento dos esgotos sanitários e domésticos IBGE (2010).

Uma das causas desses baixos índices são as técnicas tradicionais de tratamento de esgoto, que apresentam um alto custo de implantação e manutenção, se fazendo necessária a utilização de métodos alternativos que minimizem os custos e garantam desempenho adequado aos sistemas de tratamento.

Como alternativa a essa situação, Tonetti et al. (2005) sugerem o desenvolvimento de sistemas de tratamento mais simples, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais dos municípios brasileiros. Batista et al. (2011) complementam que as tecnologias utilizadas pelas companhias de saneamento se tornam inviáveis para comunidades rurais de baixa renda, devido ao alto custo de implantação e manutenção e grande dispersão populacional nessas áreas. Segundo Silva & Nour (2005), pouca atenção é dada às comunidades rurais, que individualmente não produzem muitos compostos poluidores, mas considerando a sua totalidade representam um montante considerável, e são lançados de forma dispersa e sem o devido tratamento no ambiente.

De acordo com Daltro Filho (2004), os tratamentos de esgotos domésticos são classificados de acordo com a forma de eliminação dos contaminantes, empregando processos físicos, químicos e biológicos e por meio do nível de depuração, utilizando sistemas preliminar, primário, secundário e terciário. Von Sperling (2011) acrescenta que os aspectos mais importantes na seleção de sistemas de tratamento são a eficiência, a confiabilidade, os requisitos de área, os impactos ambientais, os custos de operação, os custos de implantação, a sustentabilidade e a simplicidade.

O processo de tratamento dos efluentes pode adotar diferentes tecnologias de depuração, mas geralmente segue um fluxo que compreende as seguintes etapas:

- O tratamento preliminar visa à remoção de sólidos grosseiros Von Sperling (2011), servindo essencialmente para preparar os efluentes para o tratamento subsequente, removendo partículas grandes e areia a fim de proteger as demais unidades de tratamento. Nessa classe encontram-se as grades e os desarenadores.
- O nível seguinte é o de tratamento primário, visando à remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, predominando o uso de mecanismos físicos Von Sperling (2011). Os esgotos domésticos escoam vagorosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto. Nessa classe situam-se decantadores primários e tanques de flotação Jordão & Pessoa (2009).
- Existe também o tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, com objetivo principal de remoção de matéria orgânica e de nutrientes como nitrogê-

nio e fósforo Von Sperling (2011), consistindo na conversão da matéria orgânica biodegradável em biomassa, por ação de microrganismos. Nessa categoria, estão presentes os reatores de lodos ativados e lagoas de estabilização Matos (2007).

- Por último, tem-se o tratamento terciário, objetivando a remoção de poluentes específicos, usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis, ou ainda a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário Von Sperling (2011). São mais comuns em estações que necessitem de alto grau de tratamento do efluente final e situam-se nesse nível os cloradores e lagoas de maturação.

Segundo Jordão & Pessoa (2009) também existe a classificação dos processos de tratamento em físicos, químicos e biológicos: a) Físicos: predominância de atividades de decantação, filtração e diluição; b) Químicos: quando existe a adição de produtos químicos; c) Biológicos: quando ocorre a ação de microrganismos.

Para Leitão et al. (1994), o objetivo do tratamento de esgoto é eliminar características indesejáveis, sendo a eficiência do sistema de tratamento avaliada pela diminuição ou remoção de ao menos uma pequena parte dos poluidores. Esses tratamentos representam o modelo de depuração da natureza, buscando reduzir seu tempo de duração e aumentar sua capacidade de absorção, consumindo o mínimo de recursos, buscando o melhor resultado em termos de qualidade do efluente lançado no ambiente.

3.5 TRATAMENTO DO DECANTO DIGESTOR

Nas áreas rurais, a forma mais comum de destinação do esgoto doméstico produzido nas residências são as fossas rudimentares, que, devido ao tratamento inadequado, ocasionam a contaminação dos mananciais hídricos. Nesse sentido, destacam-se novas tecnologias capazes de melhorar a qualidade de vida no campo com sistemas simples e de baixo custo que vêm sendo testadas em comunidades rurais do Estado do Rio Grande do Norte.

Um exemplo é o sistema que associa decanto digestor e filtro anaeróbios de fluxo ascendente e descendente, em um arranjo compacto, desenvolvido e que continua a ser estudado em universidades como a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semiárido.

O sistema objetiva a remoção de sólidos suspensos decantáveis, como areia, óleos e graxas, efetuando o tratamento preliminar/primário. Lemos (2011) indica que, além disso, visa ao desenvolvimento de pesquisas tendo em vista a aplicabilidade do reuso de água na irrigação de espécies não comestíveis.

Lemos (2011) constatou que o sistema alterou as características físicas e químicas do esgoto doméstico, com reduções significantes nos valores de turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos suspensos (SS), sólidos totais (ST), fósforo e óleos e graxas. Para Von Sperling (2011), esse tratamento possui eficiência entre 40 e 70% na remoção da DBO ou DQO de oxigênio de 50 a 80% na remoção dos SS.

Sistemas aeróbicos de tratamento de esgotos domésticos são bem mais eficientes quando comparados com anaeróbicos, porém em climas quentes os processos anaeróbios são mais adequados, pois evitam o processo de nitrificação Von Sperling (2011).

3.6 IMPORTÂNCIA DO REUSO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Nas últimas décadas, o interesse no aproveitamento das águas residuária tem crescido, junto com a ideia do que estas águas não podem ser desperdiçadas, mas o reuso das águas residuárias requer estudo profundo de planificação da infraestrutura e do recurso, da localização da estação de tratamento, além de gestão integrada do uso desta fonte alternativa de água.

Ainda são escassos os registros de utilização de água residuária para fins agrícolas no Brasil, apesar do crescimento na área da pesquisa, exceto na produção de cana-de-açúcar, o que não significa que essa prática não ocorra Cunha (2011), principalmente em periferias das grandes cidades, onde são cultivadas geralmente olerícolas e forrageiras para alimentação animal. O uso em olerícolas é questionável por se tratar de culturas alimentares.

Em países desenvolvidos, onde os padrões ambientais são aplicados, a maior parte das águas residuárias é tratada antes do seu uso na irrigação em plantações de culturas forrageiras, plantas fibrosas e de produção de sementes, e a uma extensão limitada para a irrigação de pomares, vinhedos e outras culturas.

Já nos países em vias de desenvolvimento, embora os padrões sejam estabelecidos, eles nem sempre são estritamente cumpridos. As águas de esgoto, em sua forma não tratada, são largamente usadas para a agricultura e piscicultura e têm sido praticadas há séculos em países como a China, a Índia e o México Bertoncini (2008).

De acordo com Hespanhol (2008), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos), concorrendo para a preservação do meio ambiente.

Apesar de no Brasil existir um sistema de coleta e tratamento de esgotos, as áreas rurais não são abrangidas, ficando a destinação dos rejeitos por conta do proprietário rural, que quase sempre adota o sistema de fossa rudimentar Bertoncini (2008). Apenas 5,7% dos domicílios rurais estão ligados à rede de esgotos e 20,3% utilizam a fossa séptica como solução para o tratamento dos esgotos domésticos, ao passo que os demais domicílios (74%) depositam os esgotos em fossas rudimentares, nos cursos hídricos ou diretamente no solo a céu aberto IBGE, (2010).

3.7 ASPECTOS LEGAIS DO REUSO

No Brasil, a partir da Conferência Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente em 1972, houve a recomendação de institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível, além de promover o tratamento e a disposição de esgotos de maneira a não poluir o meio ambiente Hespanhol, (2008).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, inciso 1, estabelece entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos a necessidade de assegurar, à atual e às futuras gerações, a disponibilidade necessária de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Apesar de o Brasil não contar com legislação específica para o reuso, as ações se têm orientado por critérios de outros países, Organização Mundial de Saúde pelas resoluções do CONAMA 357/05 e CNRH 54/05 e pela norma NBR 13.969/97 Cunha (2010).

A resolução do CONAMA 357/05 classifica as águas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes: As águas doces que são enquadradas nas quatro primeiras e distintas

- Classe Especial – sobre o abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção.
- Classe 1 - refere-se ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem no solo e sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- Classe 2 – refere-se ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

- Classe 3 – refere-se ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessecação de animais.
- Classe 4 – refere-se à navegação, harmonia paisagística e aos usos menos exigentes CONAMA (2005).

O estabelecimento do grau de qualidade (classe) de um segmento de corpo hídrico, ao longo do tempo, deve estar baseado em diagnósticos regionais, considerando-se dados socioeconômicos, uso do solo e usos pretendidos dos recursos hídricos, de modo a assegurar seus usos preponderantes CETESB (2008).

Apesar de bastante discutido, o conteúdo da Resolução CONAMA nº 357/2005 ainda teve questões para complementação posterior, tendo sido esse fato, portanto, previsto no art. 44 da Resolução Nº 357, que explicita a necessidade de complementação das condições e padrões de lançamentos de efluentes definidos nela, um dos objetos da elaboração da resolução 430.

A resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de águas receptores, alterando parcialmente e complementando a RESOLUÇÃO Nº 357, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Com base na lei, as exigências para o monitoramento dos efluentes mediante a utilização de ensaios de toxicidade passam a vigorar em todos os estados brasileiros.

A resolução do CNRH nº 54, de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água em todo o território nacional. Esta resolução estabelece no seu terceiro artigo, as modalidades de reuso de água:

- Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio dentro da área urbana;
- Reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais;
- Reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

No Brasil, o reuso deve ser integrado aos programas de gestão de recursos hídricos em parceria com as universidades e centros de pesquisa, para que conjuntamente possam propor ações que resultem na maior oferta de água potável e, ao mesmo tempo, reduzem a degradação de mananciais causada pelo despejo direto de esgotos e resíduos. Estas ações devem priorizar a região semiárida do Brasil, que sofre com a escassez de água por questões naturais.

Com o avanço de estudos e pesquisas no meio acadêmico, a prática do reuso torna-se realidade, os trabalhos garantem que o tratamento e a utilização de esgotos domésticos são apontados como fonte alternativa de água e fertilizante para a agricultura.

Em áreas rurais, a dificuldade de reuso é maior, pois geralmente não são servidas pelos sistemas de tratamento de água e esgotos.

Apesar dessa difícil realidade em se apresentar a zona, algumas experiências pioneiras têm sido iniciadas a respeito do reuso de água doméstica em comunidades rurais no Brasil. É o caso do saneamento e tratamento de esgoto no Projeto de Assentamento Milagre no Município de Apodi – RN, através do Projeto MCT/CNPq/CT-AGRONEGÓCIO/CT-HIDRO - Nº 27/2008.

3.8 IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

A demanda por mudas de espécies nativas tem crescido bastante nos últimos anos, em virtude da valorização das espécies e necessidade de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APP e das Áreas de Reserva Legal – RL Oliveira et al. (2008). Entretanto, a tendência atual dos projetos de recomposição florestal em formar florestas com elevada diversidade de espécies nativas tem esbarrado na dificuldade de se encontrar mudas nativas de espécies variadas Martins et al. (2009) devido à falta de conhecimento de como produzi-las ou de como coletar e beneficiar as sementes Oliveira et al. (2008).

As mudas podem ser classificadas quanto às características internas (classificação fisiológica) e quanto à sua forma externa (classificação morfológica), sendo que esta última vem sendo largamente utilizada, devido à facilidade que oferece Sturion & Antunes (2000). Os parâmetros morfológicos mais utilizados são: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação entre o diâmetro do coleto e a altura da parte aérea, relação entre as partes aérea e subterrânea, peso de matéria seca e verde, peso total das partes aéreas e subterrânea e rigidez da haste.

No entanto, nenhuma variável morfológica deve ser usada como critério técnico na classificação de mudas, apesar de o diâmetro do coleto ser reconhecido como o melhor indi-

gador de padrão de qualidade de mudas Sturion & Antunes (2000). Segundo os autores, mudas com pequeno diâmetro do coleto e muito altas são consideradas de qualidade inferior quando comparadas àquelas mais baixas e que possuem diâmetro de coleto maior. Em geral, o maior diâmetro de coleto está associado a um desenvolvimento maior do sistema radicular, o que favorece a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio.

A altura das mudas, por muito tempo, foi considerada o único critério de análise de qualidade das mudas Gomes et al. (2002) e ainda continua apresentando contribuição importante, podendo ser indicada como parâmetro para essa avaliação de qualidade de mudas. No entanto, há que se observar que muitos viveiristas utilizam adubação nitrogenada em quantidade excessiva, no intuito de proporcionar às mudas um crescimento maior em altura. Em decorrência deste processo, ocorre a redução de atividades fisiológicas das mudas, comprometendo a sobrevivência após o plantio Novaes (1998).

Uma das dificuldades enfrentadas pelos produtores de mudas nativas é o crescimento lento de muitas delas, especialmente as classificadas como tardias ou clímax Cunha et al. (2005). Geralmente, não há conhecimento das exigências nutricionais da maioria das espécies nativas Portela et al. (2001). Em face disso, é de fundamental importância a definição de protocolos e estratégias que favoreçam a produção de mudas com qualidade, em menor espaço de tempo e em condições acessíveis aos pequenos e médios produtores Cunha et al. (2005)

Para Lopes et al. (2007), o plantio de espécies florestais nativas é uma atividade que pode repor e manter não só os recursos florestais, como também conservar o equilíbrio econômico, social e ambiental. Por essas razões, deve-se investir em pesquisas que apontem substratos alternativos, bem como recipientes adequados, visando a minimizar os custos de produção de mudas nativas Sturion & Antunes (2000).

Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados por meio da adubação orgânica, levando a melhor desenvolvimento, além de influenciar positivamente a sobrevivência pós-plantio, o que pode ser facilmente observado no trabalho de Bertoni et al. (2007), que avaliaram o desenvolvimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) quando plantadas em área alterada e manejada com tratamentos silviculturais.

A pesquisa concluiu que o plantio de aroeiras em consorciação com espécies de crescimento mais rápido melhora o crescimento em altura e a alta sobrevivência é resultado da rusticidade da espécie. Observaram também que, até o décimo ano do experimento, a aroeira teve bom desenvolvimento e sobrevivência, indicando que as mudas se adaptaram perfeitamente às condições em que foram plantadas, mesmo competindo com a vegetação nativa por luz, água e nutrientes.

Os nutrientes fazem parte de uma série de fatores que atuam sobre o crescimento das plantas, juntamente com luz, temperatura, ar, água, manejo, propriedades e características do solo ou substrato Melotto et al. (2009). Os autores afirmam que, ainda que os sintomas de deficiências não sejam visíveis, os viveiristas devem preocupar-se com o estado nutricional das mudas, pois mesmo não ocorrendo sintomas visuais de deficiência seu desenvolvimento torna-se reduzido. Por outro lado, a adubação excessiva pode ter efeitos prejudiciais, como a indisponibilidade de alguns nutrientes ou a presença de efeitos tóxicos. A análise do crescimento constitui uma parte da fisiologia vegetal em que se faz uso de fórmulas e modelos matemáticos para avaliar índices de crescimento das plantas, muitos deles relacionados à atividade fotossintética Benicasa (2004). O Índice de Qualidade de Dickson – IQD é considerado uma promissora medida morfológica e é apontado como bom indicador da qualidade de plantas, devido ao fato de considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo que ao mesmo tempo são ponderados vários parâmetros importantes Binotto (2007).

O diâmetro do coleto é uma variável importante, pois, além de influenciar na resistência a choques mecânicos quando na ocasião do plantio, participa na composição de vários índices de qualidade de mudas que não necessitam destruí-las. Carneiro (1995) afirma que a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo. O mesmo autor ressalta forte correlação entre o diâmetro do coleto e a percentagem de sobrevivência das mudas no campo. Após o plantio, a razão entre a altura da parte aérea e o respectivo diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, também denominado quociente de robustez, sendo considerado um dos mais precisos porque fornece informações de quão delicada é a muda.

3.9 SUBSTRATOS DE CULTIVO

Kampf (2004) afirma que a adequada seleção do substrato é de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, de vez que se trabalha com recipientes de volume restrito, o que diminui a drenagem e a superfície de contato com a atmosfera, essencial para as trocas gasosas.

Nesse contexto, Ristow et al. (2012) confirma que o substrato pode exercer influência significativa na arquitetura do sistema radical, no estado nutricional das plantas, assim como na translocação de água no sistema solo-planta-atmosfera. Isso porque a raiz é a conexão entre

o substrato e a parte aérea, cujo desenvolvimento será reflexo das propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato, desde que, como observa Fremeau et al. (1986), as condições de umidade, temperatura, luz e vento não sejam limitantes ao desenvolvimento da parte aérea.

De acordo com Silveira et al. (2010), o substrato, além de propiciar boas condições para o desenvolvimento das mudas, deve apresentar estrutura que não dificulte sua retirada e não se destoroe por ocasião do plantio das mudas. Kampf (2004) também comenta sobre a importância de o substrato ter alta estabilidade de estrutura, a fim de se evitar a compactação, além de possuir alto teor de fibras resistentes à decomposição, para evitar a compostagem na embalagem.

Como o substrato é fator de grande importância para o desenvolvimento das mudas, devem-se levar em conta certos fatores, como os de ordem econômica, química e física do material. Os de ordem econômica podem ser reunidos em termos de custo, disponibilidade, qualidade e facilidade de manuseio. Quanto às características químicas dos substratos, destacam-se o pH, a capacidade de troca de cátions e a relação carbono/nitrogênio, os quais interferem na fertilidade do substrato. Já os fatores de ordem física referem-se às características desejáveis do próprio material, como, por exemplo, a densidade e a porosidade, que interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato Ristow et al. (2012).

Em relação às características químicas, será dado especial destaque ao PH, o qual indica o grau de acidez. Seu conhecimento é de extrema importância para determinar a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo/substrato ou a ele adicionados e também assimilação dos nutrientes pelas plantas Corrêa et al. (2008).

De acordo com Santos et al. (2005), as condições de acidez excessivas do substrato são um dos problemas mais comuns na produção de mudas. Para Knapik (2005), o valor adequado de pH para substrato está na faixa de 5,5 a 6,5. Em substratos com pH abaixo de 5, podem aparecer sintomas de deficiência de N, K, Ca, Mg e B, ao passo que problemas com disponibilidade de P e micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu) são esperados em pH superiores a 6,5.

Conforme Novais (2007), a acidez poder atuar em injúrias nas raízes; em pH inferior a 4, a elevada concentração hidrogeniônica afeta a integridade e a permeabilidade das membranas, podendo haver perda de nutrientes já absorvidos, com retardo do crescimento das raízes e aumento da exigência em cálcio para crescimento satisfatório.

A CTC de um substrato, segundo Kampf (2000), deve ser alta e é afetada pelo tamanho das partículas do substrato, pois quanto menor for a partícula, maior será a superfície de contato, conseqüentemente com maiores pontos de troca. Assim, matéria orgânica humificada

apresenta alta CTC, ao passo que materiais fibrosos apresentam menor CTC, devido à menor área superficial.

Com referência à relação carbono/nitrogênio (C/N), deve-se ter cuidado com substratos orgânicos, pois caso possua baixa concentração de N, ocorrerá competição entre as mudas e os microrganismos que necessitam de N. Em materiais orgânicos não decompostos, por exemplo, por apresentarem alta taxa de C, a relação C/N é elevada, propiciando uma mobilização do N pelos microrganismos, causando deficiência desse elemento para as mudas (Carneiro (1995).

Para as propriedades físicas dos substratos, é importante o conhecimento da densidade, que é a relação entre a massa e o volume de substrato, expressa em kg/m^3 , que equivale a g/l. Quanto mais alta a densidade, mais difícil o cultivo no recipiente, ou por limitações no crescimento das plantas, ou pela dificuldade no transporte dos vasos ou bandejas. Para substratos, além da densidade real ou de partículas, é interessante conhecer a densidade aparente, que corresponde ao peso seco do substrato por unidade de volume desse substrato, expresso em g/cm^3 Carneiro (1995).

A porosidade, por sua vez, está diretamente relacionada à disponibilidade de água e ar no substrato, que deve ser suficientemente poroso para permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio. Os poros podem ser classificados como microporos e macroporos onde, em condições de saturação hídrica, os macroporos são preenchidos com ar e os microporos, com água Kampf et al. (2004).

Corroborando com o autor anterior, Carneiro (1995) afirma que os substratos porosos, apesar de apresentarem baixa porosidade total, têm rápida movimentação de água e ar, devido à predominância de macroporos. Já não substrato de textura fina, existe grande quantidade de microporos, tornando a movimentação gasosa lenta e a de água restrita ao movimento capilar.

Para Gonçalves & Poggiani (1996), os substratos básicos usados para produção de mudas em tubetes é o orgânico, geralmente formado por componentes de microporosidade acima de 50% em base volumétrica (húmus de minhoca, esterco curtido, casca de Pinus ou eucalipto decomposta), misturados com componentes de macroporosidade entre 25 e 50% (casca de arroz carbonizada, vermiculita fina e cinza da caldeira de biomassa). Esses últimos são considerados melhoradores. A fibra de coco também vem tomando grande espaço e preferência de uso de alguns agricultores, de acordo com Bataglia & Furlani (2004).

No mercado há vários produtos comerciais oriundos de misturas, sendo mais utilizados para produção de mudas florestais os substratos comerciais à base de casca de *Pinus* decomposta e vermiculita fina Carneiro (1995).

O tipo de material e a proporção de cada um na composição do substrato variam de acordo com a disponibilidade local, custo e tipo de muda a ser produzida Wendling & Gatto (2002). O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o sistema.

Portanto, em função do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão afetadas quanto ao suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio Rosa Junior et al. (1998).

Uma alternativa de substrato tem sido a fibra de coco, ainda pouco utilizada na área florestal devido ao seu custo elevado. Esse substrato origina-se de desfibramento industrial do mesocarpo das cascas de coco, o que constitui um material de estrutura granular, intercalado por fibrilas, de altíssima porosidade total (94-96%) e elevada capacidade de aeração (20-30%). A elevada porosidade total permite que a fibra de coco alie uma ótima aeração a uma boa capacidade de retenção de água. Apresenta ainda alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e ainda não repele a água entre uma irrigação e outra, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para o viveirista Malvestiti (2003).

O autor ainda recomenda que, por não ser um material fossilizado nem compostado, a fibra de coco tem maior demanda de nitrogênio, a qual deve ser compensada com adubação, havendo tendência à fixação de cálcio e magnésio e liberação de potássio no meio.

Segundo Wendling & Gatto (2002), a utilização de esterco bem curtido contribui muito para a melhoria das qualidades do substrato, pois aumenta a capacidade de retenção de água, a porosidade e agregação do substrato, além de fornecer nutrientes essenciais às mudas, assim o esterco curtido pode ser uma alternativa viável para misturas com outros substratos.

Segundo Massukado (2008), a composição dos estercos é variável, sendo influenciada por vários fatores, como a espécie animal, a raça, a idade, a alimentação, o material utilizado como cama, o tratamento dado à matéria prima esterco, além de outros. O grau de decomposição em que se encontra o esterco e sua riqueza em diversos elementos minerais essenciais à vida da planta define o seu valor como fertilizante. A riqueza em nutrientes depende, essencialmente, da composição primitiva dos restos orgânicos que deram origem ao respectivo esterco, dos cuidados com o manejo durante seu curtimento e da sua aplicação às culturas beneficiadas Gomes et al. (2002).

Os estercos resultam da passagem do alimento pelo trato digestivo dos animais. As-

sim, a dinâmica química e biológica é função da natureza do material ingerido, do que o animal digere e do fracionamento mecânico e químico que o animal opera. Nos solos, independentemente de sua origem, os esterco animais têm produzido resultados favoráveis às culturas, chegando algumas vezes a igualar ou até mesmo superar os efeitos dos fertilizantes minerais Massukado (2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em Mossoró-RN, no período de janeiro a junho de 2015. O município de Mossoró-RN localiza-se na região semiárida do nordeste brasileiro. Possui coordenadas geográficas 5°11' de latitude S, 37°20' de longitude W. Gr., e 18 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h' (clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono), com precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm; temperatura média de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9.



Figura 1 – Casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró-RN. 2016.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido, tendo como cobertura, plástico leitoso com 50% de retenção da luz e fechado lateralmente com tela antiofídica. Os sacos ficaram dispostos sob tijolos, à 8cm do solo.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5 x 2 nas parcelas, sendo cinco águas irrigação (água residual em diferentes diluições e água de abastecimento) e dois substratos (S1 = 75% solo + 25% esterco bovino - SEB; S2 = 75% solo + 25% fibra de coco - SFC) e cinco épocas de

mensuração nas subparcelas, perfazendo 10 tratamentos, com cinco subparcelas. Duas repetições, totalizando 50 unidades experimentais.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos aplicados no experimento de produção de mudas aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e caraíba (*Tabebuia áurea* Benth.). Mossoró-RN. 2016.

T ₁ - 100%. AA	SOLO+ESTERCO BOVINO
T ₂ - 75% AA +25%ED	SOLO+ESTERCO BOVINO
T ₃ - 50% AA + 50% ED	SOLO+ESTERCO BOVINO
T ₄ - 25% AA + 75% ED	SOLO+ESTERCO BOVINO
T ₅ - 100% ED	SOLO+ESTERCO BOVINO
T ₆ - 100%. AA	SOLO+FIBRA DE COCO
T ₇ - 75% AA +25%ED	SOLO+FIBRA DE COCO
T ₈ - 50% AA + 50% ED	SOLO+FIBRA DE COCO
T ₉ - 25% AA + 75% ED	SOLO+FIBRA DE COCO
T ₁₀ - 100% ED	SOLO+FIBRA DE COCO

Água de abastecimento (AA); efluente doméstico (ED).

Tabela 2 - Média da umidade e temperatura interna e externa à estufa nos dois turnos de rega. Mossoró-RN. 2016.

