



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
MESTRADO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

LÍVIA LAIANE BARBOSA ALVES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Amburana cearensis* (ALLEMAO) A.C SMITH EM
DIFERENTES SUBSTRATOS IRRIGADA COM EFLUENTE INDUSTRIAL**

MOSSORÓ

2019

LÍVIA LAIANE BARBOSA ALVES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Amburana cearensis* (ALLEMAO) A.C SMITH EM
DIFERENTES SUBSTRATOS IRRIGADA COM EFLUENTE INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido.

Orientador: Profa. Dra. Elís Regina Costa de Moraes

Co-orientador: Profa. Dra. Danielle Marie Macedo de Sousa

© 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 nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 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.

A474p Alves, Livia Laiane Barbosa .
Produção de mudas de *Amburana cearensis*
(Allemao) A.C Smith em diferentes substratos
irrigada com efluente industrial / Livia Laiane
Barbosa Alves. - 2019.
57 f. : il.

Orientadora: Elís Regina Costa de Moraes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2019.

1. Reuso de água. 2. cumaru. 3. taxas de
crescimento. 4. aguapé. I. Moraes, Elís Regina
Costa de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