Interna	Umidade (%)	Manhã	68,2
		Tarde	60,3
	Temperatura (°C)	Manhã	33,1
		Tarde	37,2
Externa	Umidade (%)	Manhã	64,1
		Tarde	65,2
	Temperatura (°C)	Manhã	34
		Tarde	35,2

4.3 OBTENÇÃO DAS SEMENTES E PLANTIO

As sementes de aroeira e caraíba foram coletadas de árvores vigorosas de ocorrência espontânea num raio de 50m, no período de julho a setembro de 2014, nos municípios de Apodi-RN e Governador Dix-sept Rosado ao ciliar do rio Apodi/Mossoró. A coleta ocorreu quando as sementes estavam plenamente maduras, quando atingiram o ponto de maturidade fisiológica, no qual possuem o máximo poder germinativo e vigor Hoppe & Brun (2004).

No caso da aroeira, a coleta das sementes foi feita diretamente na copa das árvores com o auxílio de uma tesoura de poda presa na extremidade de uma vara, podando os galhos.

Já as sementes da caraíba foram coletadas no chão próximo à árvore matriz, após sua queda natural, onde estavam localizadas as sementes.



Figura 2 – Detalhe das sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). Mossoró-RN. 2016.

Após coleta, os frutos foram conduzidos para Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, onde foram limpas e acondicionadas em sacos de papel (20 x 10 cm) e armazenadas em recipientes de vidro hermeticamente vedado em local arejado com temperatura ambiente.



Figura 3 – Detalhe das sementes de caraíba (*Tabebuia aurea*). Mossoró-RN. 2016.

4. 4 CARACTERÍSTICA DOS SUBSTRATOS DE CULTIVO

Os materiais utilizados para compor os dois substratos foram: solo (S), esterco bovino curtido (EB) e fibra de coco (FC).

O solo usado foi retirado da camada sub superficial (20-40 cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob caatinga, localizado na zona rural do município de Mossoró/RN.

O esterco bovino usado foi adquirido na zona rural do município de Governador Dix Sept Rosado/RN.

A fibra de coco produto comercial utilizado apresenta como matéria prima básica o resíduo da industrialização de *Cocos nucifera*, em que é realizada moagem da casca.

Em seguida, todo o material foi seco ao ar livre por 24 horas e passado em peneira com malha de 1 cm e depois medido proporcionalmente e misturado de acordo com cada tratamento. A mistura foi feita manualmente com auxílio de enxadas sobre lona plástica de uso único para cada tratamento. A mistura ocorreu na seguinte proporção: três partes solo e uma parte de esterco bovino curtido (S1) e três partes de solo e uma parte fibra de coco (S2).



Figura 4 – Detalhe dos substratos utilizados para mistura. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016.

Após preparo dos substratos a serem utilizados no experimento, foram preenchidas as sacolas plásticas de forma manual com os materiais misturados previamente nas devidas proporções, observando-se a compactação do material. Após o preenchimento, e antes do transplante, todo o volume foi irrigado até total umidificação do substrato.

Também coletou-se uma subamostra de cada um deles, para caracterização química no Laboratório de Solo, Água e Planta (LASAP/UFERSA) cujos resultados encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 – Atributos Químicos dos substratos de cultivo. Mossoró-RN. 2016.

Substratos	pH	MO	CE	C/N	P	K ⁺	Na ⁺	N	B	Cu	Zn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺	SB	CTC	m
		g kg ⁻¹	dS m ⁻¹													cmol _c dm ⁻³	%
S1 ¹	6,4	12,43	1,59	24:1	39	240	125	28,3	0,1	0,7	3,1	2,1	0,6	0,0	3,05	4,04	0,0
S2	5,6	10,45	1,74	73:1	36	181	120	23,1	0,3	0,9	0,5	1,8	0,6	0,0	2,67	3,17	0,0

¹ S1-Solo+esterco Bovino; S2 – Solo + fibra de coco.

4.5 ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO

A água residuária utilizada no experimento foi proveniente da estação de tratamento de esgotos doméstico do tipo decanto digestor do Projeto de Assentamento Milagre Apodi/RN, o transporte da água era realizado semanalmente em caixa plástica com capacidade de 100l, para casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido -UFERSA, onde realizado a pesquisa. Quanto a água de abastecimento era proveniente da rede de abastecimento de da UFERSA.

No assentamento diariamente produz um volume de 20m³ de água esgoto doméstico tratado. Por meio de uma rede coletora ligada a vinte residências, a água bruta é conduzida para a estação de tratamento e, depois de tratada pelo sistema decanto digestor, após o tratamento a água é armazenada em reservatório com capacidade de 10 m³ e, posterior aplicação como fonte hídrica e nutricional para o cultivo agrícola.

Para estimar o aporte de nutrientes fornecido às plantas por meio das lâminas de água de esgoto doméstico (ED), foi coletada uma alíquota de água, para ser analisada e determinados o pH, condutividade elétrica - CE, concentrações de N, P, K, Ca, Mg, no Laboratório de Solo, Água e Planta (LASAP/UFERSA), conforme metodologia da (APHA 1998). Os demais parâmetros foram adaptados de pesquisas anteriores.

Tabela 4 – Caracterização Físico-Química do esgoto doméstico primário e da água do poço artesiano. UFERSA. Mossoró-RN. 2016.

Esgoto Primário	Concentração	Água Limpa (poço artesiano)	Concentração
CE (dS m ⁻¹)	1,2	CE (dS m ⁻¹)	0,52
pH	7,3	pH	7,4
SS (mg L ⁻¹)	44	SS (mg L ⁻¹)	0,0
SD (mg L ⁻¹)	350	SD (mg L ⁻¹)	50
Fe (mg L ⁻¹)	0,60	Fe (mg L ⁻¹)	1,4
Mn (mg L ⁻¹)	0,20	Mn (mgL ⁻¹)	1,1
Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	32,06	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	12,02
Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	17,01	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	12,15
Cu (mg L ⁻¹)	0,06	Cu (mg L ⁻¹)	
Zn (mg L ⁻¹)	0,09	Zn (mg L ⁻¹)	
DQO (mg L ⁻¹)	60,00	Fe (mg L ⁻¹)	-

DBO (mg L ⁻¹)	19,40	Fe (mg L ⁻¹)	-
N Total (mg L ⁻¹)	72,00	N Total (mg L ⁻¹)	0,0
P Total (mg L ⁻¹)	7,5	P Total (mg L ⁻¹)	-
K ⁺ (mg L ⁻¹)	47,7	K ⁺ (mg L ⁻¹)	11,5
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	161,61	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	10,57
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,10	N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	0,0
CT (mmolc L ⁻¹)	2,40	CT (mmolc L ⁻¹)	
Colif. Termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	8X10 ⁴	Colif. Termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	0,0

Fonte: Adaptado: Lemos (2011), Morais (2013), Costa & Costa (2012).

4.6 PLATIO

As sementes foram semeadas manualmente, sem tratamento prévio, em bandejas de germinação com 180 células contendo vermiculita. Foram colocadas duas sementes a 0,5 cm de profundidade em cada célula.



Figura 5 – Detalhe do preparo das bandejas para o semeio. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016.

Quando as plântulas apresentavam um par de folhas, foram transplantadas para as sacolas plásticas (15x 25 cm) pretas com volume aproximado de 1790 cm³, contendo os substratos nos tratamentos citados, onde permaneceram até o final do experimento.



Figura 6 – Detalhe do transplântio das mudas para os sacos. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016.

4.7 IRRIGAÇÃO

A irrigação foi realizada manualmente, duas vezes ao dia, utilizando um copo graduado para medir a quantidade de água aplicada em cada muda, para manter a capacidade do substrato na capacidade do recipiente. A capacidade do recipiente foi determinada fazendo-se teste de retenção de água para cada tratamento e, depois, era obtida uma média. A irrigação foi feita adicionando água, gradativamente, ao substrato com um copo graduado e coletando a água drenada. Conhecendo o volume do copo graduado e do volume drenado por diferença, calculou-se o volume que foi retido pelo substrato, obtendo-se a capacidade de retenção do recipiente. O teste de capacidade do recipiente era feito duas vezes semanalmente.



Figura 7 – Detalhe da irrigação dos tratamentos. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016.

4.8 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO DAS MUDAS

Para acompanhar o desenvolvimento das mudas de aroeira e caraíba, foram avaliadas as seguintes características:

Altura: medida a distância entre a superfície do substrato e a inserção do último par de folhas, utilizando uma régua graduada em centímetro (cm). As medições foram analisadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio (DAP);

Diâmetro do coleto: conduzido com o auxílio de um paquímetro digital, sendo a região mensurada do caule a 2 cm acima da superfície do substrato.). As medições foram analisadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio (DAP);

O comprimento da maior raiz foi obtido medindo a partir do colo da planta até a extremidade da raiz, com auxílio de uma régua graduada em milímetros.

O número de folhas por meio de contagem das existentes em cada uma das plantas.



Figura 8 – Avaliações de medições. Fonte: Dados de acervo. Mossoró-RN. 2016.

Para determinação massa seca de todos os componentes da planta, foi feita a separação destes com o auxílio de uma tesoura. O sistema radicular foi lavado com auxílio de uma peneira de 0,75 mm e 0,210 mm em água, evitando-se desestruturar a raiz para não perder material de estudo.

Com relação à matéria fresca, todos os componentes foram pesados em balança analítica de precisão, embalados em sacos de papel, etiquetados e colocados para secar em estufa.

Massa de matéria seca: o material foi colocado em estufa de circulação forçada de ar à uma temperatura de 60 a 70°C, onde posteriormente foi pesado para obtenção do peso da matéria seca. Este procedimento foi realizado no final do experimento.

No final do experimento o material foi moído em moinho do tipo Willey, para realização das análises químicas foliar, para determinação da concentração dos macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. De acordo, a metodologia sugerida por Tedesco et al. (1995) e Miyazawa et al. (1999), da seguinte forma: teores de nitrogênio pelo método Kjeldahl, fósforo por espectrometria visível, potássio por fotometria de chama, enxofre por turbidimetria e cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica.

Para os parâmetros morfológicos das mudas e suas relações utilizados nas avaliações foi feito. O peso de matéria seca total (PMST); o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA); o peso de matéria seca das raízes (PMSR).

A relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHPA/DC);

A relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (RHPA/MSPA);

A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (PMSR/RPMR);

E o índice de qualidade de Dickson (IQD) que foi determinado em função da altura da parte aérea (HPA), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR), por meio da seguinte fórmula (Dickson et al. (1960):

$$IQD = \frac{PMST (g)}{H (cm) / DC (mm) PMSPA (g) / PMSR (g)}$$

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’ até o nível de 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de médias Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do software estatístico SISVAR® Ferreira (2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS MUDAS DE AROEIRA

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), houve efeito de tratamentos para todas as variáveis, com exceção da relação parte aérea e raiz, que não foi significativo, havendo efeito da interação água x substrato para matéria seca da parte aérea e relação altura da planta e diâmetro do colo.

Na Tabela 5, é possível identificar as diferenças entre as variáveis em função das águas residuárias.

Tabela 5 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	AP (cm)	DC (mm)	IQD	MSR (g/kg)	MST (g/kg)	NF	RPAR
100% A	32,81 B	3,55 B	0,54 B	2,20 B	5,94 B	16,05 B	2,65 A
75% A + 25% ED	32,46 B	3,44 B	0,50 B	2,11 B	5,57 B	14,65 B	2,04 A
50% A + 50% ED	31,47 B	3,29 B	0,44 B	1,77 B	4,53 B	14,70 B	2,01 A
25% A + 75% ED	31,91 B	3,56 B	0,43 B	1,73 B	4,70 B	15,40 B	2,23 A
100% ED	41,97 A	5,28 A	1,45 A	5,55 A	9,14 A	24,15 A	1,71 A

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As médias do crescimento de altura de planta (AP), diâmetro do colo (DC), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST) e número de folhas (NF), foram superior estatisticamente quando irrigadas com maior proporção de água residuária. Os demais tratamentos apresentaram comportamento semelhantes. Isso se deve ao maior aporte de nutrientes contido na água 100% ED.

O desenvolvimento dessas variáveis foram significativamente superior no tratamento 100% ED, fato ocorrido provavelmente pela maior concentração de macronutrientes na solução nutritiva em relação à água de abastecimento.

Santos et al. (2007) confirmam estes resultados produzindo mudas nativas da caatinga com esgoto doméstico tratado, verificaram que as mudas de ipê roxo irrigadas com efluente de origem do esgotamento doméstico tiveram um crescimento inicial um pouco inferior às mudas irrigadas com água do abastecimento e, a partir dos 30 dias de idade, tiveram desenvolvimento superior e crescente, apresentando um comportamento semelhante ao verificado nas mudas florestais de aroeira.

Tabela 6 – Resumo das análises de variância dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato, durante quatro meses. Mossoró-RN. 2016.¹

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios								
		AP	DC	IQD	MSPA	MSR	MST	NF	RAPDC	RPAR
(Tratamentos)	(9)	217,65*	7,20**	1,88**	60,06**	26,11**	159,93**	176,21**	11,24*	2,38 ^{ns}
Águas (A)	4	390,15**	13,42**	3,81**	117,58**	52,71**	327,52**	326,99**	11,64 ^{ns}	2,37 ^{ns}
Substrato (S)	1	61,65 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,07 ^{ns}	13,69 ^{ns}	0,16 ^{ns}	3,45 ^{ns}
A x S	4	84,16 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,41 ^{ns}	17,39*	5,97 ^{ns}	32,30 ^{ns}	66,07 ^{ns}	13,61*	2,13 ^{ns}
Resíduo a	10	58,40	0,84	0,15	4,47	3,43	13,06	32,51	3,69	1,00
Tempos (T)	4	2.589,93**	30,94**	2,75**	112,77**	52,40**	312,92**	378,46**	4,28 ^{ns}	1,43 ^{ns}
A x T	16	71,46 ^{ns}	0,49*	0,25**	12,34**	4,37**	29,13**	18,84 ^{ns}	3,47 ^{ns}	1,77 ^{ns}
S x T	4	51,64 ^{ns}	1,66**	0,18 ^{ns}	4,67**	2,33 ^{ns}	10,63*	18,69 ^{ns}	11,99*	0,96 ^{ns}
A x S x T	16	26,11 ^{ns}	0,54*	0,08 ^{ns}	3,86**	2,03 ^{ns}	8,81*	30,97*	4,38 ^{ns}	1,07 ^{ns}
Resíduo b	40	50,60	0,23	0,08	1,15	1,70	3,65	15,41	4,42	1,78
CV parcelas (%)		22,40	23,96	57,77	49,13	69,34	51,82	33,56	20,89	47,09
CV subparcelas (%)		20,85	12,79	41,76	24,97	48,79	27,39	23,11	22,85	62,73
Média geral		34,12	3,82	0,67	4,30	2,67	6,97	16,99	9,20	2,13

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Neste mesmo trabalho Santos et al. (2007) verificaram que mudas de angico irrigadas com água de abastecimento apresentaram um maior desenvolvimento para altura de planta e diâmetro do colo. O autor justifica esse fato, em função do pH e a condutividade elétrica do efluente de origem de esgotamento doméstico, que é bem superior à da água do abastecimento. O pH a da água de esgoto doméstico tratado ainda que acima da faixa ótima, não influenciou negativamente o desenvolvimento das mudas de aroeira.

Com relação as variáveis altura de planta e diâmetro do colo, Gomes et al. (2002) destaca que estas características são importantes indicativos, as mudas que apresentam maiores alturas, associadas a maiores diâmetros do colo, têm grande possibilidade de apresentar crescimento equilibrado da parte aérea. Sturion & Antunes (2000) recomendam que o diâmetro do colo mínimo para efetuar o plantio no campo é de 3,5 mm. Tomando como referência Sturion & Antunes (2000), os valores médios deste estudo foram adequados até mesmo para mudas que receberam aplicação de água com concentração menor de esgoto doméstico tratado com médias entre (3,55 a 3,56 mm), ao passo que nas mudas que receberam somente irrigação com águas 100% ED o valor diâmetro do colo (5,28mm) apresenta-se bem acima.

Outros autores apresentam valores de referência diferentes: Gomes et al. (2002) estabeleceram valor mínimo de diâmetro de colo de 2 mm e Lopes et al. (2007), de 2,5 mm para plantio de *Eucalyptus grandis* no campo. É válido destacar que no parâmetro diâmetro todas as mudas desta pesquisa, independentemente do tratamento, estão aptas para ir para o campo. No entanto, não se deve considerar um para parâmetro isolado para avaliar a qualidade de uma muda.

A definição de um valor do diâmetro do coleto que exprima com fidelidade o real padrão de qualidade das mudas para o plantio em local definido depende da espécie, do local, do método e das técnicas de produção, sendo que vários pesquisadores indicam valores superiores a 6,4 mm. Para *Liquidambar styraciflua* a 4,0 mm. Para *Pinus taeda*, alguns pesquisadores trabalhando em condições ambientais distintas definiram diferentes valores do diâmetro do colo, sendo maiores do que 4,7 mm Carneiro, (1995).

Com relação à matéria seca da raiz, observa-se que as mudas irrigadas com 0%A, 25%ED, 50%ED e 75%ED de água de esgoto doméstico tratado não diferiram estatisticamente, ao passo que a água 100%ED foi superior e apresentou com 5,5 g/kg de matéria seca. O peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido como importante parâmetro para estimar a sobrevivência e o crescimento de mudas no campo: quanto mais abundante for o sistema radicular maior será a possibilidade de sucesso no campo, independentemente da altura da parte aérea Gomes et al. (2002). O efeito significativo para as plantas do tratamento 100%ED,

tanto para a parte aérea quanto para a raiz, possivelmente se deveu à maior concentração de macronutrientes disponíveis nesse tratamento.

Oliveira et al. (2013), avaliando mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado, observaram que matéria seca da raiz e matéria seca total da cultura nativa da caatinga, mororó, apresentaram melhores resultados através da irrigação com o tratamento com 50% de água residuária e o menor efeito entre os tratamentos foi provocado com água de abastecimento T5.

Quanto à relação parte aérea /razão raiz, constatou-se que os tratamentos não se diferiram entre si, embora as irrigações contendo maior proporção de água residuária tenham favorecido o melhor desenvolvimento radicular. Observa-se que nos tratamentos as plantas apresentaram equilíbrio entre a parte aérea e a raiz, o que indica boa sobrevivência no campo, não apenas em virtude do melhor equilíbrio físico (responsável pela sustentação da muda), como também pela maior capacidade de absorção de água e melhor balanço entre a transpiração e a absorção. A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o do sistema radicular das mudas é considerada um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade como equilíbrio sendo 2,0 a melhor relação.

Para o índice de qualidade de Dickson, o tratamento com água 100%ED foi estatisticamente superior, com média 1,45. Já os tratamentos com proporção de 0%ED, 25%ED, 50%ED e 75%ED de água residuária comportaram-se estatisticamente iguais, com médias 0,54, 0,5, 0,44 e 0,43, respectivamente. O índice de Dickson indica o padrão de qualidade de mudas por considerar, para o seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo ponderados vários parâmetros morfológicos importantes Fonseca et al. (2006). Gomes et al. (2002) cita que, com base em trabalhos de pesquisa, ficou estabelecido 0,20 como bom indicador para mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*. O mesmo autor considera que esse valor também para mudas de *Eucalyptus grandis* somente as mudas produzidas nos maiores tubetes (200 e 280 cm³) e com 120 dias de idade poderiam ser utilizadas. Tomando esse valor de referência como parâmetro para as mudas de aroeira, pode-se observar equilíbrio das mudas, independentemente dos tratamentos. No entanto, quanto maior for este índice mais equilibrada e robusta será a planta.

Com relação à matéria seca total, as mudas de aroeira responderam positivamente à aplicação de água 100%ED, com valor 9,14 g/Kg. Em relação às outras águas de irrigação 0%ED, 25%ED, 50%ED, 75%ED, estas proporcionaram médias semelhantes estatisticamente. Deve-se considerar que quanto maior for esse valor, melhor será a qualidade das mudas produzidas.

A Tabela 7 representa o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para matéria seca da parte aérea e relação altura da planta e diâmetro do colo.

Tabela 7 – Médias da matéria seca da parte aérea e da relação altura da planta e diâmetro do colo de aroeira, irrigadas com diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Matéria seca da parte aérea				Relação altura da planta e diâmetro do colo		
Águas residuárias	Tipos de substrato		Médias	Tipos de substrato		
	Esterco + solo	Solo + fibra		Esterco + solo	Solo + fibra	Médias
100% A	2,71Ba	4,76 Aba	3,74	11,11 Aa	8,27 Aa	9,69
75% A + 25% ED	2,70 Ba	4,23 Aba	3,47	9,15 Aba	10,19 Aa	9,67
50% A + 50% ED	3,19 Ba	2,33 Ba	2,76	9,07 Aba	10,08 Aa	9,58
25% A + 75% ED	2,65 Ba	3,27 Ba	2,96	8,81 Aba	9,55 Aa	9,18
100% ED	9,85 Aa	7,32 Ab	8,59	7,66 Ba	8,11 Aa	7,89
Médias	4,22	4,38	-	9,16	9,24	-
CV (%): parcelas = 49,13; subparcelas = 24,97				Parcelas = 20,89; subparcelas = 22,85		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com Tabela 7, a água 100% ED proporcionou matéria seca da parte aérea superior às demais, que não diferiram quando cultivadas com esterco + solo. Já quando as mudas de aroeira foram cultivadas com solo + fibra, a 100% ED foi superior às demais e as águas 50% A + 50% ED e 25% A + 75% ED apresentaram as menores médias. As águas 100%A e 75%A + 25% ED apresentaram comportamento intermediário para esta característica, o que pode ser atribuído a altos teores de N, P e K na composição da água 100% ED.

As águas não diferiram em relação à matéria seca da parte aérea quando comparadas em cada substrato, com exceção da água 100% ED, em que o substrato esterco + solo foi superior ao solo + fibra quanto a esta característica. O substrato solo + esterco apresenta uma baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) quando comparada ao solo + fibra de coco, disponibilizando, com isso, maior quantidade de nutrientes para a planta, possibilitando maior incremento de biomassa nos tratamentos que contém esterco bovino, havendo também maiores valores de N e P na composição desses substrato.

Confirmando os resultados encontrado neste trabalho, Augusto et al. (2003) trabalharam com produção de mudas de capixingui e copaíba, espécies nativas, concluindo que a água residuária favoreceu incremento na produção de matéria seca das plantas. Costa et al. (2012), confirmaram que o tratamento de 100% de água residuária tratada foi se destacou com melhores resultados na maioria das variáveis estudadas para produção mudas de timbaúba.

As mudas de aroeira apresentaram melhor resposta ao substrato que contém esterco bovino, em função da liberação mais prolongada dos nutrientes contidos nesse substrato, para o sistema radicular das plantas. De acordo com Resende et al. (2010), cada espécie vegetal

apresenta preferências por determinada combinação de substrato. Provavelmente por meio da variável matéria seca da parte aérea, a espécie estudada tenha manifestado essa preferência.

Para a relação altura da planta e diâmetro do colo das mudas cultivadas com esterco + solo, a água 100%A foi superior às demais e a água 100%ED apresentou as menores médias. As águas 75%A + 25%ED, 50%A + 50%ED e 25%A + 75%ED tiveram comportamento intermediário. Para solo + fibra, as águas não diferiram entre si.

Pelo fato de o substrato com fibra de coco não ser estável biologicamente, ou seja, bem compostado, pode provocar a competição entre microorganismos e as mudas por de nutrientes. Gomes & Paiva (2006) afirmam que a altura, combinada com seu diâmetro de colo, constitui uma das mais importantes características morfológicas para estimar o crescimento das mudas. Incrementos em altura não ocorreram em função dos pequenos teores de matéria orgânica presente no substrato solo + fibra.

Na Tabela 8 estão apresentadas as médias dos dados altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação.

As médias de altura da planta não apresentaram diferença em função da aplicação das diferentes águas de irrigações na fase inicial de crescimento (30, 60, 90, dias após a o plantio), enquanto que na fase final de crescimento (120 e 150, dias após o plantio) a água 100%ED foi superior às demais. Aos 120 dias, a água 75%A + 25%ED proporcionou as menores médias de altura da planta, enquanto que as águas 100%A, 50%A + 50%ED e 25%A + 75%ED não diferiram. Aos 150 dias, as águas 100%A, 75%A + 25%ED, 50%A + 50%ED e 25%A + 75%ED não diferiram.

Tabela 8 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de Aroeira, avaliadas em duas águas (esgoto doméstico tratado em diferentes diluições e água de abastecimento), em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Altura da planta (cm)					
Águas residuárias	Tempos (dias após a semeadura)				
	30	60	90	120	150
100% A	13,92 A	27,08 A	36,15 A	42,68 AB	44,23 B
75% A + 25% ED	16,60 A	31,45 A	37,55 A	38,33 B	38,38 B
50% A + 50% ED	11,53 A	33,30 A	37,43 A	39,60 AB	35,48 B
25% A + 75% ED	19,30 A	28,05 A	30,88 A	40,40 AB	40,93 B
100% ED	18,60 A	34,00 A	44,55 A	53,00A	59,70 A
Diâmetro do colo (mm)					
Águas residuárias	Índice de Qualidade de Dickson (adimensional)				
100% A	1,51 B	2,70 B	3,75 B	5,03 B	4,75 B
75% A + 25% ED	1,66 B	3,08 B	3,63 B	4,60 B	4,25 B
50% A + 50% ED	1,63 B	3,05 B	3,58 B	4,20 B	4,00 B
25% A + 75% ED	2,03 B	3,03 B	3,75 B	4,23 B	4,75 B
100% ED	3,03 A	4,30 A	5,88 A	6,13 A	7,05 A
Águas residuárias	Índice de Qualidade de Dickson (adimensional)				
100% A	0,05 A	0,34 B	0,72 B	0,62 B	1,00 B
75% A + 25% ED	0,08 A	0,33 B	0,64 B	0,73 B	0,70 B
50% A + 50% ED	0,23 A	0,24 B	0,47 B	0,57 B	0,66 B
25% A + 75% ED	0,10 A	0,31 B	0,36 B	0,61 B	0,78 B
100% ED	0,44 A	0,97 A	1,49 A	1,90 A	2,46 A

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O fato de a aroeira não ter apresentado diferença em altura da planta até os 90 dias pode ser justificado pela própria característica da espécie, a qual, sendo uma planta clímax da vegetação da caatinga, apresenta crescimento inicial lento. Outro fator que contribuiu para esses resultados foi o incremento de macronutrientes nos tratamentos com maiores diluições com água de esgoto doméstico (Tabela 8). Esse comportamento aos 90 dias é explicado devido ao teor de nutrientes na água 100%ED ser bastante superior ao da água de com menores proporções.

Araújo (2007) trabalhou com espécies florestais da caatinga e observou que as mudas de jucá, irrigadas com água de esgoto doméstico, tiveram crescimento inicial inferior às mudas irrigadas com água do abastecimento, e a partir dos 40 dias de idade apresentaram desenvolvimento superior e crescente. Simões et al. (2013) constataram que o aumento das doses do resíduo de esgoto propiciou maior crescimento das mudas de mamoneira avaliadas aos 42 dias após a emergência.

Nóbrega et al. (2007), estudando crescimento de aroeira (*Schinus terebinthifolius*), identificaram que com a dose de biossólido aplicado, foi obtida uma relação quadrática, sendo

a média de 16 cm a maior altura de planta com a dose de 35%. Ao final do experimento, foi possível constatar também que as mudas apresentaram alturas superiores às sugeridas para plantio (> 40 cm), devido ao crescimento ocorrido nas últimas avaliações.

Em relação ao diâmetro do colo, água 100%ED, em todas as avaliações, foi superior às demais. Por mais que a água 100%ED apresente maior concentração de nutrientes ela também tem elevados teores de sódio. No entanto, neste trabalho não foi identificado o fator adverso provocado por esses íons nas mudas de aroeira.

Quanto mais espesso for o diâmetro do colo, maior será a dilatação em seus vasos, promovendo transporte mais eficiente dos assimilados, garantindo maior sustentação da parte aérea e menos suscetibilidade ao tombamento. Costa et al. (2012), estudando o desenvolvimento de mudas timbaúba irrigadas com a água de abastecimento e de esgoto doméstico, obteve resultados diferentes dos encontrados neste trabalho em outras variáveis, destacando, porém, que a água residuária foi único fator responsável pelo desenvolvimento desse órgão da planta. Ferreira et al. (2005) observou que o crescimento do algodão herbáceo foi crescente até o final do seu ciclo, com notável diferença entre as plantas abastecidas com água residuária e com água de abastecimento, tendo as primeiras maior desempenho. A água residuária também aumentou em 73% na produtividade do algodoeiro neste último.

Quanto ao Índice de Qualidade de Dickson, aos 30 dias não houve diferença entre as águas. A partir dos 60 dias, a água 100%ED foi superior às demais, que não diferiram entre si.

Os parâmetros morfológicos e as relações utilizadas para avaliação da qualidade das mudas não devem ser utilizados isoladamente para classificação do padrão da qualidade de mudas, a fim de evitar selecionar mudas mais altas, porém fracas, descartando as menores, mas com maior vigor. O índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade.

As mudas com maiores índices de qualidade de Dickson apresentaram menores valores de diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total, relação parte aérea/sistema radicular e da relação altura da parte aérea/diâmetro do colo, demonstrando equilíbrio entre as mudas produzidas no tratamento com a água 100%ED, estabelecendo como padrão o valor mínimo do índice de qualidade de Dickson em 0,20 para as mudas produzidas em recipientes de 500 ou 1500 ml, como recomendado por Marana et al. (2008). Neste trabalho, observa-se que as mudas já apresentavam esse valor desde as primeiras avaliações, indicando qualidade para plantio no campo.

Na Tabela 9 estão apresentadas as médias dos dados matéria seca da parte aérea (g), matéria seca de raiz (g) e matéria seca total (g) de plantas de aroeira, irrigados em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação.

Tabela 9 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de aroeira, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Matéria seca da parte aérea (g)					
Tempos (dias após a semeadura)					
Águas residuárias	30	60	90	120	150
100% A	0,43 A	2,90 B	4,57 B	5,11 BC	5,69 B
75% A + 25% ED	0,65 A	2,56 B	4,65 B	5,71 B	3,75 B
50% A + 50% ED	0,54 A	2,29 B	3,86 B	3,26 C	3,86 B
25% A + 75% ED	0,80 A	2,14 B	2,63 B	4,16 BC	5,08 B
100% ED	1,77 A	5,66 A	8,06 A	12,80 A	14,63 A
Águas residuárias	Matéria seca de raiz (g)				
100% A	0,16 A	1,00 B	3,26 AB	1,74 B	4,85 B
75% A + 25% ED	0,31 A	1,44 AB	3,00 B	2,43 B	3,34 B
50% A + 50% ED	0,41 A	0,99 B	1,97 B	2,60 B	2,90 B
25% A + 75% ED	0,38 A	1,28 AB	1,20 B	2,76 B	3,01 B
100% ED	1,47 A	3,73 A	5,72 A	7,02 A	9,82 A
Águas residuárias	Matéria seca total (g)				
100% A	0,58 A	3,90 B	7,83 B	6,85 B	10,54 B
75% A + 25% ED	0,96 A	4,00 B	7,65 BC	8,14 B	7,09 B
50% A + 50% ED	0,95 A	3,28 B	5,82 BC	5,85 B	6,77 B
25% A + 75% ED	1,19 A	3,42 B	3,83 C	6,92 B	8,09 B
100% ED	3,24 A	9,39 A	13,78 A	19,82 A	24,45 A

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Não houve diferença entre águas para matéria seca da parte aérea nos primeiros 30 dias após o plantio da aroeira. A água 100%ED foi superior às demais, que não diferiram, aos 60, 90 e 150 dias. Aos 120 dias, a água 100%ED apresentou média superior às demais, e a água 50%A + 50%ED, a menor média, tendo as demais valores intermediários (tabela 9).

De acordo com Gomes (2002), o peso de matéria seca da parte aérea das mudas é uma informação que indica rusticidade, influenciando positivamente na sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo.

O fato da água 100%ED apresentar média superior deve-se à maior quantidade de macronutrientes, principalmente Ca e Mg Carpanezzi et al. (1976) indicam que as melhores populações dessa espécie aparecem em solos ricos em cálcio (Ca). Costa Filho (2010) verificou efeito positivo da aplicação da calagem em mudas dessa espécie, sobretudo na dose mais elevada, o que evidencia ser a espécie bastante exigente em cálcio (Ca) e/ou magnésio (Mg). A

uniformidade das sementes é um fator que exerce influência no desenvolvimento das mudas, inclusive quando no período de plântulas não recebem os nutrientes. Carneiro (1995), trabalhando com sementes de *Eucalyptus grandis*, classificou-as em três categorias: leves, médias e pesadas, verificando que a altura de planta das mudas e o peso da matéria seca da parte aérea, originadas de sementes médias e pesadas, foram maiores do que as de sementes leves. Como neste trabalho não houve prévia classificação das sementes, pode-se inferir que os tratamentos com menos disponibilidade de nutrientes podem manifestar esse fator de forma mais incisiva, para todas as variáveis avaliadas.

Para matéria seca de raiz, não se observou diferença entre as águas nos primeiros 30 dias. Entretanto, a partir de então, a água 100%ED foi superior às demais em todas as outras épocas de avaliação, sendo que aos 90, 120 e 150 dias, as águas 100%A, 75%A+25%ED, 50%A +50%ED e 25%A +75%ED não diferiram entre si e aos 60 dias, as águas 100%A e 50%A + 50%ED apresentaram as menores médias e as águas 75%A + 25%ED e 75%ED + 25%A apresentaram valores intermediários.

O total de matéria seca da raiz depende do bom desenvolvimento do sistema radicular da muda, havendo disponibilidade de água e nutrientes na rizosfera, para que possa cumprir suas funções básicas: ancoragem e a fixação da planta no solo, absorção e condução de água e nutrientes com condições favoráveis. Oliveira et al. (2013) obtiveram dados próximos ao deste estudo, analisando a matéria seca da raiz da cultura nativa da caatinga, mororó, que apresentou melhores resultados através da irrigação com o tratamento com diluição com 75% com esgoto doméstico tratado.

Em relação à matéria seca total, não houve diferença entre as águas nos primeiros 30 dias após o plantio. Aos 60, 120 e 150 dias, a água 100%ED proporcionou médias de matéria seca total superiores às demais, que não diferiram. Aos 90 dias, a água 100%ED também proporcionou médias superiores às demais, e a água 25%A +75%ED, as menores médias.

O acúmulo de biomassa é uma característica importante relacionada ao crescimento da planta: quanto maior for o valor da matéria seca total, melhor será a qualidade das mudas Dantas & Almeida (2008). Rebouças et al. (2010) encontraram resultados semelhantes com esse trabalho, por meio de estudo com feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado e observaram efeito positivo para a fitomassa total, com as plantas irrigadas apenas com efluentes doméstico aumentando a produção da matéria seca total em 117,07%, evidenciando que a quantidade de nitrogênio existente na água residuária supriu suficientemente as plantas na ausência da adubação mineral do solo, elevando a produção de fitomassa seca e demais variáveis.

Gurgel (2012) avaliou o uso de esgoto doméstico secundário e rizóbios na produção de mudas de timbaúba em distintos substratos, constatando tendência linear positiva de aumento da matéria seca de folha, matéria seca de caule e matéria seca da parte aérea das mudas de timbaúba, independentemente do substrato utilizado, permitindo supor que, mesmo com o fornecimento dos nutrientes por meio do esterco bovino adicionado ao substrato, houve efeito nutricional do efluente doméstico para estas variáveis.

Para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e matéria seca total, observa-se que a água 100%ED contribuiu para a maior produção de matéria seca, possivelmente em função da maior concentração de macronutrientes disponíveis nesse tratamento, de vez que essa espécie apresenta alta taxa de acúmulo de nutrientes.

Na Tabela 10 estão apresentadas as médias dos dados número de folhas, Relação altura da planta e diâmetro do colo e relação matéria seca da parte aérea/ matéria seca de raiz de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação.

Tabela 10 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	Número de folhas				
	Tempos (dias após a semeadura)				
	30	60	90	120	150
100% A	9,75 A	14,00 A	24,50 AB	16,25 B	15,75 B
75% A + 25% ED	8,75 A	13,75 A	21,00 AB	17,25 B	12,50 B
50% A + 50% ED	9,00 A	13,50 A	21,25 AB	15,25 B	14,50 B
25% A + 75% ED	11,50 A	12,75 A	17,25 B	19,75 B	15,75 B
100% ED	16,25 A	20,00 A	28,00 A	29,00 A	27,50 A
Águas residuárias	Relação altura da planta e diâmetro do colo				
100% A	9,19 A	11,33 A	9,54 A	9,05 A	9,33 A
75% A + 25% ED	10,23 A	10,23 A	10,19 A	8,48 A	9,23 A
50% A + 50% ED	7,84 A	10,95 A	10,69 A	9,52 A	8,87 A
25% A + 75% ED	10,10 A	9,21 A	8,29 A	9,54 A	8,77 A
100% ED	6,41 A	8,07 A	7,62 A	8,83 A	8,51 A
Águas residuárias	Relação matéria seca da parte aérea / Relação matéria seca raiz				
100% A	2,76 A	2,88 A	1,49 A	4,28 A	1,82 A
75% A + 25% ED	2,53 A	1,93 A	1,58 A	2,54 AB	1,63 A
50% A + 50% ED	2,15 A	2,42 A	2,41 A	1,37 B	1,69 A
25% A + 75% ED	3,17 A	1,65 A	2,36 A	1,89 AB	2,10 A
100% ED	1,20 A	1,83 A	2,20 A	1,86 AB	1,47 A

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Não houve alterações no número de folhas de aroeira até os 60 dias após o plantio, independentemente da água utilizada. Aos 90 dias, a água 100%ED proporcionou maior número de folhas e a água 25%A+75%ED, menor número, tendo as outras, 50%A+50%ED, compor-

tamento intermediário. Aos 120 e 150 dias, a água 100% ED proporcionou as maiores médias, sendo que as demais não diferiram entre si tabela 10.

Considerando que as folhas contribuem para uma maior atividade fotossintética, suprimindo mais adequadamente a planta em termos de energia. Souza et al. (2010), estudando a cultura do girassol, observaram, para as variáveis vegetativas número de folhas do girassol irrigado com água de esgoto, os valores médios de 106,26 cm; 9,41 mm e 19,33 folhas de planta, respectivamente, constatando-se superioridade estatística, quando comparados aos valores médios obtidos com a irrigação com água de poço, 81 cm; 6,23 mm e 15,33 folhas planta⁻¹, respectivamente. A contribuição da água residuária para o aumento da produção de folhas também foi observado por Nobre et al. (2009), os quais observaram que o aumento da reposição hídrica de 40 a 120% com água residuária promoveu aumento linear no número de folhas do girassol aos 39 e 63 dias após o semeio.

Para a relação altura da planta e diâmetro do colo, não houve diferença entre as águas em todas as épocas de avaliação. O valor resultante da relação altura da parte aérea e diâmetro de colo exprimem o equilíbrio de crescimento da muda em um só índice, que deve se situar no intervalo de 5,4 a 8,1. Considerando que esse intervalo possa ser utilizado para mudas de aroeira, no presente estudo foram observados valores que os médios se comportaram fora deste intervalo, exceto a água 100%ED. Sturion & Antunes (2000) destacam que constitui importante parâmetro usado para se avaliar a qualidade de mudas florestais, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo.

Para a relação parte aérea e raiz, as águas só proporcionaram diferenças em função do tempo aos 120 dias, sendo a água 100% superior às demais e a água 50%A+50%ED, inferior. As águas 75%A+25%ED, 25%A+75%ED e 100%ED não diferiram entre si e proporcionaram valores intermediários para esta característica.

Este índice é considerado eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas, pois reflete o comportamento da planta nas condições a que estão submetidas, indicando o quanto estes fatores estão influenciando o crescimento das mudas. No entanto, as mudas correspondentes apresentaram médias inferiores a 2,0. Somente a água 50%A+50%ED teve média superior a 2,0, considerada a melhor relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raiz; conforme Fonseca et al. (2006), a relação mínima determinada nesta pesquisa não se ajusta.

Carneiro (1995) aponta que o quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea não é comumente usado como índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas, mas pode ser de grande valia se utilizado principalmente para

predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo. Quanto menor for esse índice, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser sua capacidade de sobrevivência no campo.

Na Tabela 11 estão apresentadas as médias dos dados altura de planta, diâmetro do colo e Índice de qualidade de Dickson de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação.

Tabela 11– Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Altura da planta (cm)					
Tempos (dias após a semeadura)					
Tipos de substratos	30	60	90	120	150
Esterco + solo	16,35 A	32,19 A	35,22 A	40,55 A	42,38 A
Solo + fibra	15,63 A	29,36 A	39,40 A	45,05 A	45,10 A
Diâmetro do colo (mm)					
Esterco + solo	2,20 A	3,13 A	4,06 A	4,35 B	5,16 A
Solo + fibra	1,74 B	3,33 A	4,17 A	5,32 A	4,76 A
Índice de Qualidade de Dickson					
Esterco + solo	0,23 A	0,38 A	0,67 A	0,85 A	1,28 A
Solo + fibra	0,13 A	0,50 A	0,80 A	0,92 A	0,97 B

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para diâmetro do colo, o esterco + solo proporcionou média superior ao solo + fibra, aos 30 dias; aos 120 dias, foi inferior após o plantio. Aos 60, 90 e 150 dias, os substratos não proporcionaram diferenças entre si para esta característica (Tabela 11). A explicação para alternância e comportamento do substrato em relação ao comportamento das variáveis no decorrer do experimento está ligada ao vigor das sementes. Segundo Caldeira et al. (2008), tanto a qualidade morfológica quanto a fisiológica das mudas dependem da carga genética e da procedência das sementes e das condições ambientais.

Esta característica morfológica é a que mais bem se ajusta aos modelos de predição da sobrevivência das mudas no campo Knapik et al. (2007). De acordo com Carneiro (1995), as mudas devem apresentar diâmetro de colo maior visando ao melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea. Knapik et al. (2007) afirmam que mudas com maior diâmetro de colo possuem maior quantidade de raízes primárias laterais, muito importantes para aumentar a sobrevivência das mudas após o plantio, principalmente quando as condições ambientais são adversas.

O que ocorreu neste estudo é semelhante ao comportamento que Cunha et al. (2005) observaram, quando efeito significativo positivo do substrato enriquecido com esterco bovino no crescimento em altura mudas, diâmetro do colo e índice de qualidade de Dickson pode

estar relacionado à maior disponibilidade de P, Ca, Mg e K e com o pH, situado em níveis adequados ao desenvolvimento das plantas. Cunha et al. (2005), estudando a influência do substrato no desenvolvimento inicial de mudas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.), concluíram que as plantas com melhor aparência e equilíbrio (maior altura e diâmetro) foram aquelas originadas dos substratos solo + esterco bovino, na proporção de 3:1, para volume.

Na Tabela 12 – Estão apresentadas as médias para matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz e a Relação matéria seca parte aérea / matéria seca raiz de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação.

Tabela 12 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Matéria seca da parte aérea					
Tempos (dias após a semeadura)					
Tipos de substratos	30	60	90	120	150
Esterco + solo	0,86 A	3,03 A	4,18 B	5,77 A	7,27 A
Solo + fibra	0,82 A	3,19 A	5,33 A	6,64 A	5,94 B
Matéria seca de raiz					
Esterco + solo	0,63 A	1,42 A	2,71 A	3,65 A	5,21 A
Solo + fibra	0,46 A	1,96 A	3,34 A	2,97 A	4,26 A
Matéria seca total					
Esterco + solo	1,49 A	4,45 A	6,89 B	9,43 A	12,48 A
Solo + fibra	1,28 A	5,15 A	8,67 A	9,61 A	10,30 B

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para matéria seca da parte aérea e matéria seca total, os substratos comportaram-se semelhantemente quanto a estas duas características aos 30, 60 e 120 dias após o plantio. Aos 90 dias, o solo + fibra mostrou-se superior ao esterco + solo, contraditoriamente aos 150 dias, quando esterco + solo foi superior a solo + fibra.

Neste estudo, observa-se alternância do comportamento dos substratos em relação à produção de matéria seca da planta, fator que deve estar provavelmente ligado ao vigor das sementes e ao fato de um dos substratos ser capaz de disponibilizar nutrientes à planta. Segundo Carneiro (1995), sementes desuniformes ocasionam interferência na produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total de uma espécie.

Brandão (2000) afirma que pela massa de matéria seca é possível saber qual substrato forneceu maior quantidade de nutrientes às mudas. Com base nesse estudo, os resultados indicam que não é possível indicar o melhor substrato para um maior incremento de matéria seca para

a aroeira, na maior parte do experimento deixando evidente que os substratos contribuíram de forma semelhante. Já o substrato Esterco + solo na fase final das avaliações proporcionou maiores médias para as características matéria seca da parte aérea, matéria seca total. A matéria orgânica estável no substrato solo + esterco possibilitou maior disponibilidade de nutrientes, decorrentes da própria composição dos dejetos bovinos e, conseqüentemente, essas variável apresentou maior desenvolvimento.

Na Tabela 13 estão apresentadas as médias para o número de folhas, relação altura da planta /diâmetro do colo e relação matéria seca parte aérea / matéria seca raiz de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação.

Tabela 13 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Tipos de substratos	Número de folhas				
	Tempos (dias após a semeadura)				
	30	60	90	120	150
Esterco + solo	11,40 A	15,40 A	20,90 A	18,20 A	17,20 A
Solo + fibra	10,70 A	14,20 A	23,90 A	20,80 A	17,20 A
Tipos de substratos	Relação altura da planta e diâmetro do colo				
Esterco + solo	8,18 A	11,10 A	8,84 A	9,42 A	8,25 A
Solo + fibra	9,33 A	8,81 B	9,69 A	8,75 A	9,63 A
Tipos de substratos	Relação matéria seca parte aérea / matéria seca raiz				
Esterco + solo	2,02 A	2,09 A	1,78 A	1,96 A	1,86 A
Solo + fibra	2,70 A	2,19 A	2,23 A	2,81 A	1,63 A

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As mudas de aroeira não diferiram em altura da planta e a relação parte aérea e raiz quando plantadas com esterco + solo ou solo + fibra durante todo o período de avaliação. Para a relação altura da planta e diâmetro do colo, só houve diferença entre os substratos aos 60 dias, quando o esterco + solo proporcionou média superior a solo + fibra. Aos 30, 90, 120 e 150 dias, os substratos foram semelhantes estatisticamente.

Os resultados do índice Relação altura da planta e diâmetro do colo mostraram equilíbrio entre os substratos contribuído de forma positiva para o bom desenvolvimento das mudas, indicando que as mudas de aroeira conseguem sobreviver em meio alcalino e ser manter equilibradas. Pode-se perceber que os valores das médias no intervalo recomendado, 5,4 a 8,1. O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo diâmetro do coleto exprime

um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos em apenas um índice Carneiro, (1995), também denominado quociente de robustez, sendo considerado um dos mais precisos, pois fornece informações de quanto delgada está a muda.

O índice de qualidade Relação parte aérea e raiz evidencia que as mudas produzidas com Esterco + solo e Solo + fibra não deferiram. Neste sentido, deve-se dizer que as médias da relação parte área e raiz estão próximas de 2, sendo importante analisar essa relação quando as mudas vão para o campo, pois a parte aérea das mudas não deve ser muito superior que a da raiz em função dos possíveis problemas no que se refere a absorção de água para a parte aérea.

5.2 ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS CULTIVADOS COM MUDAS DE AROEIRA

A Tabela 14 traz o resumo das análises de variância dos dados de substrato.

5.2.1 pH e Condutividade Elétrica (CE)

A Tabela 15 representa o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para o pH e a Condutividade Elétrica.

Tabela 15 – Valores de médias de pH e CE de substratos cultivados com mudas de aroeira e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	pH			CE		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	7,3Aa	7,5Aa	7,4	0,31 Ca	0,27 Aa	0,29
75% A + 25% ED	7,4Aa	7,4Aa	7,4	0,32 Ca	0,42 Aa	0,37
50% A + 50% ED	7,4Aa	7,4Aa	7,4	0,88 Ba	0,48 Ab	0,68
25% A + 75% ED	7,1Aa	7,4Aa	7,2	1,09 Ba	0,49 Ab	0,79
100% ED	7,5Aa	7,5Aa	7,5	1,75 Aa	0,57 Ab	1,16
Médias	7,3 a	7,4 a		0,87	0,44	
CV (%) = 3,2				CV (%) = 15,6		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 14 – Resumo das análises de variância dos dados de pH, Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do substrato, cultivado com mudas de aroeira com irrigadas com diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.¹

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios										
		pH	CE	MO	N	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	PST
Águas (A)	4	0,03 ^{ns}	0,49 ^{**}	42,21 ^{**}	618,33 ^{**}	25.593,10 ^{**}	141.941,28 ^{**}	63.158,83 ^{**}	7,22 ^{**}	3,27 ^{**}	34,00 ^{**}	233,68 ^{**}
Substratos (S)	1	0,05 ^{ns}	0,89 ^{**}	1,21 [*]	2.486,5 ^{**}	670,48 ^{ns}	3.348,87 ^{**}	135.630,45 ^{**}	0,65 ^{**}	0,008 ^{ns}	0,003 ^{ns}	470,45 ^{**}
A x S	4	0,01 ^{ns}	0,26 ^{**}	2,68 ^{**}	50,8 [*]	5.029,11 ^{**}	10.187,65 ^{**}	4.383,33 ^{**}	1,04 ^{**}	0,06 ^{ns}	4,13 ^{**}	51,83 ^{**}
Resíduo	10	0,05	0,01	0,16	11,55	227,04	230,95	623,15	0,03	0,03	0,02	1,25
Médias		7,4	0,66	14,4	58,2	84,8	350,3	315,4	3,0	1,29	6,8	22,0

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5%; e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Os substratos não apresentaram diferença estatística para os valores de pH, quando irrigados com diferentes proporções de água de esgoto doméstico. Vale destacar que mesmo nos tratamentos nos quais não houve aplicação de água esgoto doméstico tratado o pH foi elevado, o que é explicado pelo fato de a água de abastecimento apresentar valor de pH 7,4 e com as sucessivas irrigações os tratamentos tendem a acompanhar o pH das águas de irrigações.

Por meio das análises dos substratos dos diferentes tratamentos ao final do experimento, constata-se que para o pH e CE eles registraram aumento. Comparadas à análise inicial do substrato, o nitrogênio (N) é mais bem aproveitado pela planta em solo com pH acima de 5,5 e sua disponibilidade máxima verifica-se na faixa de pH do solo entre 6 e 6,5 para depois diminuir. O fósforo (P) tem melhor disponibilidade para as plantas em pH 6 a 6,5. O potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) é mais bem aproveitado em pH do solo maior que 5,5.

Contudo, a literatura apresenta relatos de aumento de pH decorrente da aplicação de água esgoto doméstico tratado de distintas naturezas no solo. Tais alterações estão associadas à composição e à dose do efluente Ferreira et al. (2003). Medeiros et al. (2005) observou aumento do pH do solo quando comparou o manejo com água residuária de origem doméstica com o manejo com adubação química convencional.

Cavallet et al. (2006), estudando a melhoria da fertilidade do solo decorrente da adição de água esgoto doméstico tratado da indústria de enzimas, verificaram que o maior valor de pH foi constatado no tratamento com a maior dosagem aplicada e ainda propôs a possibilidade de correção da acidez do solo pela utilização da água esgoto doméstico tratado.

Neste trabalho, observou-se acréscimo nos valores do pH dos substratos; no entanto, o aumento aconteceu em todos os tratamentos, mesmo aqueles irrigados com em menores proporções de água esgoto doméstico tratado. Esse aumento de pH dos substratos está relacionado tanto com os sais das águas de irrigação e o acúmulo destes nos recipientes de cultivo, como também ao teor de matéria orgânica presente nos substratos antes do cultivo.

Com relação à condutividade elétrica, observou-se que o substrato esterco bovino + solo se comportou estatisticamente diferente dos demais tratamentos, com valores de média ($1,75 \text{ dS/m}^{-1}$) acima de todos os tratamentos. No entanto, este valor não compromete o desenvolvimento das mudas, não afetando a absorção de água e nutrientes, bem como não compromete a produtividade e o acúmulo de matéria seca. Vale destacar que durante o período de condução do experimento não foi constatada nenhuma característica relacionada a níveis elevados de condutividade elétrica.

Como a CE da água de irrigação proveniente do esgoto doméstico tratado, da água de abastecimento de poço tubular e a CE da zona radicular no solo estão abaixo de $1,3 \text{ dS/m}^{-1}$, conclui-se que essas águas são adequadas para irrigar culturas sensíveis à salinidade. No que se refere à salinização do solo, o esgoto doméstico aplicado representou grau de restrição ligeiro e moderado, pois a condutividade elétrica ficou no intervalo $0,7$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ Ferreira et al., (2003).

5.2.2 Nitrogênio (N) e Matéria Orgânica (MO)

A Tabela 16 representa o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para a Matéria orgânica (MO) e o Nitrogênio (N).

Tabela 16 – Valores de médias de matéria orgânica e nitrogênio de substratos cultivados com mudas de aroeira e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	MO (g/kg^{-1})			N (mg/dcm^3)		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	10,0 Da	10,1 Da	10,1	36,0 Cb	50,5 Ca	43,3
75% A + 25% ED	12,8 Ca	12,9 Ca	12,8	38,5 BCb	66,5 Ba	52,5
50% A + 50% ED	15,8 Ba	13,7 BCb	14,7	42,5 BCb	70,0 Ba	56,3
25% A + 75% ED	16,8 ABa	14,7 Bb	15,7	48,5 Bb	75,5 ABa	62,0
100% ED	18,0 Ab	19,6 Aa	18,8	69,5 Ab	84,0 Aa	76,8
Médias	14,7	14,2		47,0	69,3	
CV (%) = 2,3				CV (%) = 5,8		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para o Nitrogênio, nota-se que os seus teores nos substratos apresentaram quantidades relativamente elevadas, principalmente nos tratamentos que receberam irrigação com maior proporção de água de esgoto doméstico. Quando comparados esses valores, ao do início do experimento, observa-se esse aumento. Provavelmente o aumento de N nesses tratamentos deve-se ao fato de o nitrogênio presente nas águas residuárias encontrar-se na forma orgânica, e que pode ser mineralizada após sua disposição no substrato. A mineralização dos constituintes nitrogenados libera substrato, íons inorgânicos de nitrogênio, principalmente, amônio e nitrato Santos et al. (2006).

Os substratos solo esterco + bovino e solo + fibra de coco com aplicação água 100% esgoto doméstico tratado apresentaram as maiores concentrações de Nitrogênio após o cultivo $69,5 \text{ mg/dcm}^3$ e 84 mg/dcm^3 de N, respectivamente. Da Cruz et al. (2008), utilizando água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo, constatou o aumento das quantidades de N, P, K e Ca no substrato de cultivo. Já Gurgel

(2012) obteve dados diferentes, pesquisando uso de esgoto doméstico secundário e rizóbios na produção de mudas de timbaúba em distintos substratos, concluindo que os teores de nitrogênio nos substratos não foram influenciados pelas concentrações de água residuária.

Esses valores são considerados elevados, visto que é após o cultivo. Mendonça et al. (1999), estudando exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva*, recomendaram adubação de Nitrogênio de 0,1g/Kg. Já em um estudo de recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica, para produção de mudas em sacos plásticos, a recomendação é de 0,15 de nitrogênio g/Kg. Avaliando dessa forma, os tratamentos apresentaram valores de nitrogênio próximos aos recomendados por estes pesquisadores para a produção de mudas.

Comparando os teores de matéria orgânica em ambos os tratamentos, pode-se observar a tendência de o tratamento com 75%ED e 100%ED apresentar maiores valores, como também quando comparada na análise antes do experimento. Acredita-se que a maior quantidade de matéria orgânica presente na água de irrigação foi responsável por este aumento no final do experimento, mesmo com atividade microbiológica para decomposição da matéria orgânica.

Do ponto de vista químico, a MOS é frequentemente a maior fonte de cargas negativas nos solos e sua manutenção é muito importante para a retenção de cátions nos solos. A importância da MOS nas propriedades físicas baseia-se na sua participação como agente cimentante na agregação do solo, influenciando diretamente na retenção de água, no arejamento, na penetração das raízes e na resistência a erosão Araújo, (2010).

De acordo com Novais (2007), sem especificação para determinada cultura, a Comissão afirma que o nível crítico para MO no solo é de 40 g/kg⁻¹ e que valores superiores a 70 g/kg⁻¹ são classificados como Muito bom. Entre estes valores está a classe considerada como Bom. Para Matiello (1991), em solos arenosos o teor adequado de MO é de 4 g/kg, ao passo que em solos argilosos, a riqueza em MO ocorre em teores superiores a 10 g/kg.

Nos tratamentos com solo + esterco bovino e solo + fibra de coco, observa-se que os teores de matéria orgânica foram crescentes na medida em que aumentaram as proporções de irrigação com água de esgoto doméstico tratado, destacando o tratamento que recebeu aplicação com 100% de água de esgoto tratado, com as maiores médias. Desta forma, águas residuárias de origem doméstica associado aos substratos com teor elevado de material orgânico contribuíram para manter o teor de matéria orgânica e aplicações sucessivas destas águas tendem a aumentar cada vez mais o seu teor no recipiente, de vez que não há perda por lixiviação. Desta forma, acredita-se que o teor de matéria orgânica contribuiu positivamente para o desenvolvimento das mudas.

5.2.3 Fósforo (P) e Potássio (K)

A Tabela 17 traz o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para a Fósforo (P) e o Potássio (K).

Tabela 17 – Valores de médias de fosforo e potássio de substratos cultivados com mudas de aroeira e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	P (mg/dm ³)			K (mg/dm ³)		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	9,0 Ca	9,0 Ba	9,0	157,0 Da	178,0 Da	167,5
75% A + 25% ED	10,1 Ca	10,5 Ba	10,3	169,0 Db	231,0 Ca	200,0
50% A + 50% ED	11,0 Cb	135,5 Aa	73,3	287,5 Cb	333,6 Ba	310,6
25% A + 75% ED	140,0 Ba	145,5 Aa	142,8	538,0 Ba	362,5 Bb	450,3
100% ED	225,0 Aa	152,5 Ab	188,8	664,5 Aa	581,5 Ab	623,0
Médias	79,0	90,6		363,2	337,3	
CV (%) = 17,8				CV (%) = 4,3		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As quantidades de fósforo (P) nos tratamentos variaram na medida em que se elevava a aplicação com maiores proporções de água residuária, observando-se valores de 225mg/dm³ no tratamento 100% água residuária com o substrato - solo +esterco bovino; para o tratamento 100% de água residuária com o substrato - solo + fibra de coco, o teor de fósforo foi de 152,5mg/dm³. Cavalcanti & Noskoski (1998), nas recomendações de adubação para o estado de Pernambuco, classifica como baixos valores de P menor que 11 mg/dm³, médios de 11 a 30 mg/dm³ e altos, maiores do que 30 mg/dm³.

Mendonça et al. (1999), pesquisando as exigências nutricionais de *myracrodruon urundeuva fr. all*, propuseram adubação básica de fósforo (P) para produção de mudas dessa espécie de 300mg/dcm³. Fernandes et al. (2007), em estudo sobre o crescimento e absorção de nutrientes por mudas de Freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo, verificaram que a aplicação de doses de fósforo no solo 0; 150; 300 e 450 mg/dm³ provocou aumento linear significativo no teor e conteúdo do nutriente nas folhas, caules e raízes das mudas.

Para a produção de mudas de eucalipto em mistura com o substrato a ser utilizado, recomenda-se doses de P₂O₅ em torno de 640 g m³ ou 0,28 mg/dm³.

Tomando como base de adubação de fósforo (P) a aroeira, a recomendação de Mendonça et al. (1999) e, ao mesmo tempo, comparando com os valores obtidos nos tratamentos, infere-se que as quantidades de fósforo presentes nos substratos e nas águas de irrigação não

foram suficientes para suprir a demanda desse elemento para essa espécie florestal, mesmo sabendo que um par desse elemento já foi exportada pela muda.

Para a concentração de Potássio nos substratos, nos tratamentos em que se aplicou 100% de esgoto doméstico, foi obtida maior concentração, deferindo estatisticamente, em relação aos tipos de água.

As quantidades de potássio (K^+) encontradas na análise de solo antes do cultivo, demonstram valores de 240 mg/dm^3 para o substrato solo + esterco bovino e 181 mg/dm^3 no substrato solo + fibra de coco. Esses valores de médias, estão de acordo com a classificação proposta por Ribeiro et al. (1999), e demonstra muito boa e boa quantidade deste nutriente no sol. Os resultados das análises químicas dos tratamentos após a pesquisa demonstram alterações significativas para estes valores, indicando que as águas de irrigação foram o fator determinante para a elevação dos teores de potássio nos tratamentos.

O aumento na concentração de potássio nos substratos ocorreu mediante as irrigações sucessivas com águas residuárias, apesar de ser o elemento com alta mobilidade no solo, o cultivo em recipiente controlado não permitiu sua lixiviação, causado efeito cumulativo nos substratos. Devido à quantidade desse nutriente exigido pelas plantas não ser elevada, a irrigação com efluente poderia suprir adequadamente as plantas.

O potássio tem inúmeras funções na planta, destacando-se a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração, além de ser essencial na manutenção do equilíbrio osmótico pelo qual os estômatos abrem-se garantindo a absorção adequada de CO_2 para a realização do processo fotossintético Novais (2007).

Por ser um íon monovalente, apresenta alta mobilidade no solo e pode perder-se facilmente por lixiviação, especialmente solos de baixa CTC e que receberam aporte elevado de Ca^{2+} e Mg^{2+} , elementos que competem com o K^+ pela adsorção ao solo. O manejo da irrigação com esgoto, portanto, deve prever essas interações para garantir o suprimento adequado de potássio às plantas.

De acordo com Ribeiro et al. (1999), o teor de K no solo é classificado da seguinte forma: menor ou igual a 15 (muito baixo), de 16 a 40 (baixo), de 41 a 70 (médio), de 71 a 120 (bom) e maior que 120 mg/dm^3 (muito bom), respectivamente. Desta forma, o solo apresenta quantidade média de K^+ no solo.

5.2.4 Sódio (Na) e Cálcio (Ca)

A Tabela 18 traz o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para a Sódio (Na) e o Cálcio (Ca).

Tabela 18 – Valores de médias de sódio e cálcio de substratos cultivados com mudas de aroeira irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	Na			Ca		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	247,5 Da	135,0 Cb	191,3	1,70 Ca	1,65 Ba	1,68
75% A + 25% ED	278,0 Da	163,0 Cb	220,5	1,85 Ca	1,65 Ba	1,75
50% A + 50% ED	362,5 Ca	215,0 BCb	288,8	1,95 Cb	4,05 Aa	3,00
25% A + 75% ED	462,5 Ba	288,0 ABb	375,3	3,85 Bb	4,25 Aa	4,05
100% ED	638,0 Aa	364,0 Ab	501,0	4,90 Aa	4,45 Ab	4,68
Médias	397,7	233,0		2,85	3,21	
CV (%) = 7,9				CV (%) = 5,5		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Nesta pesquisa, as quantidades de Sódio (Na⁺) encontradas na análise dos substratos demonstram diferença significativa entre as águas, quando aplicadas maiores concentrações de água de esgoto doméstico. Nos tratamentos 0% água esgoto doméstico tratado - solo, 25% água esgoto doméstico tratado - 50% água esgoto doméstico tratado, houve os menores valores de média. Nesse trabalho, os valores de sódio nas águas esgoto doméstico possuem elevada concentração, efeito constatado nas análises químicas dos substratos. No trabalho desenvolvido por Santos et al. (2006) com água residuária de origem doméstica, verificou-se acúmulo de sódio no solo, devido à elevada concentração do mesmo no efluente.

Devido ao grande impacto nas propriedades do solo e rendimento das culturas, a determinação dos níveis de Na⁺ na água de irrigação é essencial. Segundo Almeida (2010), a elevada concentração de sódio, em relação à concentração de potássio, cálcio e magnésio, pode acarretar trocas destes dois últimos cátions pelo íon sódio no solo, contribuindo para sua degradação.

A concentração de cálcio teve tendência a aumentar nos tratamentos que receberam aplicação de maiores concentrações de água de esgoto doméstico, deferindo estatisticamente dos demais. Para os substratos solo + esterco bovino com irrigação 100% água de esgoto, o teor de cálcio foi de 4,9 cmol_c /dm³. Os teores de cálcio permitem classificar os distintos tratamentos como bom aqueles na faixa 2,41 a 4,0 cmol_c /dm³ e muito bom o que é superior a 4,0 cmol_c/dm³, conforme as recomendações da CFSEMG (1999). Segundo Santos et al. (2006), ao longo do tempo há uma tendência em diminuir os teores de cálcio

do solo irrigado com água esgoto doméstico, atribuindo o fato ao aumento da concentração de sódio, que desloca o cálcio do complexo de troca.

5.3 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS MUDAS DE AROEIRA

A Tabela 19 traz o resumo das análises de variância dos dados do estado nutricional de mudas aroeira.

Tabela 19 – Resumo das análises de variância dos dados Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), do tecido foliar de mudas de aroeira irrigadas com diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.¹

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Águas (A)	4	240,56 **	0,57 **	15,45 **	0,50 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Substratos (S)	1	31,25 **	0,24 **	0,68 ^{ns}	2,58 ^{ns}	0,59 ^{ns}
A x S	4	13,19 **	0,05 **	0,09 **	1,52 **	0,01 ^{ns}
Resíduo	10	1,36	0,02	2,04	0,68	0,23
Médias		17,6	0,79	83,2	1,72	1,52

¹ ns, *, **: não significativo; significativo a 5%; e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

5.3.1 Nitrogênio (N) e Fósforo (P)

A Tabela 20 traz o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para a Nitrogênio (N) e o Fósforo (P).

Tabela 20 – Valores de médias nitrogênio e fósforo do tecido foliar de mudas de aroeira cultivados em dois substratos e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	N (g/kg)			P (g/kg)		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	1,40 Cb	8,85 Ca	5,13	0,40Ba	0,35Da	0,37
75% A + 25% ED	12,65 Bb	17,95 Ba	15,30	0,46Ba	0,57CDa	0,52
50% A + 50% ED	21,20 Aa	20,70 ABa	20,95	0,49Ba	0,98BCb	0,73
25% A + 75% ED	22,80 Aa	22,65 Aa	22,73	0,99Aa	1,14ABa	1,06
100% ED	23,90 Aa	24,30 Aa	24,10	1,09Aa	1,47Aa	1,28
Médias	16,39	18,89		0,68 b	0,90 a	
CV (%) = 6,6				CV (%) = 18,5		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para o nitrogênio, as mudas cultivadas no substrato solo + esterco bovino obtiveram os maiores teores de N na medida em que aumentaram os volumes de água esgoto doméstico, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos. Comportamento semelhante foi observado para as mudas cultivadas no substrato solo + fibra de coco, ou seja, nos tratamentos solo

+ esterco bovino com concentrações 75% o teor de N foi 22,80 g/kg e para 100%ED o valor foi 23,9. Para substrato solo + fibra de coco, ocorreu a mesma tendência: as concentrações 75% e 100% proporcionaram os maiores teores de nitrogênio no tecido foliar das mudas de aroeira, com os valores de 22,3 g/kg e 24,1. As mudas de aroeira cultivadas nestes tratamentos apresentaram teores de N no tecido foliar dentro de um intervalo adequado (entre médio e alto), em função das maiores concentrações de N e matéria orgânica na água de esgoto doméstico tratado.

Alguns autores apresentam os valores de N adequados para o tecido foliar de espécies florestais: Silveira et al. (2005), acima de 18 g /kg; Kopinga & Van Den Burg (1995), acima de 21 g /kg e Larcher (2000), entre 15-25 g/ kg.

As mudas cultivadas nos tratamentos que não receberam a aplicação de água esgoto doméstico tratado apresentaram quantidades de N no tecido foliar (1,8 g/kg de N; e 8,6 g/kg de N) abaixo do limite mínimo.

Em estudo realizado, Brun (2010) relataram teores foliares de 22,2 g /k g para *Caesia pinia pluviosa*. Para o Nitrogênio, segundo Larcher (2000), o intervalo geral de ocorrência nas plantas é entre 15 e 25 g/ kg. Mendonça et al. (1999) pesquisando as exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão), encontraram os maiores teores de N 18,3 g /k no tratamento com adubação básica de 150 g de N, 700 g de P₂O₅, 100 g de K₂O e 200 g.

Com os resultados dos teores de Nitrogênio foliar encontrados nesta pesquisa, está comprovado o potencial da água esgoto doméstico tratado como fonte de nutrientes e seu uso para produção de mudas. Outros autores confirmam este fato: Augusto (2007), utilizando águas provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *eucalyptus grandis*, obteve teor de N de 19,25 g/kg nos tecidos foliares das plantas do tratamento com água residuária; da Da Cruz et al. (2008) usando a água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo, constataram que o teor de N na parte aérea das mudas de maracujazeiro foi influenciado pelas concentrações 50% 32,4 g/kg; 75% 32,8 g/kg; 31,1 g/kg de água residuária de suinocultura aplicadas e Gurgel (2012), produzindo mudas de Timbaúba, encontrou valores para o nitrogênio nas folhas em média de 24,16 g /kg cultivadas no substrato mistura e também irrigadas com o esgoto doméstico.

Para os valores de fósforo no tecido foliar mudas, observa-se que quando cultivadas no substrato solo + esterco bovino, não houve diferença estatística nos tratamentos que receberam a aplicação com as maiores concentrações de esgoto doméstico tratado,

apresentando comportamento superior aos demais tratamentos. Comportamento semelhante foi observado para o substrato solo + fibra de coco.

Segundo a classificação apresentada por Silveira et al. (2005), os teores de P são considerados muito baixos em tecidos de plantas quando menores que 1,0 g/kg, baixos quando entre 1 e 1,4 g/kg, normais quando entre 1,4 e 1,9 g/kg e altos quando acima de 1,9 g/kg.

Comparando os valores apresentados por esse autor com os obtidos neste trabalho, conclui-se que as mudas cultivadas no substrato solo + esterco bovino sob a irrigação de água esgoto doméstico tratado apresentaram teores de fósforo foliar muito baixos, nos tratamentos com concentrações de 0% com valor 0,40 g/kg; 25% com valor de 0,46 g/kg; 50% com valor de 0,49 g/kg; 75% com valor de 0,99 g/kg, além de apresentara valor baixo para o tratamento na concentração de 100% com o valor de k/kg 1,09. Valores com quantidades muito baixos de fósforo na análise foliar foram encontrados por Brun (2012), estudando a avaliação nutricional de espécies nativas utilizadas na arborização, observando teores de fósforo de 0,96 g/kg para a espécie *Eugenia uniflora* e de 0,97 g/kg para *Parapipitadenia rigida*.

Ainda de acordo com os limites de fósforo propostos por Silveira et al. (2005), para as mudas de aroeira cultivadas no substrato solo + fibra de coco, observa-se que este apresentou teores de fósforo foliar muito baixos sob a irrigação de esgoto doméstico tratado para as proporções 0% com valor 0,35g/kg; 25% com valor de 0,57 g/kg; 50% com valor de 0,98 g/kg e apresentou valor baixo nos tratamentos com proporção 75% com valor de 1,14 g/kg e 100% com valor de 1,47 g/kg.

Diferentemente dos valores apresentado neste trabalho, outros autores têm encontrado resultados mais significativos para os teores de fósforo em espécie florestais, quando utilizam como fonte de irrigação a aplicação de águas residuárias: Augusto (2007) produzindo mudas de *eucalyptus grandis* com águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos, encontrou valores altos para o fósforo, 2,78 g/kg; Miggiolaro (2011), estudando o desenvolvimento mudas de duas espécies do gênero *qualea* utilizando água residuária, fertirrigação e irrigação por capilaridade, teve como resultado 4,0 g/kg para o fósforo no substrato comercial e 0,2 g/kg utilizando mistura; da Da Cruz (2008), usando água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo, observou nos tratamentos com irrigação nas proporções 50%; 75%; 100% valores de fósforo de 2,6 g/kg; 2,6 g/kg e 3,1 g/kg, respectivamente.

Apesar disso, os baixos teores de P foliar em mudas de aroeira estão relacionados a dificuldades da planta em absorver esse nutriente, como também às quantidades baixas desse

elemento nos substratos e nas águas de irrigação, bem como o alto valor pH contribui para essa deficiência.

5.3.2 Potássio (K) e Cálcio (Ca)

A Tabela 21 traz o desdobramento da interação de águas em tipos de substrato para a Potássio (K) e o Cálcio (Ca).

Tabela 21 – Valores de médias potássio e cálcio do tecido foliar de mudas de aroeira cultivados em dois substratos e irrigados com diferentes águas. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	K			Ca		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	7,55Ba	7,40Ba	7,48	1,76Aa	1,97Aa	1,86
75% A + 25% ED	9,90ABa	10,30ABa	10,10	2,88Aa	1,68ABb	2,28
50% A + 50% ED	11,05Aa	11,70Aa	11,38	0,76Bb	2,09Aa	1,43
25% A + 70% ED	11,65Aa	12,15Aa	11,90	0,88Bb	2,30Aa	1,59
100% ED	12,15Aa	12,60Aa	12,38	0,54Cb	2,38Aa	1,46
Médias	10,46 a	10,83 a		1,36 a	2,08 a	
CV (%) = 13,4				CV (%) = 47,9		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

De acordo com Tabela 21, as águas 50%, 75%, 100% esgoto doméstico proporcionaram teores de potássio foliar superiores às demais, que não diferiram quando cultivadas com esterco + solo. As mudas de aroeira cultivadas com solo + fibra, apresentaram comportamento semelhante, com a água 100% abastecimento apresentando a menor média.

As águas não diferiram em relação ao teor de K foliar quando comparadas em cada substrato.

Em espécies florestais, tomando como referência as espécies do gênero *Eucalyptus*, *Pinus* e *Araucaria*, as faixas adequadas de K, segundo SBCS-CQFS (2004), ficam entre 6 e 15 g/kg; Epstein & Bloom (2004), por sua vez, apresentam teor referência superior a 10 g/kg de potássio como adequado na matéria seca de plantas, em termos gerais, independentemente de espécie.

Tomando esses limites como parâmetro para analisar os valores de potássio no tecido foliar de mudas de aroeira, observa-se que as mudas cultivadas no substrato solo + esterco bovino sob a irrigação de água esgoto doméstico tratado apresentaram teores foliar dentro do limite proposto por SBCS-CQFS (2004) em todos os tratamentos, sendo que os maiores teores de K foram encontrados nos tratamentos com aplicação das maiores proporções de água esgo-

to doméstico tratado. Mesmo assim, quando se considera como referência o limite proposto por Epstein & Bloom (2004), apenas os tratamentos que receberam irrigações com menor proporção de água esgoto doméstico tratado se encontram fora desta faixa.

Para as mudas cultivadas no substrato solo + fibra de coco sob irrigações com diferentes proporções de água esgoto doméstico tratado, todos os tratamentos estão dentro dos limites propostos por SBCS-CQFS (2004), principalmente as mudas cultivadas nos tratamentos que receberam as maiores aplicações de água esgoto doméstico tratado. Baseado em Epstein & Bloom. (2004), observa-se que todos os tratamentos proporcionaram às mudas de aroeira valores adequados de potássio no tecido foliar, exceto nas mudas em que o tratamento não recebeu aplicação de água esgoto doméstico tratado, com um teor de K baixo, 7,40 g/kg.

Apesar de nem todos os tratamentos proporcionarem às mudas de aroeira valores de Potássio dentro do limite recomendado para espécies florestais, constata-se que as mudas que não se enquadraram nessa faixa obtiveram valores bem próximos a esse valor de referência. Desta maneira, entende-se que as mudas de aroeira produzidas nesta pesquisa não apresentam grandes deficiências para o potássio. Outros autores obtiveram resultados mais significativos do que os apresentados nesta pesquisa: Gurgel (2012), usando esgoto doméstico secundário e rizóbios na produção de mudas de espécie florestal da caatinga, encontrou valores adequados de K nas folhas de timbaúba entre 11 g/kg e 16,82 g/kg; Lemos (2011) encontrou valores de K bem acima do limite proposto por SBCS-CQFS (2004) e Epstein & Bloom (2004), na diluição com 50% de água residuária, apresentaram o menor valor (58,54 g/kg) e com água 100% residuária o valor foi 67,86 g/kg de K.

Com relação ao teor de Cálcio foliar, a água de abastecimento e a diluição com 25% de esgoto doméstico proporcionaram teores de cálcio foliar superiores às demais, que não diferiram quando cultivadas com esterco + solo. As mudas de aroeira cultivadas com solo + fibra apresentaram comportamento contrário, com a água 100% esgoto doméstico apresentando os maiores valores de média.

As águas diferiram em relação ao teor de K foliar quando comparadas em cada substrato com o substrato solo + fibra, mostrando-se superiores em todos os tratamentos, exceto no que recebeu aplicação 25% de água de esgoto doméstico tratado. O que pode explicar o fato de que as mudas cultivadas nos tratamentos que receberam as maiores aplicações de água residuária apresentarem as maiores concentrações de Ca nas análises foliar se deve, segundo Novais (2007), a que as quantidades de Na e K presentes no substrato de cultivo, quando elevadas, geralmente implicam em diminuição dos teores de Ca e Mg na planta. O autor considera que isso pode ser explicado considerando o efeito da diluição, em que plantas

bem supridas de K crescem mais e, com isso, há redução nos teores de Ca e Mg no tecido foliar.

Epstein & Bloom (2004) relatam um valor de referência igual a 5 g/ kg para o Ca na matéria seca de plantas. Grassi Filho (2007) apresenta intervalo entre 3-15 g /kg para Ca nas plantas, de modo geral. Para espécies de *Eucalyptus* sp., uma revisão realizada por Silveira et al. (2005) mostrou valores foliares de Ca variando entre 3 e 11 g/ kg sendo considerados como uma faixa adequada de ocorrência.

Para o cultivo das mudas no substrato solo + esterco bovino submetido à aplicação de água esgoto doméstico tratado em diferentes proporção, os valores de cálcio no tecido foliar estão bem abaixo dos limites estabelecido por Epstein & Bloom (2004); Grassi Filho (2007) e Silveira et al. (2005). Os baixos teores de Ca no tecido foliar podem estar relacionados à disponibilidade de outros nutrientes, como Na e K, os quais apresentaram níveis considerados satisfatórios substratos, fator que pode influenciar negativamente a absorção de Ca pelas mudas.

Em alguns trabalhos, concentrações de potássio no tecido foliar apresentaram resultados diferentes do que foi observado nesta pesquisa: Lemos (2011), avaliando o teor de potássio no tecido de mudas de girassol irrigadas com água esgoto doméstico tratado, encontrou valores entre 51,69 e 54,0 g /k, ao passo que os resultados entre 1,8 e 3,4 g/kg de Ca, obtidos por Miggiolaro (2011) em mudas produzidas com água residuária, fertirrigação e irrigação por capilaridade, são mais próximos dos que foram encontrados nesta pesquisa.

5.4 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS MUDAS DE CARAÍBA

A Tabela 22 traz o resumo das análises de variância dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), comprimento de raiz (CR), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato, durante quatro meses.

Houve efeito de águas (A), substratos (S) e da interação A x S para todas as características avaliadas, com exceção de diâmetro do colo e comprimento de raiz, que não se mostraram significativos, como é possível observar na tabela 22.

Houve efeito da interação A x tempo (T) para altura da planta, Índice de Qualidade de Dickson, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz, matéria seca total e relação parte

aérea e raiz. Já para a interação S x T, não houve efeito para altura de plantas e número de folhas (Tabela 22).

A tabela 23 traz as médias de mudas de caraíba cultivadas com solo + fibra apresentaram crescimento radicular maior do que quando cultivadas com esterco + solo (Tabela 23).

Tabela 23 – Médias dos dados de comprimento de raiz de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Tipo de substrato	CR
Esterco + solo	21,85 B
Solo + fibra	24,54 A

¹ Em cada característica médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 22 – Resumo das análises de variância dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), comprimento de raiz (CR), índice de qualidade de Dickson (IQD), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de carafba, avaliadas em diferentes águas residuárias e tipos de substrato, durante quatro meses. Mossoró-RN. 2016.¹

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios									
		AP	DC	CR	IQD	MSPA	MSR	MST	NF	RAPDC	RPAR
(Tratamentos)	(9)	3341,05**	2,29**	367,09**	0,17**	5,23**	5,12**	20,07**	74,36**	20,06 ^{ns}	1,65 ^{ns}
Águas (A)	4	179,52**	1,74**	103,35 ^{ns}	0,10**	2,93**	2,99**	10,74**	45,72**	2,44 ^{ns}	2,34 ^{ns}
Substrato (S)	1	1.889,57**	6,06**	2.702,81**	0,67**	25,78**	22,62**	96,73**	281,25**	158,09**	0,53 ^{ns}
A x S	4	115,45*	1,89**	46,89 ^{ns}	0,11**	2,39**	2,87**	10,23**	51,28**	3,18 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Resíduo a	10	27,89	0,10	36,20	0,01	0,25	0,20	0,77	4,70	6,91	1,85
Tempos (T)	3	255,59**	2,70**	88,19*	0,17**	7,54**	4,78**	22,02**	59,22**	17,71*	26,66**
A x T	12	54,38**	0,34*	37,02 ^{ns}	0,02**	1,50**	0,75**	3,05**	4,19 ^{ns}	10,23 ^{ns}	2,19 ^{ns}
S x T	3	117,08**	0,26 ^{ns}	20,62 ^{ns}	0,11**	2,76**	4,12**	13,60**	11,88*	9,65 ^{ns}	1,55 ^{ns}
A x S x T	12	24,42 ^{ns}	0,12 ^{ns}	54,25*	0,02*	0,67**	0,76**	1,76**	2,50 ^{ns}	6,78 ^{ns}	1,49 ^{ns}
Resíduo b	30	14,91	0,13	24,96	0,01	0,23	0,12	0,54	2,63	5,26	1,75
CV parcelas (%)		38,85	17,12	29,48	34,45	51,47	50,76	47,10	36,90	37,32	96,83
CV subparcelas (%)		28,59	19,31	24,48	38,92	48,73	38,84	39,27	27,62	32,54	94,26
Média geral		13,59	1,88	20,41	0,20	0,97	0,89	1,86	5,88	7,05	1,40

¹ ns, *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

A escolha do substrato deve ser considerada fator importante pra a produção de mudas, pois, segundo Barnes (1982), o substrato pode exercer influência significativa na arquitetura do sistema radical, no estado nutricional das plantas, assim como na translocação de água no sistema solo-planta-atmosfera.

Neste estudo, os substratos apresentaram pH na faixa adequada, como também não houve a presença de íons que impedissem a absorção de nutrientes pelas raízes. Considerando que houve maior crescimento de raiz da caraíba quando cultivado com a solo + fibra de coco, provavelmente esse desempenho melhor em relação ao esterco + solo está ligado às suas propriedades, que, de acordo com Malvestiti, (2003), são alta porosidade, boa aeração, ótima capacidade de retenção de água, alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e ainda não repele a água entre as irrigações, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para a produção de mudas.

A tabela 24 representa o desdobramento da interação da altura de plantas e diâmetro do colo de caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato.

Tabela 24 – Médias da altura de plantas e diâmetro do colo em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	Altura da planta			Diâmetro do colo		
	Tipos de substrato		Médias	Tipos de substrato		Médias
	Esterco + solo	Solo + fibra		Esterco + solo	Solo + fibra	
100% A	11,84 Cb	14,99 Aa	13,41	4,47 Ba	5,06 Aa	4,77
75% A + 25% ED	12,99 Cb	16,30 Aa	14,64	5,21 ABa	5,16 Aa	5,19
50% A + 50% ED	10,00 Ca	12,68 Aa	11,34	4,60 ABa	5,59 Aa	5,09
25% A + 70% ED	29,25 Aa	14,06 Ab	21,66	6,45 Aa	4,71 Ab	5,58
100% ED	23,83 Ba	15,91 Ab	19,87	5,08 ABa	5,48 Aa	5,28
Médias	17,58	14,79	-	5,16	5,20	-
CV (%): parcelas = 15,96; subparcelas = 17,52				Parcelas = 23,03; subparcelas = 15,81		

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Mudas de caraíba cultivadas com esterco + solo cresceram mais em altura da planta na presença da água 25% A + 75% ED, seguido da água 100% ED. As menores médias ocorreram nas águas 100% A, 75% A + 25% ED e 50% A + 50% ED, que não diferiram. Segundo Carneiro (1995), a altura de planta é considerada um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo.

De acordo com Wendling & Gatto (2002), a utilização de esterco bem curtido contribui muito para a melhoria das qualidades do substrato, pois aumenta a capacidade de retenção de água, a porosidade e agregação do substrato, além de fornecer nutrientes essenciais às

mudas. Quando associado a águas com maior proporção de esgoto doméstico, o esterco + solo proporcionou à caraíba melhores médias para altura de planta, sendo alternativa viável para misturas com outros substratos.

Não houve diferença de altura da planta quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra, independentemente da água residuária utilizada (Tabela 24).

As águas 25%A +75%ED e 100%ED proporcionaram maiores alturas de plantas quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra. Ainda que estatisticamente as médias não tenham diferido, observa-se que, apesar de a água 100%ED apresentar concentração maior de esgoto doméstico, não foi fator decisivo para maior incremento na altura da caraíba, indicando que as mudas de caraíba apresentaram resistência à concentração de íons presente na água 100%ED. Outro fator determinante em espécies florestais é a qualidade das sementes, pois a coleta ocorre em várias plantas sem padronizar, devido a isso observa-se o comportamento irregular das variáveis em função dos fatores de tratamento a que são submetidos.

Outros autores confirmam essa observação: Araújo et al. (2007), cultivado mudas de jucá irrigadas com efluente esgoto doméstico, observou desenvolvimento na altura de planta na espessura do diâmetro do coleto semelhante ao das mudas irrigadas com água do abastecimento, apresentando ligeira inferioridade na etapa final do experimento.

Com as águas 25%A +75%ED e 100%ED, observa-se que as mudas e cultivadas com esterco + solo cresceram mais em altura. Não houve diferença em altura quando as mudas foram cultivadas na presença da água 50%A+50%ED, independentemente do tipo de substrato.

A caraíba é uma espécie de sucessão secundária que, segundo Gonçalves et al. (2000), apresenta crescimento intermediário, o que significa que suas exigências nutricionais não são tão baixas, quando comparadas a uma espécie clímax que tem exigência em nutrientes mais elevada. Devido esse fator, ambientes com maior disponibilidade de nutrientes favorecem o crescimento da planta.

Para diâmetro do colo, mudas cultivadas com esterco + solo na presença da água 4 apresentaram as maiores médias, e as menores médias foram obtidas na água 1. Nesse substrato, as águas 75%A+25%ED, 50%A+50%ED e 100%ED proporcionaram diâmetros do colo intermediários. De acordo com Carneiro (1995), as mudas devem apresentar diâmetro de colo maior para um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea. Os resultados deste trabalho permitiram indicar que a caraíba respondeu maior proporção de água de esgoto doméstico em relação à água de abastecimento, na presença do substrato esterco + solo.

Não houve diferença de diâmetro do colo, independentemente da água utilizada para o substrato solo + fibra. A água 25% A+75%ED proporcionou maior diâmetro para mudas cultivadas com esterco + solo. Todas as outras águas proporcionaram o mesmo diâmetro, independentemente do tipo de substrato. Pode-se inferir que tais respostas estejam associadas ao nitrogênio e potássio e fósforo presente na água de esgoto doméstico tratado, visto que não foi denotado efeito significativo do fator substrato para esta variável. Aquino et al. (2012), estudando o crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada, observaram superioridade do diâmetro do caule quando irrigado com água de reúso, em comparação com o valor médio obtido com a irrigação com água de poço, que pode estar associada aos nutrientes presentes na água de esgoto.

Na tabela 25 – representa o desdobramento da interação do Índice de Qualidade de Dickson e Matéria seca da parte aérea de caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato.

Tabela 25 – Médias do Índice de Qualidade de Dickson e da matéria seca da parte aérea e caraíba em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	Índice de Qualidade de Dickson			Matéria seca da parte aérea		
	Tipos de substrato		Médias	Tipos de substrato		Médias
	Esterco + solo	Solo + fibra		Esterco + solo	Solo + fibra	
Água 1	0,44 Cb	0,92 Aa	0,68	1,45 Cb	2,98 Aa	2,22 B
Água 2	0,67 Ca	0,71 Aa	0,69	1,89 Ca	2,88 Aa	2,38 B
Água 3	0,47 Ca	0,69 Aa	0,58	1,42 Ca	2,35 Aa	1,88 B
Água 4	2,28 Aa	0,52 Ab	1,40	8,20 Aa	2,20 Ab	5,20 A
Água 5	1,64 Ba	0,87 Ab	1,25	6,43 Ba	3,27 Ab	4,85 A
Médias	1,10	0,74	-	3,88	2,74	-
CV (%): parcelas 37,62; subparcelas = 33,41				Parcelas = 28,58; subparcelas = 26,45		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com relação ao Índice de Qualidade de Dickson, o esterco + solo irrigado com a água 4 apresentou a maior média para caraíba, seguidas da água 100%ED. As águas 100%A, 75%A +25%ED e 25%A +75%ED proporcionaram os menores valores e não diferiram entre si. É um indicador qualidade de mudas, por considerar a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa através de uma fórmula balanceada incluindo as relações dos parâmetros morfológicos, como a biomassa seca total, a biomassa seca da parte aérea, a biomassa seca das raízes, a altura da parte aérea e o diâmetro de colo.

Considerando que existe um valor mínimo de 0,2 para este índice, percebe-se nos resultados deste estudo que, apesar de as médias diferirem, se comportaram acima do limite proposto por Carneiro (1995), destaca-se que a água 100%A é a mais próxima desse valor quando há cultivo no substrato esterco + solo. Já para solo + fibra, não houve diferença de Índice de Qualidade de Dickson, independentemente da água utilizada.

Para substratos em águas, o Índice de Qualidade de Dickson foi superior nas mudas cultivadas com solo + fibra irrigadas com a água 100%A, ocorrendo o inverso nas águas 25%A+75%ED e 100%ED, nas quais houve maior Índice quando o cultivo foi realizado com esterco + solo. Os substratos não proporcionaram diferenças na presença das águas 75%A+25%ED e 50%A+50%ED para esta característica. Para essa interação, a variável apresentou o melhor comportamento de equilíbrio para a água 100%A no substrato solo +fibra, distinto dos demais avaliados. Apesar disso, com base nos valores das médias encontradas neste estudo, pode-se destacar que estão acima do limite indicado, mostrando bom equilíbrio das mudas.

Em relação à matéria seca da parte aérea, mudas cultivadas com esterco + solo e irrigadas com a água 4 apresentaram médias superiores, seguidas das mudas irrigadas com a água 100%ED.

Não houve diferença entre aquelas mudas cultivadas com esterco + solo e irrigadas com as águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%A+50ED, que apresentaram as menores médias.

Esse comportamento indica preferência da caraíba pelo substrato solo + esterco quando irrigado com águas com maiores proporções de esgoto doméstico tratado, provavelmente essa combinação possibilitou maior disponibilidade de nutrientes para as mudas. Ferreira (2014) observou maior média de matéria seca da parte aérea para as mudas de girassol irrigadas com água residual.

Quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra, não houve diferença de matéria seca da parte aérea, independentemente da água de irrigação. Entende-se que as águas não produziram efeito sobre o substrato solo +fibra.

Já para substratos em águas, a matéria seca da parte aérea foi superior nas mudas cultivadas com solo + fibra quando a irrigação foi realizada com a água 100%A. Para as águas 25%A+75%ED e 100%ED, as maiores médias se deram com esterco + solo. Os substratos não proporcionaram diferenças na presença das águas 75%A+25%ED e 50%A+50%ED para esta característica.

Em função da variabilidade das espécies florestais, é aceitável que em algum momento determinados fatores não se comportem de forma contínua, é o caso da água 100%A, que

proporcionou média superior para matéria seca da parte aérea e da raiz, quando cultivado em substrato solo + fibra. Fatores químicos como pH, CE, relação C/N e a elevada concentração de sais na água de irrigação podem ser determinantes para o desenvolvimento da planta, como também a preferência da espécie por determinado ambiente de cultivo.

Outros autores apresentaram resultados semelhantes ao estudo deste trabalho: Oliveira (2012), avaliando de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado, constatou que a cultura do sabiá apresentou resultados significativos apenas para o número de folhas. Este baixo efeito do esgoto doméstico sobre as variáveis não descarta seu reuso no desenvolvimento destas mudas nativas da caatinga em condições satisfatórias, sendo necessários, porém, outros experimentos semelhantes para melhor validar os dados.

A Tabela 26 representa o desdobramento da interação da Matéria seca da raiz e matéria seca total de caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato.

As mudas cultivadas com solo + fibra, as maiores médias de matéria seca de raiz se deram quando estas foram irrigadas com a água 100%A, e as menores médias, quando a irrigação ocorreu com a água 25%A+75%ED. Esse mesmo comportamento observa-se para substratos em águas, onde a matéria seca de raiz foi superior nas mudas cultivadas com solo + fibra quando a irrigação foi realizada com a água 100%A; mudas irrigadas com as águas 75%A+25%ED, 50%A+50%ED e 100%ED tiveram valores de matéria seca de raiz intermediários.

Para matéria seca total, mudas cultivadas com esterco + solo e irrigadas com a água 25%A+75%ED proporcionaram as maiores médias, seguidas das mudas irrigadas com a água 100%ED.

Quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra, não houve diferença de matéria seca da parte aérea, independentemente da água de irrigação utilizada.

Para substratos em águas, a matéria seca de total foi superior nas mudas cultivadas com solo + fibra quando a irrigação foi realizada com a água 100%. Para as águas 25%A+75%ED e 100%ED, as maiores médias se deram com esterco + solo.

Tabela 26 – Médias da matéria seca total e número de folhas de caraíba em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	Matéria seca de raiz			Matéria seca total		
	Tipos de substrato		Médias	Tipos de substrato		Médias
	Esterco + solo	Solo + fibra		Esterco + solo	Solo + fibra	
100% A	0,68 Cb	1,54 Aa	1,11	2,14 Cb	4,52 Aa	3,33
75% A + 25% ED	1,03 Ca	1,14 ABa	1,09	2,92 Ca	4,02 Aa	3,47
50% A + 50% ED	0,65 Ca	0,94 ABa	0,79	2,06 Ca	3,28 Aa	2,67
25% A + 70% ED	5,45 Aa	0,78 Bb	3,12	13,65 Aa	2,99 Ab	8,32
100% ED	3,97 Ba	1,32 ABb	2,65	10,41 Ba	4,58 Ab	7,50
Médias	2,36	1,14	-	6,24	3,88	-
CV (%): parcelas = 24,73; subparcelas = 32,16				Parcelas = 25,99; subparcelas = 26,34		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Avaliando os dados da matéria seca de raiz, mudas cultivadas com esterco + solo e irrigadas com a água 25%A+75%ED proporcionaram as maiores médias, seguidas das mudas irrigadas com a água 100%ED. As menores médias se deram quando as mudas foram irrigadas com as águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%A+50%ED, que não diferiram. As águas com maiores concentrações de nutrientes proporcionaram melhor desenvolvimento radicular.

Resultado semelhante foi encontrado por Augusto et al. (2007), estudando a Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. ex. maiden, observando que peso seco da parte aérea e da raiz evidenciaram significativa superioridade no tratamento convencional (água limpa mais fertilizantes), sendo 107,8, 120,1 e 38,6% superiores, respectivamente, ao tratamento com água residuária. Logo, o peso seco das raízes totais (raiz no tubete mais raiz podada ao longo do experimento) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos.

Knapik et ali. (2005) afirma que, por não ser um material fossilizado nem compostado, a fibra de coco tem maior demanda de nitrogênio, a qual deve ser compensada com adubação. Também há uma tendência à fixação de cálcio e magnésio e liberação de potássio no meio. Este fato pode explicar por que a água 100%A apresenta melhor desempenho para essas variáveis em relação à águas com proporções de esgoto doméstico tratado.

No caso do substrato solo + fibra, é interessante ressaltar que as águas somente não apresentaram efeito significativo devido à não liberação de nutrientes por parte do substrato, ou seja, vem se confirmado nesse estudo o que Knapik et ali. (2005) indica.

Carneiro (1995) mostra que a produção de matéria seca é um bom parâmetro para avaliação de qualidade de mudas, pois tanto a sobrevivência quanto o crescimento inicial das mudas após o plantio no campo estão diretamente correlacionadas ao peso de matéria seca. Para

matéria seca total, é recomendado que elas não devam pesar menos que 2,0 g, mas sempre aliado a uma altura da parte aérea nunca superior a 21,0 cm.

Todavia, Gurgel (2012) avaliou o uso de esgoto doméstico secundário e rizóbios na produção de mudas de timbaúba em distintos substratos, constatando tendência linear positiva de aumento da matéria seca de folha, matéria seca de caule e matéria seca da parte aérea das mudas de timbaúba, independentemente do substrato utilizado, permitindo supor que mesmo com o fornecimento dos nutrientes por meio do esterco bovino adicionado ao substrato houve o efeito nutricional do efluente doméstico para estas variáveis.

Para avaliação do padrão de qualidade de mudas de *Araucaria angustifolia*, o peso de matéria seca total foi importante, sendo recomendado que elas não pesem menos que 2,0 g, mas sempre aliado a uma altura da parte aérea nunca superior a 21,0 cm Carneiro, (1995).

Na tabela 27 – representa o desdobramento da interação do Número de folhas e Relação altura da planta e diâmetro do colo caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato.

Em relação ao número de folhas, mudas cultivadas com esterco + solo e irrigadas com a água 25%ED+75%ED proporcionaram as maiores médias, seguidas das mudas irrigadas com a água 100%ED. As menores médias se deram quando as mudas foram irrigadas com as águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%A+50%ED, que não diferiram entre si. Tendo em vista que o substrato contendo fibra de coco tende à fixação de cálcio e magnésio e liberação de potássio no meio, isso explica o fato de as mudas cultivadas com o substrato que contém esterco favorecerem o melhor desenvolvimento das mudas de caraíba quando irrigadas com as águas com maiores concentrações de nutrientes.

Oliveira et al. (2012), avaliando de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado, constatou que a cultura do sabiá, submetida aos tratamentos com esgoto doméstico tratado em comparação à água de abastecimento, apresentou resultados significativos apenas para o número de folhas. Almeida et al. (2012), utilizando esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, observou em seu trabalho que para as folhas, houve efeito quadrático das proporções de água residuária utilizada na irrigação das mudas de maracujazeiro, sendo que as duas maiores concentrações proporcionaram incremento.

Quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra, não houve diferença de número de folhas, independentemente da água de irrigação utilizada. Para substratos em águas, observa-se que quando as irrigações foram realizadas com as duas maiores concentrações de águas de esgoto doméstico tratado, o substrato esterco + solo proporcionou as melhores médias,

indicando maior disponibilidade de nutrientes para as mudas quando cultivadas no substrato esterco + solo.

Tabela 27 – Médias da caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	Número de folhas			Relação altura da planta e diâmetro do colo		
	Tipos de substrato		Médias	Tipos de substrato		Médias
	Esterco + solo	Solo + fibra		Esterco + solo	Solo + fibra	
100% A	10,75 Ca	12,25 Aa	11,50	2,69 Ba	3,01 Aa	2,85
75% A + 25% ED	12,88 Ca	13,63 Aa	13,25	2,51 Ba	3,15 Aa	2,83
50% A + 50% ED	12,63 Ca	12,38 Aa	12,50	2,17 Ba	2,29 Aa	2,23
25% A + 70% ED	25,88 Aa	14,13 Ab	20,00	4,47 Aa	3,01 Ab	3,74
100% ED	21,38 Ba	13,25 Ab	17,31	4,61 Aa	3,00 Ab	3,80
Médias	16,70	13,13	-	3,29	2,89	-
CV (%): parcelas = 11,09; subparcelas = 14,44				Parcelas = 21,80; subparcelas = 17,03		

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para a relação altura da planta e diâmetro do colo, mudas de caraíba cultivadas com esterco + solo e irrigadas com as águas 25%A+75%ED e 100%ED apresentaram as melhores médias e não diferiram entre si; por sua vez, mudas irrigadas com as águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%ED+50%ED apresentaram as menores médias e não diferiram entre si (Tabela 27).

Quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra, não houve diferença na relação altura da planta e diâmetro do colo, independentemente da água de irrigação utilizada.

Para substratos em águas, os dois tipos de substratos proporcionaram o mesmo número de folhas nas mudas de caraíba quando as irrigações foram realizadas com as águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%A+50%ED (Tabela 27).

Quando as irrigações foram realizadas com as águas 25%A+75%ED e 100%ED, o substrato esterco + solo proporcionou as melhores médias. Esse fato demonstra que o substrato solo+ fibra não é um ambiente indicado para a produção de mudas, pois tem a tendência de fixação de nutrientes, ao passo que o substrato contendo esterco curtido, devido ao processo da compostagem, já eliminou microrganismos patogênicos, apresentando como vantagem a capacidade de disponibilizar os nutrientes para as mudas.

Carneiro (1995) considera um importante índice, e quando apresenta valores com limites entre 5,4 a 8,1, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo. Também denominado quociente de robustez, com base nos resultados desse estudo, todas as médias dos tratamentos apresentam valores abaixo do limite mínimo estabelecido, o que indica fragilidade no momento de ir para o campo.

Na Tabela 28 representa o desdobramento da interação de Relação matéria seca da parte aérea / raiz caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato.

Na relação matéria seca da parte aérea e raiz, mudas cultivadas com esterco + solo e irrigadas com a água 100%ED proporcionaram as maiores médias, e as menores médias se deram com as águas 100%A e 50%A+50%ED. Mudas irrigadas com as águas 75%A+25%ED e 25%A+75%ED proporcionaram comportamentos intermediários, sendo a água 25%A+75%ED superior à água 75%A+25%ED.

Quando as mudas foram cultivadas com solo + fibra, não houve diferença na relação parte aérea e raiz, independentemente da água de irrigação utilizada. Para substratos em águas, em todos os substratos não houve diferença na relação parte aérea e raiz, independentemente da água de irrigação, com exceção da água 75%A+25%ED, para a qual a relação apresentou maior média no substrato esterco + solo (tabela 28).

No índice da relação biomassa seca da parte aérea/biomassa seca de raízes, a altura da planta muda acabará afetando a relação. Caldeira et al. (2000) relatam que num encontro de pesquisadores ficou estabelecido 2,0 como índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas.

Tabela 28– Médias da caraíba, em função de diferentes águas residuárias e tipos de substrato. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas residuárias	Relação parte aérea e raiz		Médias
	Tipos de substrato		
	Esterco + solo	Solo + fibra	
100% A	0,44 Ca	0,48 Aa	0,46
75% A + 25% ED	0,51 BCa	0,41 Ab	0,46
50% A + 50% ED	0,42 Ca	0,40 Aa	0,41
25% A + 70% ED	0,63 Aba	0,36 Aa	0,49
100% ED	0,67 Aa	0,38 Aa	0,53
Médias	0,53	0,40	-
CV (%): parcelas = 18,55; subparcelas = 17,83			

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com base neste estudo, destaca-se que a utilização de água de esgoto tratado em diferentes diluições e água abastecimento combinada a dois tipos de substrato (solo + esterco bovino; solo + fibra de coco) não produziu mudas com médias compatível ao estabelecido como de boa qualidade, apesar de o substrato esterco + solo ter demonstrando a maior capacidade de liberação de nutrientes para as mudas, promovendo melhores resultados para as variáveis.

Fonseca (2002), trabalhando com milho irrigado com fluente tratado, constatou o bom estado nutricional das plantas devido ao aproveitamento dos nutrientes presentes no efluente, principalmente nitrogênio, observando maior produção de matéria seca nas plantas irrigadas com efluente tratado em relação às irrigadas com água de abastecimento.

Rebouças et al. (2010), trabalhando com feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado, observaram efeito positivo para a fitomassa total, onde as plantas irrigadas apenas com efluentes domésticos aumentou a produção da matéria seca total em 117,07%, evidenciando que a quantidade de nitrogênio existente na água residuária supriu suficientemente as plantas na ausência da adubação mineral do solo, elevando a produção de fitomassa seca e demais variáveis.

Na Tabela 29 estão apresentadas as médias dos dados altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de caraíba, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação.

Até os 30 dias após o plantio, as águas residuárias não proporcionaram diferença na altura da planta de mudas de caraíba. Aos 60 dias, mudas irrigadas com a água 25%A+75%ED tiveram as maiores médias, seguidas da água 100%ED. As menores médias se deram com a água 50%A+50%ED, e as águas 100%ED e 75%A+25%ED proporcionaram comportamentos intermediários, não diferindo entre si.

Aos 90 e 120 dias, as maiores alturas se deram com as águas 25%A+75%ED e 100%ED, e as menores, com as águas 100%ED, 75%A+25%ED e 50%A+50%ED, que não diferiram entre si (Tabela 29).

Observa-se que as águas de irrigação contendo a maior concentração de micronutrientes proporcionou o melhor desenvolvimento para as mudas. Segundo Fonseca et al (2006), o acompanhamento do crescimento da parte aérea da planta pode gerar curvas de crescimento em relação ao tempo, fornecendo bom indicador de evolução da cultura com que se está trabalhando, principalmente quando as condições de manejo são bem caracterizadas.

Em relação ao diâmetro do colo, as diferentes águas residuárias, em todos os tempos, não diferiram entre si, mostrando que, mesmo nas águas com maiores concentrações de nutrientes, não foi suficiente para provocar efeito significativo. Ramos et al. (2000) observou melhor desenvolvimento no diâmetro do colo de mudas de pata de cavalo em função da aplicação de doses crescente de fósforo. Mesmo nas águas com maiores concentrações de esgoto doméstico tratado que têm baixa concentração de fósforo, é aceitável que as águas não apresentem comportamento distintos. De acordo com Carneiro (1995), as mudas devem apresentar diâmetro de colo maior para melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea, sendo tido como

uma característica morfológica que melhor se ajusta aos modelos de predição da sobrevivência das mudas no campo.

Tabela 29 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de caraíba, irrigadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas Residuárias	Altura da planta (cm)			
	Tempos (dias após a semeadura)			
	30	60	90	120
100% A	8,83 A	13,50 BC	14,48 B	16,85 B
75% A + 25% ED	9,70 A	14,50 BC	16,38 AB	18,00 B
50% A + 50% ED	8,43 A	11,50 C	13,05 B	12,38 B
25% A + 70% ED	13,25 A	21,75 A	21,38 A	30,25 A
100% ED	11,60 A	18,33 AB	20,43 A	29,13 A
Águas Residuárias	Diâmetro do colo (mm)			
100% A	3,45 A	4,50 A	5,11 A	6,00 A
75% A + 25% ED	3,50 A	5,25 A	5,75 A	6,25 A
50% A + 50% ED	3,78 A	4,75 A	5,85 A	6,00 A
25% A + 70% ED	3,95 A	5,95 A	5,77 A	6,65 A
100% ED	3,63 A	5,20 A	5,20 A	7,10 A
Águas Residuárias	Índice de Qualidade de Dickson			
100% A	0,17 A	0,39 B	0,88 B	1,29 AB
75% A + 25% ED	0,17 A	0,54 B	0,73 B	1,32 AB
50% A + 50% ED	0,15 A	0,45 B	0,93 B	0,79 B
25% A + 70% ED	0,44 A	1,72 A	1,92 A	1,53 A
100% ED	0,36 A	1,40 A	1,34 A	1,91 A

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para o Índice de Qualidade de Dickson, até os 30 dias, as águas proporcionaram o mesmo comportamento. Aos 60 e aos 90 dias, as águas 25%A+75%ED e 100%ED proporcionaram as maiores médias e não diferiram entre si, e as águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%A+50%ED, as menores médias, não diferindo entre si. Aos 120 dias, as águas 25%A+75%ED e 100%ED proporcionaram as maiores médias, não diferindo entre si (Tabela 29), indicando que o fornecimento dos nutrientes N, P e K presentes nas águas contribuiu para o desenvolvimento desta característica. Ramos et al. (2000) relata que o fornecimento de macronutrientes foi determinante para o desenvolvimento de mudas de pata de cavalo.

Segundo Fonseca et al. (2006), este índice morfológico, que compreende a relação entre as medidas morfológicas, é indicador da qualidade das mudas, pois considera no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, com ajuste de vários parâ-

metros considerados importantes: quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Baseado em trabalhos de pesquisa, ficou estabelecido um valor mínimo de 0,20 como bom indicador para a qualidade de mudas Hunt (1990).

Avaliando os resultados das médias para as características morfológica, altura, diâmetro de colo, observou-se que, de forma geral, que as águas com maiores proporções de esgoto doméstico tratado apresentaram melhores rendimentos, possivelmente devido ao maior aporte de nutrientes disponibilizados pela água residuária. Estes resultados são semelhantes ao do trabalho de Araújo et al. (2007), que, utilizando esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga, identificou que as mudas de ipê roxo irrigadas com efluente tiveram crescimento inicial um pouco inferior às mudas irrigadas com água do abastecimento e a partir dos 30 dias de idade apresentaram desenvolvimento superior e crescente, o mesmo comportamento observando-se com o diâmetro do colo. Alves et al. (2014), avaliando a fertirrigação de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidropônica, destacam que para altura da planta os melhores desempenhos com a utilização de água residuária e para diâmetro do colo foi o tratamento com 25% com água residuária. E para o índice morfológico proposto por Dickson, observa-se que em todos os tratamentos a partir da segunda avaliação as médias indicam que as mudas apresentam robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa.

Para matéria seca da parte aérea e matéria seca total, o comportamento das diferentes águas residuárias em todos as épocas de avaliação foi exatamente o mesmo para estas duas características. Aos 30 dias, as águas não proporcionaram diferenças. Aos 60, 90 e 120 dias, as águas 25%A+75%ED e 100%ED apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si.

Para matéria seca de raiz, aos 30, 60 e 120 dias, o comportamento das águas foi idêntico àqueles de matérias secas da parte aérea e total (Tabela 30).

A concentração de nitrogênio nas águas contendo maior concentração de esgoto doméstico tratado é fundamental para o acúmulo de matéria seca, indicando que a disponibilidade de N nestes tratamentos influencia positivamente o desenvolvimento inicial das mudas de carafba em todos os parâmetros estudados.

Tabela 30 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de aroeira, avaliadas em diferentes diluições com águas residuárias, em cinco épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Matéria seca da parte aérea (g)				
Tempos (dias após a semeadura)				
Águas Residuárias	30	60	90	120
100% A	0,58 A	1,55 B	2,68 B	4,07 B
75% A + 25% ED	0,61 A	2,17 B	2,69 B	4,07 B
50% A + 50% ED	0,53 A	1,68 B	2,77 B	2,57 B
25% A + 70% ED	1,89 A	5,25 A	6,11 A	7,55 A
100% ED	1,08 A	4,69 A	5,58 A	8,05 A
Águas Residuárias	Matéria seca de raiz (g)			
100% A	0,25 A	0,60 B	1,51 C	2,08 B
75% A + 25% ED	0,25 A	0,81 B	1,12 C	2,17 B
50% A + 50% ED	0,20 A	0,65 B	1,30 C	1,03 B
25% A + 70% ED	0,74 A	3,88 A	4,34 A	3,51 A
100% ED	0,72 A	2,98 A	2,84 B	4,05 A
Águas Residuárias	Matéria seca total (g)			
100% A	0,84 A	2,15 B	4,19 B	6,14 B
75% A + 25% ED	0,86 A	2,98 B	3,80 B	6,24 B
50% A + 50% ED	0,72 A	2,33 B	4,06 B	3,59 B
25% A + 70% ED	2,62 A	9,13 A	10,46 A	11,06 A
100% ED	1,80 A	7,67 A	8,42 A	12,10 A

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rebouças et al. (2010) em estudo com feijão caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado, observando-se efeito positivo para a biomassa total, da parte aérea e da raiz. Da mesma forma, Augusto et al. (2007) encontraram melhores produções de matéria seca com a fertirrigação de mudas de *Eucalyptus grandis*, utilizando águas residuárias em sistema de subirrigação contínua.

Na Tabela 31, estão apresentados os resultados das médias referentes a número de folha da planta, relação altura da planta e diâmetro do colo e a relação da matéria seca da parte aérea e raiz ao longo do tempo.

Para o número de folhas aos 30 dias, a água 4 proporcionou maior média. As águas 100%A, 75%A+25%ED e 50%A+50%ED proporcionaram as menores médias, não diferindo entre si. A água 100%A proporcionou número intermediário de folhas. Aos 60 e 120 dias, o comportamento foi semelhante, de modo que a água 75% ED + 25% AA proporcionou a maior média, e as águas 100%A e 50%A+50%ED, as menores médias, não diferindo entre si.

Pode-se dizer que as águas 75%A+25%ED e 100%ED proporcionaram comportamentos intermediários (Tabela 31).

Almeida et al. (2012), utilizando esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, obtiveram resultados semelhantes ao encontrado neste estudo para o número de folhas, onde as duas maiores concentrações (75% ED + 25% AA e 100% ED) obtiveram as maiores médias.

Para a relação altura da planta e diâmetro do colo, aos 30 dias a água 75% ED + 25% AA proporcionou a maior média e a água 50%A+50%ED, a menor média. As demais águas tiveram comportamentos intermediários, e não diferiram entre si.

Tabela 31 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes diluições com águas residuárias, em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas Residuárias	Número de folhas			
	Tempos (dias após a semeadura)			
	30	60	90	120
100% A	9,50 B	11,50 C	12,00 B	13,00 C
75% A + 25% ED	9,50 B	13,25 BC	13,50 B	16,75 BC
50% A + 50% ED	9,50 B	12,00 C	14,50 B	14,00 C
25% A + 70% ED	14,00 A	18,75 A	22,25 A	25,00 A
100% ED	11,50 AB	16,75 AB	20,25 A	20,75 AB
Águas Residuárias	Relação altura da planta/ diâmetro do colo			
	30	60	90	120
100% A	2,57 AB	3,00 AB	2,93 BC	2,88 B
75% A + 25% ED	2,77 AB	2,85 AB	2,81 BC	2,88 B
50% A + 50% ED	2,24 B	2,37 B	2,23 C	2,10 B
25% A + 70% ED	3,39 A	3,61 A	3,58 AB	4,39 A
100% ED	3,27 AB	3,58 A	4,13 A	4,23 A
Águas Residuárias	Relação matéria seca parte aérea/ raiz			
	30	60	90	120
100% A	0,42 B	0,39 B	0,54 A	0,47 A
75% A + 25% ED	0,42 B	0,40 B	0,47 A	0,54 A
50% A + 50% ED	0,37 B	0,39 B	0,46 A	0,41 A
25% A + 70% ED	0,39 B	0,60 A	0,57 A	0,42 A
100% ED	0,60 A	0,55 AB	0,46 A	0,50 A

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aos 60 dias, as águas (75% ED + 25% AA e 100% ED) proporcionaram as maiores médias e a água 50%A+50%ED, a menor média. As águas 100%A e 75%A+25%ED, proporcionaram comportamentos intermediários, e não diferiram entre si. Aos 90 dias, a água 100% ED proporcionou a maior média, e a água 3, a menor. Pode-se considerar que as demais águas

proporcionaram comportamentos intermediários, sendo as menores médias para as águas 100%A e 75%A+25%ED, que não diferiram (Tabela 31). Aos 120 dias, as águas (75% ED + 25% AA e 100% ED) proporcionaram as maiores médias e não diferiram. As demais águas proporcionaram as menores médias, não diferindo entre si.

Recomenda-se que a relação H/D, em qualquer fase do período de produção, deve situar-se entre os limites de 5,4 até 8,1. Aceitando-se esses valores como os que representam equilibrado desenvolvimento, observamos que para a variável diâmetro do colo, todas as médias a partir dos 60 dias após o plantio, independentemente do tratamento, estavam dentro do limite proposto, 3,7 mm, ao passo que a variável altura de planta apresentou valores dentro do limite (20 a 30 cm) somente aos 120 dias após o plantio.

Vale ressaltar que estes valores se manifestaram em águas com maior proporção de esgoto doméstico tratado, ou seja, que receberam maior aporte de nutrientes. Para a relação altura diâmetro do colo, observa-se que em tratamentos os valores estão abaixo do que foi proposto por Carneiro (1995). Mesmo assim, os maiores teores N, P e K presentes nas águas 25%A+75%ED e 100%ED contribuem para os maiores valores médios.

Para a relação parte aérea e raiz, aos 30 dias, a água 100% proporcionou valor superior às demais águas, que não diferiram entre si. Já aos 60 dias, a água 4 proporcionou média da relação superior às demais, de modo que as águas 100%A, 75%A+ 25%ED e 50%A+50%ED proporcionaram as menores médias, sem diferirem entre si, e a água 100%, comportamento intermediário. Aos 90 e 120 dias, as diferentes águas comportaram-se de maneira semelhante quanto a esta característica. Para esta variável, o efeito cumulativo presente nas águas com maior concentração esgoto doméstico pode ter influenciado negativamente a absorção dos nutrientes.

De acordo com Gomes et al. (2002), este índice é considerado eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas, porém essa relação poderá não ter significado para o crescimento no campo. De acordo com Caldeira et al. (2008), a relação parte aérea e raiz nas mudas deve ser de 2:1 e a relação raiz e parte aérea, 1:2. É importante analisar essa relação quando as mudas vão para o campo, pois a parte aérea das mudas não deve ser muito superior à da raiz, em virtude dos possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea.

Comparando os resultados das médias encontradas nesse estudo em comparação ao valor de referência proposto por Caldeira et al. (2008), observa-se que todos os tratamentos apresentaram valores abaixo do recomendado, notabilizando menor desenvolvimento da parte aérea em relação ao sistema radicular. Todavia, não se pode atribuir esse maior desenvolvi-

mento do sistema radicular à maior quantidade de matéria orgânica presente na água residuária, visto que o fator águas se comportou estatisticamente semelhante.

Na Tabela 32, estão apresentados os resultados das médias referentes altura da planta, diâmetro do colo e índice de qualidade de Dickson avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação.

Em relação aos tipos de substrato, na Tabela 32, não houve diferença entre eles em relação à altura da planta até os 60 dias. Aos 90 e 120 dias, o substrato esterco + solo proporcionou maiores alturas de planta.

Para diâmetro do colo, assim como para altura da planta, não houve diferença entre os substratos até os 60 dias. Aos 90 dias, o substrato esterco + solo proporcionou diâmetro do colo superior ao solo + fibra, acontecendo exatamente o inverso aos 120 dias.

Para comprimento da raiz, aos 30 dias o substrato solo + fibra proporcionou média superior ao esterco + solo. Entretanto, aos 60, 90 e 120 dias, os substratos não diferiram quanto a esta característica (Tabela 32).

Já para o Índice de Qualidade de Dickson, os substratos não diferiram aos 30 e 120 dias, mas aos 60 e 90 dias após o plantio o esterco + solo mostrou-se superior.

Para obter resultados satisfatórios para essa variável, é necessário nível adequado de nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio e magnésio no substrato de cultivo. Desta forma, o substrato solo + fibra proporcionou à variável diâmetro do colo condições nutricionais mais favoráveis que solo + esterco.

Tabela 32 – Médias dos dados de altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Tipos de substratos	Altura da planta (cm)			
	Tempos (dias após a semeadura)			
	30	60	90	120
Esterco + solo	10,99 A	16,45 A	18,82 A	24,06 A
Solo + fibra	9,73 A	15,38 A	15,46 B	18,58 B
Tipos de substratos	Diâmetro do colo (mm)			
Esterco + solo	3,67 A	5,26 A	5,92 A	5,80 B
Solo + fibra	3,65 A	5,00 A	5,15 B	7,00 A
Tipos de substratos	Índice de Qualidade de Dickson			
Esterco + solo	0,30 A	1,24 A	1,58 A	1,28 A
Solo + fibra	0,21 A	0,56 B	0,74 B	1,45 A

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Peroni (2012), testando vários componentes – fibra de coco, composto orgânico, casca de arroz *in natura* e palha de

café *in natura* associados ao lodo de esgoto, observou crescimento em altura inferior nos tratamentos utilizando fibra de coco e casca de arroz *in natura*, além de constatar que as maiores médias foram obtidas com a utilização do composto orgânico juntamente com o lodo de esgoto, para produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

De acordo com Carneiro (1995), o diâmetro do coleto é o mais indicado para avaliar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, além de ser o mais usado para auxiliar na determinação do melhor manejo, sombreamento e doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas. Com base nisso, mudas produzidas nos tratamentos esterco + solo e solo + fibra possuem boa probabilidade de sobrevivência em campo, pois estas apresentaram valores de diâmetro superiores ao limite proposto, 3,7 mm, destacando o tratamento com esterco + solo, que apresentou maiores médias.

Silva et al. (2015) constataram que o efeito da adubação química com fósforo e potássio não implicou em desenvolvimento significativo nas mudas de caraíba, de vez que a adição de doses a partir 5% de esterco bovino já é suficiente para promover melhoria no desenvolvimento das mudas dessa espécie.

Esse resultado está de acordo com trabalhos de Coutinho et al. (2005), que têm apontado efeito benéfico da utilização do lodo de esgoto para compor substratos para mudas de diferentes espécies arbóreas na fase de viveiro. No entanto, mesmo apresentando bom IQD nos tratamentos, no presente estudo as mudas não obtiveram grande desempenho nas demais características analisadas, denotando-se a necessidade de conjugar características para melhor avaliação de mudas.

Tabela 33, estão apresentados os resultados das médias dos dados de Matéria seca da parte aérea, Matéria seca de raiz e Matéria seca total de plantas de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação.

Observa-se que os dois substratos proporcionaram os mesmos comportamentos aos 30, 60 e 90 dias após o plantio quanto as matérias secas da parte aérea, de raiz e total, ou seja, aos 30 dias, não diferiram, e aos 60 e 90 dias o esterco + solo mostrou-se superior quanto a estas características. Aos 120 dias, os substratos não proporcionaram diferença quanto a matéria seca da parte aérea, mas o esterco + solo mostrou-se superior para matérias seca de raiz e total (Tabela 33).

Tabela 33 – Médias dos dados de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de plantas de Caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Matéria seca da parte aérea				
Tempos (dias após a semeadura)				
Tipos de substratos	30	60	90	120
Esterco + solo	1,10 A	3,73 A	5,07 A	5,61 A
Solo + fibra	0,77 A	2,40 B	2,86 B	4,91 A
Matéria seca de raiz				
Tipos de substratos				
Esterco + solo	0,55 A	2,70 A	3,29 A	2,89 A
Solo + fibra	0,31 A	0,86 B	1,15 B	2,24 B
Matéria seca total				
Tipos de substratos				
Esterco + solo	1,65 A	6,43 A	8,36 A	8,50 A
Solo + fibra	1,08 A	3,27 B	4,01 B	7,15 B

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A massa seca da parte aérea, segundo Gomes & Paiva (2006), indica a rusticidade de uma muda, sendo que os maiores valores representam mudas mais lignificadas e rústicas, tendo maior aproveitamento em ambientes com condições adversas. No presente estudo, para essa variável, os substratos se comportaram com médias semelhantes no momento das mudas irem para campo, indicando que nenhum fator proporcionou maior incremento de matéria seca.

A massa seca total compreende a soma de MSPA e MSR, e quanto maior for esse valor, melhor será a qualidade das mudas produzidas Fonseca et al. (2006). Novamente, notou-se a tendência de maiores proporções de esterco + solo aumentarem o ganho de massa de mudas de caraíba. Delarmelina et al. (2014), estudando diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*, revelam que fibra de coco e casca de arroz *in natura* são resíduos que devem ser evitados para a produção de massa seca das mudas, pois os valores mais baixos foram encontrados com a utilização destes resíduos na formulação dos substrato provavelmente, por um baixo teor de nutrientes disponíveis.

Tabela 34, na estão apresentados os resultados das médias dos dados de Número de folhas, Relação altura da planta / diâmetro do colo e a Relação matéria da seca da parte aérea / matéria seca da raiz de caraíba, avaliadas em diferentes tipos de substrato em cinco épocas de avaliação.

Os substratos não proporcionaram diferença quanto ao número de folhas aos 30 dias, mas aos 60, 90 e 120 o esterco + solo proporcionou valores superiores para esta característica

Para a relação altura de planta e diâmetro do colo, os substratos não diferiram até os 90 dias após o plantio. Aos 120 dias, o esterco + solo superou o solo + fibra. Não houve diferença entre os substratos aos 30 e 120 dias após o plantio para a relação parte aérea e raiz. Entretanto, aos 60 e 90 dias, o esterco + solo proporcionou maiores médias (tabela 34).

Tabela 34 – Médias dos dados de número de folhas (NF), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAPDC) e relação parte aérea e raiz (RPAR) de plantas de cará, avaliadas em diferentes tipos de substrato em quatro épocas de avaliação. Mossoró-RN. 2016.¹

Número de folhas				
Tempos (dias após a semeadura)				
Tipos de substratos	30	60	90	120
Esterco + solo	11,40 A	16,50 A	18,60 A	20,30 A
Solo + fibra	10,20 A	12,40 B	14,40 B	15,50 B
Relação altura da planta / diâmetro do colo				
Tipos de substratos	30	60	90	120
Esterco + solo	2,99 A	3,07 A	3,19 A	3,90 A
Solo + fibra	2,70 A	3,10 A	3,08 A	2,69 B
Relação matéria da seca da parte aérea / matéria seca da raiz				
Tipos de substratos	30	60	90	120
Esterco + solo	0,47 A	0,58 A	0,60 A	0,48 A
Solo + fibra	0,41 A	0,35 B	0,40 B	0,45 A

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A relação altura/diâmetro do colo é reconhecida como um dos melhores indicadores do padrão de qualidade de mudas, sendo o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência no campo e por não fazer a destruição da muda. Neste estudo, o substrato esterco + solo apresentou melhor desempenho em relação ao solo + fibra; os valores das médias para esta relação situaram-se abaixo do valor mínimo recomendado por Carneiro (1995), mostrando que nenhum tratamento apresentou médias indicando boa qualidade de mudas. Segundo Artur et al. (2007), essa relação reflete o acúmulo de reservas e assegura maior resistência e melhor fixação no solo.

Para o índice de qualidade dado pela relação massa seca da parte aérea/massa seca de raízes, Caldeira et al. (2008), que avaliaram a produção de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) em diferentes substratos, afirmam que deve ser de 2:1. Os autores ainda complementam que é importante analisar essa relação quando as mudas vão para o campo, pois a parte aérea das mudas não deve ser muito superior à parte aérea da raiz, em função dos possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea. Considerando-se a

proporção defendida pelos autores acima, os tratamentos possuem mudas de baixa qualidade, quando cultivadas com os substratos Solo + esterco e solo + fibra.

5.5 ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS CULTIVADOS COM MUDAS CARAÍBA

A tabela 35 traz Resumo das análises de variância dos dados de pH, Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do substrato, cultivado com mudas de caraíba com irrigadas om diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado.

Tabela 35 – Resumo das análises de variância dos dados de pH, Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do substrato, cultivado com mudas de caraíba com irrigadas om diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.¹

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios										
		pH	CE	MO	N	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	PST
Águas (A)	4	0,22 ^{ns}	1,66 ^{ns}	156,43 ^{**}	1.504,68 ^{**}	1.188,83 ^{**}	417.871,68 ^{**}	101.509,33 ^{**}	3,92 ^{**}	5,91 ^{**}	35,39 ^{**}	7,34 ^{**}
Substratos (S)	1	1,92 [*]	0,67 ^{ns}	8,08 ^{ns}	540,80 ^{**}	45,00 ^{ns}	2.376,20 ^{ns}	3.864,20 ^{ns}	0,97 [*]	3,78 ^{**}	90,31 ^{**}	0,18 ^{ns}
A x S	4	0,23 ^{**}	0,07 ^{**}	17,23 ^{**}	37,18 ^{**}	30,63 ^{**}	8.856,58 ^{**}	5.844,08 ^{**}	0,04 ^{**}	1,48 ^{**}	3,46 ^{ns}	2,41 ^{ns}
Resíduo	10	0,32	1,02	1,78	38,80	182,30	2.559,00	2.575,70	0,11	0,05	2,77	1,05
Médias		7,4	1,31	20,0	45,3	36,9	489,8	501,4	5,07	2,53	19,9	13,3

¹ ns, *, **: não significativo; significativo a 5%; e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

5.5.1 pH e condutividade elétrica (CE)

Na tabela 36 – Traz o desdobramento da interação do pH e da Condutividade Elétrica (CE) do substrato, em função de diferentes águas de irrigação e tipos de substrato.

Tabela 36 – Médias dos teores de pH, condutividade elétrica (CE), da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mosoró-RN. 2016.¹

Águas	pH			CE		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	7,0Aa	7,1Aa	7,1	0,58Ba	0,28Bb	0,43
75% A + 25% ED	7,4Aa	7,0Aa	7,2	0,96Ba	0,85Ba	0,91
50% A + 50% ED	8,0Aa	7,3Aa	7,6	1,58ABa	1,39Aa	1,48
25% A + 70% ED	8,1Aa	7,0Aa	7,5	1,87Aa	1,41Ab	1,64
100% ED	7,9Aa	7,0Aa	7,4	2,46Aa	1,69Ab	2,07
Médias	7,7	7,1	-	1,48	1,12	-
CV (%) = 7,6				CV (%) = 77,3		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores de pH das mudas de caraíba cultivadas nos substratos esterco + solo e solo + fibra não diferiram em relação a aplicação das diferentes proporções de água de esgoto doméstico, além de não se observar superioridade entre os substratos em função da aplicação da água de irrigação.

De acordo com Ribeiro et al. (1999), as classes agronômicas de interpretação da acidez ativa do solo (pH) são as seguintes: menor que 4,5, muito baixo; 4,5 – 5,4, baixo; 5,5 – 6,0, bom; 6,1–7,0, alto e maior que 7,0, muito alto. A classe agronômica boa é tida como adequada, ao passo que as demais são consideradas inadequadas.

Para esta pesquisa, os resultados de pH para os substratos mostram valores elevados para todos os tratamentos. Esses valores podem ter limitado o desenvolvimento das mudas, em razão da reduzida disponibilidade dos nutrientes. Em meios com pH acima de 7,0, podem aparecer sintomas de deficiência de nutrientes. Entretanto, Malavolta (2006) explica que diferentes espécies de plantas têm suas faixas ótimas de pH, constatando-se, assim, que os valores ideais são referências teóricas, pois as respostas são dependentes das culturas.

O aumento de pH pode estar relacionado às sucessivas aplicações de água esgoto doméstico tratado. A literatura apresenta relatos tanto de aumento quanto de redução dos valores de pH decorrentes da aplicação de água esgoto de distintas naturezas no solo. Tais alterações estão associadas à composição e à dose do efluente Ferreira et al. (2003); Silva et al. (2004); Medeiros et al. (2005). No caso deste estudo, o aumento está mais liga-

do à composição da água, que apresenta elevadas concentrações de Nitrogênio, Sódio e Potássio.

Os valores de CE nos substratos esterco + solo não diferiram sob a aplicação das águas nas proporções 25% A + 75% ED e 100% ED, que apresentaram os maiores valores, ao passo que nas águas contendo as menores concentrações de esgoto doméstico tratado foram observados os menores valores. No substrato solo + fibra, foi observado o mesmo comportamento; os maiores valores foram observados nas concentrações 50% A+50% ED, 25% A +75% ED e 100% ED, que não diferiram em relação à aplicação das diferentes proporções de água de esgoto doméstico. Foi observada superioridade entre os substratos em função da aplicação da água de irrigação, com o substrato solo +fibra apresentado melhor resultado nas águas 100% A; 25% A+75% ED; 100% ED.

O aumento nos valores em função da aplicação da água esgoto doméstico no tratamento se deve à composição da água de irrigação e ao fato do cultivo ter ocorrido em sacos, não havendo lixiviação. Dessa forma, com o tempo os sais foram se acumulando em recipientes de cultivo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Fonseca (2002), que, ao estudar as alterações nas características químicas do solo irrigado com esgoto doméstico tratado, constatou incremento na condutividade elétrica do solo em razão da aplicação do efluente. Costa et al. (2012) também constatou aumento dos valores da condutividade elétrica nas camadas mais superficiais do solo.

5.5.2 Matéria orgânica (MO) e Nitrogênio (N)

Na tabela 37 – Traz o desdobramento da interação do Matéria Orgânica (MO) e Nitrogênio (N) do substrato, em função de diferentes águas de irrigação e tipos de substrato. Os valores de MO de nos substratos esterco + solo diferiram em relação à aplicação das diferentes proporções de água de esgoto doméstico, sendo que as concentrações mais elevadas (50% A + 50% ED; 25% A + 70% ED e 100% ED) proporcionaram maior teor de matéria orgânica, não deferindo estatisticamente entre si, neste substrato. Já para o substrato solo + fibra, foi observada diferença estatística. Quando aplicadas às diferentes proporções de água de esgoto doméstico tratado, as diluições 75% A +25% ED; 50% A+50% ED e 25% A+75% ED apresentaram valores de médias intermediários e os substratos irrigados com a proporção 100% Ed foram superiores aos demais tratamentos. Foi também que o substrato solo + esterco foi superior quando irrigado com 50% A+50% ED e 25% A +75% ED.

Tabela 37 – Médias dos teores de matéria orgânica e nitrogênio, da análise do substrato cultivado com mudas de carafba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	MO			N		
	Substratos		Médias	Substratos		Médias
Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Esterco + solo		Solo + fibra de coco		
100% A	11,5 Ba	11,7 Ca	11,6	17,5Da	20,5Db	19,0
75% A + 25% ED	13,1 Bb	18,1 Ba	15,6	31,0Ca	36,5Ca	33,8
50% A + 50% ED	24,8 Aa	20,1 Bb	22,4	43,0Bb	60,0Ba	51,5
25% A + 75% ED	25,9 Aa	20,7 Bb	23,3	45,0Bb	60,5Ba	52,8
100% ED	28,0 Aa	26,2 Aa	27,1	64,0Ab	75,0Aa	69,5
Médias	20,6	19,4	-	40,1 b	50,5 a	-
CV (%) = 6,7				CV (%) = 13,8		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com Novais (2007), a MOS é frequentemente a maior fonte de cargas negativas nos solos e sua manutenção é muito importante para a retenção de cátions nos solos.

De acordo com CFSEMG (1999), para interpretação de fertilidade do solo, com base no teor de matéria orgânica em g/kg, ficam estabelecidas as faixas: Muito baixo $\leq 0,70$ 0,71; Baixo - 2,00 2,01; Médio - 4,00 4,01; Bom - 7,00; Muito Bom $> 7,00$.

Comportamento semelhante a este estudo foi observado por Baumgartner et al. (2007), que notaram elevação de 68% nos teores de matéria orgânica de um solo irrigado com água residuária de suinocultura terciária. Segundo Lima (2006), a adição de resíduos orgânicos proporciona maior disponibilidade de matéria orgânica ao substrato, promovendo aumento na mineralização da matéria orgânica e na capacidade de troca de cátions. De acordo com Novais (2007) a MOS é frequentemente a maior fonte de cargas negativas nos solos e sua manutenção é muito importante para a retenção de cátions nos solos. A importância da MOS nas propriedades físicas baseia-se na sua participação como agente cimentante na agregação do substrato, influenciando na retenção de água, no arejamento, na penetração das raízes e na resistência à erosão.

Para os teores de nitrogênio no substrato esterco + solo, houve diferença estatística em relação às águas de irrigações, observando-se que o substrato quando irrigadas as águas 50%A+50%ED não diferiram entre si, apresentando comportamento intermediário, ao passo que o substrato irrigado com a água 100%ED apresentou teores de N superiores aos demais tratamentos. Comportamento semelhante ocorreu para o substrato solo +fibra.

As quantidades de N relativamente elevadas nos tratamentos que receberam irrigação com maior proporção de água esgoto doméstico tratado deve-se ao fato de o nitrogênio pre-

sente em esgoto doméstico tratado encontrar-se na forma orgânica, e que pode ser mineralizada após sua disposição nos substratos. Com isso a mineralização dos constituintes nitrogenados libera, para a solução do solo, íons inorgânicos de nitrogênio, principalmente, amônio e nitrato Santos et al. (2006).

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Costa et al. (2012), que constatou maiores valores de nitrogênio em função da aplicação de água residuária. Medeiros et al. (2005) constataram aumento na concentração do nitrogênio ao longo do perfil de um solo irrigado com esgoto doméstico, com exceção da profundidade 10cm, na qual houve redução desse nutriente, devido à extração pelo cafeeiro. Gurgel (2012), analisando os teores de nutrientes nos substratos, influenciados pela aplicação de níveis de água esgoto doméstico tratado cultivado com mudas de Timbaúba, afirma que na aplicação da água residuária em que houve contribuição do efluente para o enriquecimento do substrato no que diz respeito aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio.

5.5.3 Fósforo (P) e Potássio (K)

Na tabela 38 – Traz o desdobramento da interação Fósforo (P) e Potássio (K) do substrato, em função de diferentes águas de irrigação e tipos de substrato.

Tabela 38 – Médias dos teores fósforo e potássio, da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	P			K		
	Substratos		Médias	Substratos		Médias
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco		Esterco + solo	Solo + fibra de coco	
100% A	9,0Ba	15,0Ba	12,0	172,5Da	37,5Db	105,0
75% A + 25% ED	24,0ABa	32,0ABa	28,0	265,0Ca	209,5Ca	237,3
50% A + 50% ED	36,5ABa	43,0ABa	39,8	520,0Ba	452,5Ba	486,3
25% A + 75% ED	51,5Aa	51,0Aa	51,3	745,0Aa	840,0Aa	792,5
100% ED	56,0Aa	51,0Aa	53,5	801,0Aa	855,0Aa	828,0
Médias	35,4 a	38,4 a	-	500,7 a	478,9 a	-
CV (%) = 36,6				CV (%) = 10,3		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os teores de fósforo nos substratos deferiram estatisticamente em função da aplicação das águas de irrigação. As águas com maiores proporções (25%A+75ED; 100%ED) de esgoto doméstico tratado não deferiram, proporcionando aos substratos maior acúmulo de fósforo durante o período de cultivo. E a águas 100%A apresentaram menor acúmulo de substratos.

Na literatura, existem vários relatos de alterações nos teores de fósforo no solo em decorrência da aplicação de águas residuárias. Augusto et al. (2007), Gurgel (2012), Mig-

giolaro (2011), obtiveram alterações significativas dos teores de fósforo em solo cultivado com pimentão sob aplicação de água residuária doméstica tratada. Gurgel (2012), analisando os teores de nutrientes no substrato, influenciados pela aplicação de níveis de água residuária, cultivado com mudas de timbaúba, afirma que houve uma contribuição do efluente para o enriquecimento do substrato no que diz respeito ao o teor de fósforo.

De acordo com a CFSEMG (1999), o fósforo é classificado agronomicamente em função dos seus teores como baixo (menor do que 6,6 mg/dcm³); médio (12,1 - 20,0); bom (20,1 - 30,0 mg/dcm³) e muito bom (acima de 30mg/dm³). Para a produção de mudas em viveiro no sistema de sacos plásticos das espécies florestais *Eucalyptus e Pinus* comerciais, recomenda-se como adubação básica 700g de P₂O₅, por cada m³ de terra de substrato, ou seja, 30,54 mg de fósforo por dcm³. Quando comparadas com as quantidades de fósforo (P) encontradas na análise de solo feitas antes do cultivo, fica evidente que a irrigação dos tratamentos com água esgoto doméstico tratado proporcionou o aumento da concentração de fósforo nos substratos.

Os teores de Potássio nos substratos (solo +esterco bovino e solo +fibra) apresentaram diferença estatística em função das águas de irrigação, sendo que as águas com maiores concentrações (75% ED e 100% ED) de esgoto doméstico tratado proporcionaram maiores concentração de potássio no final do cultivo, não deferindo entre si. Os substratos irrigados com a água 100%A indicaram o menor acúmulo de potássio. De acordo com CFSEMG (1999), os teores de potássio permitem classificar agronomicamente o solo dos distintos tratamentos como bom (71 a 120 mg/dm³) e muito bom (superior 120 mg /dm³).

Rodrigues et al. (2009) explicam que, mesmo que ocorra aumento na concentração de potássio disponível no solo mediante a disposição de águas residuárias, a quantidade desse nutriente exigido pelas plantas é tão elevada que dificilmente apenas a irrigação com efluente poderia suprir adequadamente as plantas. Quando o cultivo é em recipiente, observa-se efeito contrário: há acúmulo desse nutriente em quantidades consideradas elevadas, pelo fato de não acontecer lixiviação. No cultivo de mudas, a demanda por esse elemento ainda não é tão grande, ocorrendo concentração.

Corroborando com os resultados encontrado nesta pesquisa, Cabral et al. (2014), estudando o crescimento de mudas jovens de caraíba (*Tabebuia aurea*) irrigadas com diferentes concentrações de água residuária da piscicultura, observaram aumento nas concentrações de potássio nos substratos de cultivo.

5.5.4 Sódio (Na) e Cálcio (Ca).

Na tabela 39 – Traz o desdobramento da interação Sódio (Na) e Cálcio (Ca) do substrato, em função de diferentes águas de irrigação e tipos de substrato.

Tabela 39 – Médias dos teores sódio e cálcio, da análise do substrato cultivado com mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	Na			Ca		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	315,0Da	238,0Da	276,5	3,90B	4,25B	4,08
75% A + 25% ED	405,0BCa	449,5Ca	427,3	4,05B	4,50B	4,28
50% A + 50% ED	456,5Ba	569,5BCa	513,0	4,75B	4,90B	4,83
25% A + 75% ED	610,5Aa	590,5Ba	600,5	5,50A	6,10A	5,80
100% ED	650,5Ab	729,0Aa	689,8	6,05A	6,70A	6,38
Médias	487,5 a	515,3 a	-	4,85 b	5,29 a	-
CV (%) = 10,1				CV (%) = 6,5		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As águas 25% A +75% ED e 100%ED proporcionaram maiores acúmulo de sódio no substrato solo + esterco. Ainda que estatisticamente as médias não difiram, observa-se que a água 100%ED, por apresentar concentração maior de esgoto doméstico, foi fator decisivo para maior incremento no teor de sódio. Para o substrato solo +fibra, água 100% ED proporcionou maior acúmulo de sódio, as águas 25%A+75%ED e 50%A+50%ED proporcionaram valores intermediários, ao passo que a água 100%A contribui para o menor valor médio no substrato. Observa-se também que o substrato solo+fibra proporcionou um acúmulo de sódio superior ao solo +esterco quando irrigado com 100%ED.

As concentrações de sódio nos substratos de cultivo podem ser justificadas pela composição das águas de irrigação, devido a estas conterem elevadas quantidades de sais. O excesso de sais pode ter prejudicado o crescimento das plantas, em virtude dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico e dos íons potencialmente tóxicos presentes em elevadas concentrações na solução de substrato. Gurgel (2012), analisando os teores de nutrientes no substrato, observou efeito significativo para os teores de sódio no substrato e para as interações de inoculação e substrato que utilizaram mistura. Observa-se também que as maiores aplicações de água residuária proporcionaram quantidades mais elevados (600 mg/dm³) no teor de sódio.

5.6 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS MUDAS DE CARAÍBA

A tabela 40 apresenta o resumo das análises de variância para o estado nutricional das mudas de caraíba.

Tabela 40 – Resumo das análises de variância dos dados Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), do tecido foliar de mudas de caraíba irrigadas com diferentes proporções de águas com esgoto doméstico tratado. Mossoró-RN. 2016.¹

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Águas (A)	4	66,62 **	0,71 **	9,49 **	2,27 **	2,24 **
Substratos (S)	1	20,30 **	1,80 **	4,61 ^{ns}	1,93 **	0,13 ^{ns}
A x S	4	4,15 **	0,41 **	0,31 **	0,75 **	0,05 **
Resíduo	10	0,44	0,04	1,39	0,08	0,07
Médias		16,9	0,53	8,25	1,26	1,44

¹ ^{ns}, *, **: não significativo; significativo a 5%; e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

5.6.1 Nitrogênio (N) e fósforo (P)

Na tabela 41– Traz o desdobramento da interação Nitrogênio (N) e Fósforo (P) dos teores do tecido foliar, em função de diferentes águas de irrigação e tipos de substrato.

Tabela 41 – Médias dos teores foliar de nitrogênio e fósforo de mudas de caraíba cultivada em dois substratos e irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	N (g /kg)			P (g /kg)		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	12,2 Cb	13,9 Da	13,0	0,02 Ba	0,08 Aa	0,05
75% A + 25% ED	13,8 BCb	15,9 CDa	14,8	0,06 Ba	0,18 Aa	0,12
50% A + 50% ED	14,3 BCb	17,0 Ca	15,6	1,12 Aa	0,19 Ab	0,65
25% A + 70% ED	15,3 Bb	19,9 Ba	17,6	1,49 Aa	0,34 Ab	0,90
100% ED	24,2 Aa	23,1 Aa	23,6	1,46 Aa	0,35 Ab	0,91
Médias	15,9	17,9	-	0,83	0,23	-
CV (%) = 3,9				CV (%) = 39,8		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A água 100%ED proporcionou maiores acúmulos de nitrogênio no tecido foliar da aroeira nos substratos solo + esterco e solo + fibra. O substrato solo + fibra apresentou maiores médias e relação ao esterco +solo quando aplicado às águas 100%A; 75%A+25%ED e 50%A+50%ED. Os teores médios de nitrogênio foliar encontrado para a concentração de 100% água esgoto doméstico, independentemente do substrato de cultivo, comprova o potencial desta água como fonte de nutrientes e seu uso para produção de mudas apresentando teores considerados adequados, conforme sugerido por Silveira et al. (2005); Kopinga & Van Den Burg (1995); Larcher (2000). Os valores de N considerados como suficientes para o

tecido foliar de espécies florestais: Silveira et al. (2005), acima de 18 g /kg; Kopinga & Van Den Burg (1995), acima de 21 g /kg; Larcher (2000), entre 15-25 g/kg.

Outros autores confirmam este fato em seus trabalhos: Augusto et al. (2007), utilizando águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *eucalyptus grandis*, obteve teor de N de 19,25 g/kg, nos tecidos foliares das plantas do tratamento com água residuária; Da Cruz et al. (2008), usando a água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo, constataram que o teor de N na parte aérea das mudas de maracujazeiro foi influenciado pelas concentrações(50% 32,4 g/kg; 75% 32,8 g/kg; 31,1 g/kg) de água residuária de suinocultura aplicadas. Gurgel (2012), produzindo mudas de timbaúba, encontrou valores para o nitrogênio nas folhas em média de 24,16 g /kg cultivadas no substrato mistura e também irrigadas com o esgoto doméstico.

As águas 50%A+50%ED; 25%A+ 75%ED e 100%ED proporcionaram maior teor de fósforo no tecido das mudas de caraíba quando combinado com substrato solo+ esterco. Já no substrato solo+ fibra, águas de irrigação não produziram efeito significativo em função do acúmulo de fósforo no tecido foliar das mudas de caraíba. Observa-se também que o substrato solo + esterco foi superior na relação solo +fibra para todas as águas de irrigação.

Segundo a classificação apresentada por Silveira et al. (2005), os teores de P são considerados muito baixos em tecidos de plantas quando inferiores a 1,0 g /kg, baixos quando entre 1 e 1,4 g/ kg, normais quando entre 1,4 e 1,9 g/ kg e altos quando acima de 1,9 g /kg.

Quando comparamos estes valores de referência aos obtidos nesta pesquisa, observa-se que apenas as mudas cultivadas substrato solo + esterco bovino irrigadas com água 100%ED apresentaram teores de fósforo foliar normais.

Diferentemente dos valores apresentado neste trabalho, outros autores têm encontrado resultados mais significativos para os teores de fósforo em espécie florestais, quando utilizam como fonte de irrigação a aplicação de águas residuárias: Augusto et al. (2007), produzindo mudas de *eucalyptus grandis* com águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos, encontrou valores altos para o fósforo, 2,78 g/kg; Miggiolaro (2011), estudando o desenvolvimento de mudas de duas espécies do gênero *qualea* utilizando água residuária, fertirrigação e irrigação por capilaridade, teve como resultado para o fósforo de 4,0 g/kg para o substrato comercial e 0,2 g/kg utilizando mistura; Da Cruz et al. (2008), usando água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo, observou nos tratamentos com irrigação nas proporções (50%; 75%; 100%) valores de fósforo de 2,6 g/kg; 2,6 g/kg e 3,1 g/kg, respectivamente. Brun (2008), estudando a avaliação nutricional de espé-

cies nativas utilizadas na arborização urbana, observaram teores de fósforo de 0,96 g/kg para a espécie *Eugenia uniflora* e de 0,97 g/kg para *Parapipitadenia rigida*.

Apesar disso, os baixos teores de P foliar em mudas de caraíba pode estar relacionados a dificuldades da planta em absorver esse nutriente ou às quantidades baixas desse elemento nos substratos e nas águas de irrigação, bem como ao alto valor do pH.

5.6.2 Potássio (K) e Cálcio (Ca)

Na tabela 42– Traz o desdobramento da interação Potássio (K) e Cálcio (Ca) dos teores do tecido foliar de mudas de caraíba, em função de diferentes águas de irrigação e tipos de substrato.

Tabela 42 – Médias dos teores foliar de potássio e fósforo de mudas de caraíba cultivada em dois substratos e irrigadas com diferentes proporções de água residuária. Mossoró-RN. 2016.¹

Águas	K			Ca		
	Substratos			Substratos		
	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias	Esterco + solo	Solo + fibra de coco	Médias
100% A	5,95Ba	5,95Ba	5,95	1,63 Ab	2,92 Aa	2,27
75% A + 25% ED	7,30ABa	8,50Aa	7,90	0,92 ABb	2,41 ABa	1,66
50% A + 50% ED	7,65ABa	8,65Aa	8,15	0,88 ABb	1,79 Ba	1,33
25% A + 75% ED	8,55Aa	9,95Aa	9,25	0,70 Ba	0,34 Ca	0,52
100% ED	9,40 Aa	10,60Aa	10,0	0,65 Ba	0,43 Ca	0,54
Médias	7,77 a	8,73 a	-	0,95	1,58	-
CV (%) = 14,3				CV (%) = 22,0		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As águas 25% A + 75% ED e 100%ED proporcionaram maiores teores potássio no tecido foliar das mudas de caraíba para o substrato esterco + solo. A água 100% A proporcionou o menor incremento de potássio, ao passo que as águas 75% A+ 25%ED e 50% A+50%ED apresentaram comportamento intermediário. Já no substrato solo + fibra, as águas 75% A+ 25%ED; 50% A+50%ED; 25% A + 75% ED e 100%ED não deferiram estatisticamente, proporcionando efeito semelhante para o teor de potássio no tecido foliar. O aporte desse nutriente nos esgotos domésticos, assim como o de N, é elevado dessa forma, pode-se justificar que somente a água de esgoto doméstico tratado seja suficiente para suprir as exigências nutricionais das plantas na fase inicial de mudas.

Em espécies florestais, tomando como referência as espécies do gênero *Eucalyptus*, *Pinus* e *Araucaria*, as faixas adequadas de K, segundo SBCS-CQFS (2004), ficam entre 6 e

15 g/kg. Epstein & Bloom (2004) apresentam 10 g/kg de potássio como valor de referência na matéria seca de plantas, independentemente de espécie.

Tomando esses limites como parâmetro para analisar os valores de potássio no tecido foliar de mudas de caraíba, observa-se que as mudas em todos tratamentos, exceto 100%A, apresentaram teores foliar dentro do limite proposto por SBCS-CQFS (2004), sendo os maiores teores de K encontrados nos tratamentos em que foram aplicadas as maiores proporções de água residuária, ao passo que os menores teores de K foliar foram encontrados nos tratamentos que não receberam a aplicação de água residuária. Quando se considera como referência o limite proposto por Epstein & Bloom (2004), todos os tratamentos se encontram abaixo desse limite. Contudo os tratamentos que receberam a irrigações com a água 100%ED apresentaram valores bem próximos ao de referência. O pH elevado, provavelmente pode ter interferido na absorção de potássio pelas mudas caraíba. Uma vez que os substratos apresentaram quantidades elevadas para esse nutriente. Mesmo assim as mudas de caraíba produzidas nesta pesquisa não apresentam grandes deficiências para o potássio.

Outros autores obtiveram resultados mais significativos do que os apresentados nesta pesquisa: Gurgel (2012), usando esgoto doméstico secundário e rizóbios na produção de mudas de espécie florestal da caatinga, encontrou valores adequado de K nas folhas de timbaúba entre 11 g/ kg e 16,82 g/kg; Lemos (2011) encontrou valores de K bem acima do limite proposto por SBCS-CQFS (2004); Epstein & Bloom (2004), na diluição com 50% de água residuária, apresentaram o menor valor (58,54 g/ kg); com água 100% residuária, o valor foi 67,86 g/kg de K; Caetano et al. (2016), produzindo mudas de *Tabebuia heptaphylla* irrigadas com água potável e residuária, observaram maior concentração de potássio (22,2g/kg) para mudas irrigadas com água 100% residuária.

Para os teores de cálcio no tecido foliar das mudas de caraíba observa-se que as maiores concentrações ocorreram quando as mudas foram irrigadas com água 100%A, independentemente do substrato. Novais (2007) explica que elevadas quantidades de Na e K no substrato de cultivo geralmente implicam em diminuição dos teores de Ca e Mg na planta. Os autores consideram que isso pode ser explicado em virtude do efeito da diluição, em que plantas bem supridas de K crescem mais e com isso há redução nos teores de Ca e Mg no tecido foliar, caso que não foi constatado neste estudo.

Considerando com valores adequados no intervalo entre 3-15 g /kg para Ca nas plantas de modo geral Grassi Filho (2007), observa-se os valores médios apresentado neste estudo estão abaixo do limite mínimo recomendado. Migliolaro (2011) encontrou valores entre 1,8 e

3,4 g/kg de Ca obtidos em mudas produzidas com água residuária, fertirrigação e irrigação por capilaridade, valores mais próximos dos encontrados nesta pesquisa.

Epstein & Bloom (2004) recomenda valor de referência igual a 5 g/kg para o Ca na matéria seca de plantas. Para espécies de *Eucalyptus* sp., uma revisão realizada por Silveira et al. (2005) mostrou valores foliares de Ca variando entre 3 e 11 g/kg considerados uma faixa adequada de ocorrência.

6 CONCLUSÕES

O uso de águas residuárias de origem doméstica surge como uma alternativa para evitar a poluição dos corpos d'água, além de ser uma fonte economicamente viável para a utilização na irrigação de viveiros de produção de mudas florestais dando um uso nobre as águas servidas.

As águas 100% esgoto doméstico tratado provenientes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos podem ser utilizadas na fertirrigação de viveiros para a produção de mudas de *Tabebuia aurea*, pois todas as plantas sobreviveram, sem deficiência ou toxidez de nutrientes aparente;

As mudas apresentaram-se como de boa qualidade. No entanto as plantas que foram cultivadas com 75% e 100% de água residuária mostraram-se com maior qualidade nos 120 dias após de cultivo;

O substrato proveniente da mistura solo +esterco bovino apresentou-se mais eficiente para a maioria dos parâmetros analisados.

As águas 100% esgoto doméstico tratado provenientes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos podem ser utilizadas na fertirrigação de viveiros para a produção de mudas de aroeira e caraíba, pois todas as plantas sobreviveram, sem deficiência ou toxidez de nutrientes aparente;

As mudas apresentaram-se como de boa qualidade. No entanto as plantas que foram cultivadas somente com água residuária mostraram-se com maior qualidade nos 150 dias após o plantio;

Os substratos não apresentaram diferença entre si para a maioria dos parâmetros avaliados. Sendo que mistura solo + esterco bovino mostrou-se superior para os parâmetros matéria seca total e matéria seca da parte aérea;

Constatou-se que a água residuária proveniente de sistemas biológicos de tratamento de esgotos não supre as necessidades nutricionais das plantas de forma completa, visto que nesta água os nutrientes não se apresentam de forma balanceada. Sendo indicado que além do uso da água residuária como fertilizante, seja a complementação a complementação;

No caso do nitrogênio mostrou-se suficiente, para nutrição das mudas de aroeira e caraíba. Já para o Sódio e Potássio, estes apresentaram em quantidades elevadas, comprometendo a absorção de outros minerais;

REFERÊNCIAS

Almeida, J. P. N.; da Costa, L. R.; Sampaio, P. R. F.; de Azevedo, J.; da Silva Dias, N. Utilização de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró – RN, v. 7, n. 4, p. 69-75, out-dez, 2012.

Almeida, O. T. *Qualidade da água de irrigação*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 227p. 2010.

Alves, S. M.; Rebouças, J. R.; Neto, M. F.; Batista, R. O.; di Souza, L. Fertirrigação de girasol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia. *Irriga*, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 714-726, 2014.

Appenzato-da-Glória, B.; Carmello-Guerreiro, S. M. *Anatomia vegetal*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 438p. (2006).

Apha, A. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC. (1998).

Aquino, B. F. D.; Mota, F. S.; Andrade, R. R. D.; da Silva, A. R.; de Freitas, C. A.; Bezerra, F. M. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.16, n.10, p.1031–1039, 2012.

Araújo, B. A.; Neto, J. D.; de Lima, V. L. A.; dos Santos, J. S. Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga. *Principia* n. 15, João Pessoa, 2007.

Araújo, E. A.; Ker, J. C.; de Sá Mendonça, E.; da SILVA, I. R.; Oliveira, E. K. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. *Acta amazônica*, vol. 41, n. 1, p. 103 – 114, 2012.

Araújo Júnior, O. Saneamento ambiental e qualidade de vida. Eco Terra Brasil, São Paulo. 2004. Disponível em: < www.ecoterrabrasil.com.br> Acesso em: 20 de maio. (2016).

Artur, A. G.; Cruz, M. D.; Ferreira, M. E.; Barretto, V. C. D. M.; Yagi, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.6, p.843-850, 2007.

Augusto, D. C. C.; Guerrini, I. A.; Engel, V. L.; Rousseau, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.4, p.745-751, 2007.

Augusto, D. C. C.; Guerrini, I. A.; Engel, V. L.; Rousseau, G. X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf.(copaíba). R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.335-342, 2003.

Bataglia, O.; Furlani, P. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: Barbosa, J. G. et al. Nutrição e Adubação de plantas cultivadas em substrato. Viçosa, MG: UFV, 2004. 434 p

Barnes, B. V.; Saeki, I.; Kitazawa, A. Ecological forest site classification. *Journal of Forestry*, New York, v. 80, n. 8, p. 493-498, 1982.

Batista, R. O.; Sartori, M. A.; Soares, A. A.; Moura, F. N.; Paiva, M. R. D. F. C. Potencial da remoção de poluentes bioquímicos em biofiltros operando com esgoto doméstico/Potential removal of biochemical pollutants in biofilters operating with domestic sewage. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 152-164, 2011.

Baumgartner, M. F. Comparisons of *Calanus finmarchicus* fifth copepodite abundance estimates from nets and an optical plankton counter. *Revista J. Plankton*. v. 25, p. 855–868, 2003.

Benincasa, M. M. P. (1988). Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 41p, 2003.

Bertoncini, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008.

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. Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 19, n. 1, p. 31-38, jun. (2007).

Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L.; Mierzwa, J. C.; Barros, M. T. L.; Spencer, M.; Porto, M.; Nucci, N.; Juliano, N.; Eiger, S. Introdução a engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Bezerra, B. G.; Fideles Filho, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. Rev. Ciênc. Agron., Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 339-345, jul-set, 2009.

Bezerra, F. C.; Lima, A. V. R.; Araújo, D. B.; Cavalcanti Júnior, A. T. Produção de mudas de *Tagetes erecta* em substratos à base de casca de coco verde. In: encontro nacional sobre substratos para plantas, V, 2006, Ilhéus, BA, Anais. Ilhéus, (2006).

Bicudo, C.E.de M.; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo, Instituto de Botânica, (2010). 224 p.

Binotto, A. F. Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm. Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria. (2007).

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de saneamento. Brasília: FUNASA, (2004). 328p

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de saneamento. Brasília: FUNASA, 328p. 2004a.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. Brasília: FUNASA, 408 f. (2006).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Abastecimento Urbano de Água. Brasília: ANA, 72p. (2010).

BRASIL. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. A questão da água no Nordeste. Brasília: CGEE, 436p. (2012).

Brandão, F. D. Efeito de substratos comerciais no desenvolvimento de cultivares de alface na época de inverno. 29f. Monografia apresentada para obtenção de título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia. (2000).

Brissette, J. C. Summary of discussions about seedling quality. Southern Nursery Conferences, (1984).

Brun, F. G. K. Percepção sobre a arborização urbana no Bairro Camobi, Santa Maria - RS: Estudo de um caso. 75 f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, (2008).

Cabral, E. L.; Barbosa, D. D. A.; Simabukuro, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. Acta botânica brasílica, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.

Caetano, M. C. T. Substratos orgânicos para a produção de mudas de *Tabebuia heptaphylla* irrigadas com água potável e residuária. Jaboticabal: UNESP, 2016. 60p. Tese de Doutorado

Caldeira, M. V. W.; Schumacher, M. V.; Barichello, L. R., Voget; H. L. M.; Oliveira, L. D. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. Floresta, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 19-30, 2000.

Caldeira, M. V. W.; da Rosa, G. N.; Fenilli, T. A. B.; Harbs, R. M. P. (2008). Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. Scientia Agraria, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

Câmara, C. D. A.; Endres, L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas: *Mimosa caesalpinifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. Floresta, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.

Carlini, E. A.; Duarte-Almeida, J. M.; Rodrigues, E.; Tabach, R. (2010). Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão, Anacardiaceae (aroeira-do-sertão). Revista Brasileira de Farmacognosia, vol.20 n.2 Curitiba 2010.

Carneiro, J. G. A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *pinus taeda* l. Para plantio definitivo. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, (1976).

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

Carpanezzi, Antônio A.; Brito, José O.; Jark Filho, Plínio Fernandes Walter. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, v. 33, p. 225-232, 1976.

Carvalho, S. A.; Adolfo, L. G. S. O direito fundamental ao saneamento Básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental. IMED - Passo Fundo-RS. Revista Brasileira de Direito, v. 8, p. 6-37, 2012.

Cavalcanti, F. D. A.; Noskoski, C. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a. Aproximação (No. 631.81 R311 1998). Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, Recife, PE (Brasil), 1998.

Cavallet, L. E.; Lucchesi, L. A., Moraes, A. D.; Schimidt, E.; Perondi, M. A.; Fonseca, R. D. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande- PB, v.10, n.3, p.724–729, 2006

Cerri, C. E.P.; Oliveira, E.C.A.; Sartori, R.H.; Garcez, T. B. Compostagem. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ. Piracicaba. 2008.

Cetesb, C. D. T. D. S. Relatório de estabelecimento de valores orientados para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. In Série Relatórios Ambientais. CETESB. São Paulo, 2008.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais -CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Viçosa-MG: (1999). 359p.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA (Brasil). Cenários para o Bioma Caatinga. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Brasília, 283 p. (2004).

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e das outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de (2005).

Corrêa, J. C.; Büll, L. T.; Crusciol, C. A. C.; Fernandes, D. M.; Peres, M. D. M. (2008). Aplicação superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 4, p. 1583-1590, 2008.

Costa Filho, R. T. D. (2010). Crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia Benth.* e *Astronium fraxinifolium Schott* em resposta à calagem e adubação fosfatada. Jaboticabal- SP: UNESP, 2010. 48p. Tese de Doutorado.

Costa, M. S.; Alves, S. M. C.; Neto, M. F.; Batista, R. O.; da Costa, L. L. B.; Oliveira, W. M.. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado. Irriga, Botucatu, Edição Especial, v. 01, n. 01 p. 408 - 422, 2012.

Costa, Z. V. B. Uso de esgoto doméstico primário em um argissolo cultivado com Milho no assentamento Milagre, Apodi-RN, UFERSA, 50p. Dissertação Mestrado, 2012.

Coutinho, M. P, et al. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Plantadas em uma área degradada por extração de argila. Floresta, Curitiba, PR, v. 35, n.2, 2005.

Cunha, A. H. N. Reuso de água no Brasil. Saneamento Ambiental. Rio de Janeiro-RJ: Universidade Gama Filho, 2010. 46p. Monografia (Pós-graduação).

Cunha, A. H.N. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011.

Cunha, A. O.; Andrade, L. D.; Bruno, R. D. L. A.; Silva, J. D.; Souza, V. D. (2005). Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

Cunha-Quedac, M.M. C.; Ribeiro, H.M.; Almeida, M. H. Caracterização de compostos e de materiais orgânicos para a formulação de substratos para viveiros. Rev. de Ciências Agrárias v.33 n.1 Lisboa jan. 2010.

Da Cruz, M. D. C. M.; Ramos, J. D.; de Oliveira, D. L.; Marques, V. B.; Mariano Hafle, O. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv Redondo Amarelo. Rev. Bras. Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1107-1112, dezembro 2008.

Daltro Filho, J. Saneamento ambiental: doença, saúde e o saneamento da água. São Cristóvão: Editora da UFS, 331 p. 2004.

Dantas, V.; Almeida, C. C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia férrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). Revista Acta Amazônica, Manaus-AM, v.38, n.1, p. 5-10, 2008.

de Araújo, B. A.; Neto, J. D.; de Lima, V. L. A.; dos Santos, J. S. (2007). Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga. Principia n. 15, João Pessoa -PB, 2007.

Delarmelina, W. M.; Caldeira, M. V. W.; Faria, J. C. T., Gonçalves, E. O.; Rocha, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. Revista Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro-RJ, v. 21 n.2, p. 224-233, 2014.

Epstein, E.; Bloom, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Planta. 2ª Edição. (2004).

Fernandes, A. R.; Paiva, H. D.; Carvalho, J. G. D.; Miranda, J. R. P. D. (2007). Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007.

Ferreira, A. C.; Silva, V. F.; de Brito, K. S.; Nascimento, E. C. (2014). Resíduo agroindustrial na formação de mudas ornamentais irrigadas com água residuária. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró-RN, v. 8, n. 4, p. 258-266, 2014.

Ferreira, A. S.; Camargo, F. A. O.; Tedesco, M. J.; Bissani, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.4, p. 755-763, 2003.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

Ferreira, Olga Eduarda.; Beltrão, Napoleão Esberard de Macêdo.; Konig, Annemarie. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande-PB, v. 9, n. 01/03, p. 893-902, 2005.

Ferreira, R. N.; Cunha, M. C. L. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraíba*) (Mart.) Bur.) – bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) – apocynaceae. *Revista brasileira de sementes*, Londrina – PR, v.22, n. 1, p. 134-143, 2014.

Figuerola, F. E. V. Suporte Metodológico para a Gestão Estratégica de Conflitos Relacionados ao Uso dos Recursos Hídricos. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília 2007. 258p. Tese de Doutorado.

Florêncio, L.; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 427p. 2006.

Fonseca, C. A.; Cruz, H. N. de P.; Guerreiro, C.R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v. 30, n.4, p. 537-546, 2006.

Fonseca, A. F. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Piracicaba: ESALQ, 2002. 110p. Dissertação Mestrado.

Freneau, R. T.; Lundblad, J. R.; Pritchett, D. B.; Wilcox, J. N.; Roberts, J. L. (1986). Regulation of pro-opiomelanocortin gene transcription in individual cell nuclei. *Science*, v. 234, n. 4781, p. 1265-1269, 1986.

Gariglio, M. A.; Sampaio, E. D. S.; Cestaro, L. A.; Kageyama, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Ministério do Meio Ambiente. Publicado pelo Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, 2010.

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*, Viçosa-MG, v.26 n. 6, p. 655-664, 2002.

Gomes, J.M.; Paiva, H.N. Viveiros florestais (propagação sexuada). Viçosa: Editora UFV, 2006. (Caderno didático, 72).

Gliessman, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001.

Gonçalves, J. D. M.; Santarelli, E. G.; Moraes Neto, S. D.; Manara, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p. 309-350, 2000.

Gonçalves, J. L. de M.; Poggiani, Fábio. Substratos para produção de mudas florestais. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Piracicaba: 1996, Águas de Lindóia, Piracicaba. Resumos Expandido Piracicaba: Sociedade Latino Americano de Ciência do solo, 1996.

Grassi Filho, H. Macronutrientes. Disponível em: http://www.fca.unesp.br/instituicao/departamentos/recursos_naturais/ci_solo. Acesso em 20/02/2016.

Guerra, M. E. C.; Medeiros Filho, S.; Gallão, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). Revista Cerne, Lavras- MG v.12 n.4, p. 322-328, 2006.

Guimarães, M. M. B.; Severino, L. S.; Beltrão, N. E.; Costa, F. X.; Xavier, J. D. F.; Lucena, A. D. (2006). Produção de muda de mamoneira em substrato contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizante mineral. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. Anais... Aracaju: EMBRAPA, 2006.

Gurgel, G.C.S. Uso de esgoto doméstico secundário e rizóbios na produção de mudas de timbaúba em distintos substratos. 2012. Mossoró-RN: UFERSA, 2012. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo).

Hespanhol, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. Estudos avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, (2008).

Hoppe, J. M.; Brun, E. J. Produção de sementes e mudas florestais. Santa Maria: UFSM Caderno didático, n. 1, p. 388, 2004.

Hunt, G. A. Effect of Styroblock Design and Copper Treatment on Morphology of Conifer Seedlings. (1990).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico 2008. Rio de Janeiro, 219p. (2010).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, (2011). Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, (2011). Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 fev. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico 2008. Rio de Janeiro, 219p. (2010).

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. IBAMA; (2008).

Jordão, E. P.; Pessoa, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, p.940, 2009.

Kämpf, A.; Barbosa, J.; Martinez, H.; Pedrosa, M.; Sedyama, M. (2004). Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substratos no Brasil. Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. p.3-10.

Knapik, J. G.; de Almeida, L. S.; Ferreria, M. P.; de Oliveira, E. B.; Nogueira, A. C. (Crescimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radl. Sob diferentes regimes de adubação. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n.51, p.33-44. 2005.

Knapik, J. G. Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 163p. Dissertação de Mestrado.

Knapik, J. G.; A. C. A. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. Revista Floresta, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, 2007.

Kobiyama, M.; Mota, A. A.; Corseuil, C. W. Recursos Hídricos e Saneamento. 1 ed. Curitiba: Editora Organic Trading, 160p. 2008.

Köppen, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p

Kopinga, J.; Van Den Burg, J. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal of Arboriculture*, v. 21, n. 1, p. 17-24. 1995.

Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

Larsen, D. Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR. Curitiba: UFPR, 2010. 182p. Dissertação de Mestrado.

Laviola, B. G.; Dias, L.A dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa- MG, v. 32, n, 5, p. 1969-1975, 2001.

Leitão, R. C.; Van Haandel, A. C.; Zeeman, G.; Lettinga, G. (2006). The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. *Bioresource Technology*, v. 97, n. 9, p. 1105-1118, 2006.

Lemos, M. Sistema modular para tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reuso para produção de girassol ornamental. Mossoró: UFERSA, 2011. 172p. Dissertação de Mestrado.

Lima, C.C. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2006, 167p. Tese Doutorado.

Lopes, J. L. W.; Guerrini, I. A.; Saad, J. C. C.; Silva, M. R. D. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31 n.4, p.713-722, 2007.

Luz, L. A. R. A. Reutilização da Água: Mais uma chance para nós. Rio de Janeiro: Quality Mark, 125p. (2005).

Malavolta, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p

Malvestiti, A. L. *Uso das fibras de coco na floricultura*. Sul Flores. 2. Curitiba, 2003. Palestra.

Marengo, J. A. Water and climate change. *Estudos Avançados*, v. 22, p.83-96, 2008.

Martins, S. V. *Recuperação de Áreas Degradadas*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009

Massukado, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2008 182p. Tese de Doutorado.

Matos, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 140p Caderno didático n.38 2007.

Marana, J. P.; Miglioranza, É.; de Pádua Fonseca, É.; Kainuma, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Ciência Rural*, Santa Maria -RS v.38, n.1, p. 39-45, 2008.

Martins, C. C.; Machado, C.G.; Caldas, I.G.R.; Vieira, I.G. Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 421-427, 2011.

Matiello, J. B. *O café: do cultivo ao consumo*. São Paulo: Globo, 320 p. 1991.

Medeiros, S. D. S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C.; Matos, A. D.; Souza, J. D. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

Melotto, A.; Nicodemo, M. L.; Bocchese, R. A.; Laura, V. A.; Gontijo Neto, M. M., Schleder, D. D.; Silva, V. D. (2009). Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.425-432, 2009.

Mendonça, A. V. R.; Nogueira, F. D.; Venturin, N.; Souza, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). Revista Cerne, Lavras v.5, n.2, p.65-75 1999.

Migliolaro, J. A. Produção de mudas de duas espécies do gênero *qualea* utilizando água residual, fertirrigação e irrigação por capilaridade. Botucatu: UNESP. 2011. 84p. Dissertação de Mestrado.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Estatística florestal da caatinga. Natal: APNE, 2008.

Miyazawa, A.; Fujiyoshi, Y.; Stowell, M.; Unwin, N. Nicotinic acetylcholine receptor at 4.6 Å resolution: transverse tunnels in the channel. Journal of molecular biology, v. 88 n.4, p.765-786, 1999.

Mota, F. S. B.; von Sperling, M. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 428p. 2009.

Moreira, F.M.S.; Moreira, F.W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. Acta Amazônica, Manaus -AM, v.26, p.3-16, 1996.

Moreira, R. A.; Ramos, J. D.; Araújo, N. A.; Marques, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaiá-vermelha com adubação orgânica e granulada bioclastica. Rev. Bras. Fruticultura, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 762-766, 2011.

Nobre, R. G.; Gheyri, H. R.; Andrade, L. D.; Soares, F. A. L.; Nascimento, E. C. S. Crescimento do girassol irrigado com água residual e adubação orgânica. Revista DAE, Campina Grande, PB, v.3 n.4, p. 50-60, 2009.

Nóbrega, R. S. A.; Boas, R. C. V.; Nóbrega, J. C. A.; Paula, A. D.; Moreira, F. D. S.. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius Rad-di*). Revista Árvore, Viçosa-MG, v.31 n.2, p.239-246, 2007.

Novaes, A. B. Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 1998. 118p. Tese de Doutorado.

Novais, Roberto Ferreira. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

Oliveira, J. F.; Alves, S.; Batista, R. O.; Costa, M. S., Queiroz, J. L.; Lima, V. I. Avaliação de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. Revista Agropecuária científica no semiárido, Campina Grande, V. 9, n. 4, p. 46 - 52, p. 46-52, 2012.

Oliveira, R. B. D.; Lima, J. S. D. S.; Souza, C. A. M. D.; Silva, S. D. A.; Martins Filho, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 1, p. 122-128, 2008.

Pádua Fonseca, É.; Valéri, S. V.; Miglioranza, É.; Fonseca, N. A. N.; Couto, L. Padrão de Qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. R. Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

Paiva, H. N.; Gomes, J. M. Viveiros florestais: propagação sexuada. Editora UFV, Viçosa, Brasil, (2011).

Peroni, L. Substratos renováveis na produção de mudas de *eucalyptus grandis*. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2012. 82p. Dissertação de Mestrado.

Pinto, J. R. D. S.; de Freitas, R. M.; Leite, T. D. S.; Oliveira, F. D. A. D.; Ferreira, H.; Leite, M. D. S. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande v.20, n.6, p. 519-524, 2016.

Portela, R. C.; Silva, I. L.; Pinã-Rodrigues, F. C. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchidiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2005.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Atlas do desenvolvimento humano no Brasil. (2010). Disponível em: < <http://www.pnud.org.br/Atlas.aspx>> Acesso em: 21 nov. (2013).

Ramos, M. R.; Pinto, J. E. P. B.; Furtini Neto, A. E.; Davide, A. C. (2000). Influência da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição mineral de mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). Revista brasileira de plantas medicinais, Botucatu, v.3, n.1, p. 79-86, 2000.

Rebouças, J. R. L.; Dias, N. D. S.; Gonzaga, M. D. S.; Gheyi, H. R.; Sousa Neto, O. D.. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n.1, p.97-102, 2010.

Rebouças, A.C. Água doce no Brasil e no mundo. 3. ed. São Paulo: Escrituras, (2006).

Rego, J. D. L.; Oliveira, E. D.; Chaves, A. F.; Araújo, A. P. B., Bezerra, F. M. L., Santos, A. D.; Mota, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.155-159, 2005

Resende, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação por nitrato. 1 ed. Documentos/Embrapa Cerrados. Planaltina, 29p. 2002.

Resende, A. S.; Azevedo, C. R., Lima, K. D. R.; Carpeggiane, B. P.; Araújo, J. E.; Miranda, C. A. K. In: Resende, A. S. D.; Chaer, G. M. (org.). Manual para recuperação de áreas degradadas por exploração de piçarra na Caatinga. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. p. 13-28.

Ribas, T. B. C.; Fortes Neto, P. Disposição no solo de efluentes de esgoto tratado visando à redução de coliformes termotolerantes. Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 81-94, 2008.

Ribeiro, A. C.; P. T. G. Guimarães.; V. H. Alvarez. "Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais-CFSEMG." Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Embrapa/UFV/SBCS, Cap 5 (1999): 25-32

Ribeiro, Cláudia da Costa. EMBRAPA hortaliças Sistemas de Produção, 3 ISSN 1678-880x Versão Eletrônica Nov / (2007). Acesso fevereiro de 2016.

Riegelhaupt, Enrique Mario.; Frans Germain Corneel Pareyn. A questão energética e o manejo florestal da caatinga. In: Gariglio, M. A.; Sampaio, E. V. S. B.; Cestaro, L. A.; Kageyama, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 65-81.

Ristow, Nara Cristina.; Antunes, Luís Eduardo Corrêa.; Carpenedo, Sílvia. Substratos para o enraizamento de microestacas de mirtilheiro cultivar Georgia.em. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal/SP, v. 34, n. 1, p. 262-268, 2012.

Rocha, S. A.; Garcia, G. O.; Lougon, M. S.; Cecílio, R. A.; Caldeira, M. V. Crescimento e nutrição foliar de mudas de *Eucalyptus* sp. irrigadas com diferentes qualidades de água. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v.37, n.2, p. 141-151, 2014.

Rodrigues, L. N.; Nery, A. R.; Fernandes, P. D.; Beltrão, N. E. M. Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande, v.9, n.1, p.56-67, 2009.

Rosa Júnior, E. J.; Daniel, O.; Vitorino, A.; Santos Filho, V. D. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. Revista de ciências agrárias, Lisboa, v.1 n.2, p.18-22, 1998.

Santos, C. B.; Longhi, S. J.; Hoppe, J. M.; Moscovich, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipo de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (LF) D. Don. Ciência Florestal, Santa Maria, v.10 n.2, p.1-15, 2000.

Santos, J. D.; Araújo, B. D.; Lima, V. L. A.; Dantas Neto, J. Plantas nativas do bioma caatinga produzidas com esgoto doméstico tratado. Revista Científica da UFPA, Curitiba, ano 7, v. 6, n. 1. 2007.

Santos, P. D.; Lopes, L.; Freitas, S.; Sousa, L.; Carvalho, A. Crescimento inicial e teor nutricional do maracujazeiro amarelo submetido à adubação com diferentes fontes nitrogenadas. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. Especial, p.722-728, 2011.*

Santos, S. S.; Soares A. A.; Matos, A. T.; Mantovani, E. C.; Batista, R. O. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo. *Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.14 n.1, p.32-38, 2006.*

Simões, K. D. S.; Peixoto, M. F. S. P.; Almeida, A. T., Ledo, C. A. D. S.; Peixoto, C. P.; Pereira, F. A. D. C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n.5, p.518-523, 2013.*

Silva, G. H. R.; Nour, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.2, p.268-275, 2005.*

Silva, Gírlanio Holanda.; Rivaldo Vital Santos.; Artur Diego Vieira Gomes. Crescimento de mudas de craibeira em substrato de co-produto sob fertilização química e orgânica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, v. 9. n. 5, p. 78-83, 2015.*

Silveira, R.L.V.A.; Higashi, E. N.; Gonçalves, A. N.; Moreira, A. Avaliação do Estado nutricional do Eucalyptus: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, (2005), p. 79-104.*

Silveira, T. L.S.; Ramos, Denis T.; Neves, L. G. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. *Rev. Bras. Ciênc. Agrárias, Recife, v.5, n.2, p.238-243, 2010.*

Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo – Comissão De Química E fertilidade Do Solo (SBCS-CQFS). *Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS. 400 p, (2004).*

Souza, R. M.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Dias, N. D. S.; Soares, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.23 n.2, p.125-133, 2010.

Sturion, J.F.; Antunes, J.B.M.; Produção de Mudanças de espécies florestais. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 3) (2000).

Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C. A., Bohnen, H., & Volkweiss, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. Boletim técnico, 5.

Teixeira, J. C.; Guilhermino, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003–IDB 2003. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Juiz de Fora, v.2, n.3 p.277-282, 2006.

Tonetti, A. L.; Filho, B. C.; Stefanutti, R. Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Juiz de Fora, v. 10, n.3, p. 209-218, 2005.

Tucci, Carlos EM.; Ivanildo Hespagnol.; Oscar de M. Cordeiro Netto. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a Visão Mundial da Água. *Interações* 1980. (2003).

Vale, F.; J. C. Alcarde. Solubilidade e disponibilidade dos micronutrientes em fertilizantes. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, v. 23 p. 441-451, 1999.

Von Sperling.; M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 452p, (2011).

Wendling, I.; Gatto A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166p.

Zietemann, C.; Roberto, S.R. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, n.1, p.137-142, 2007.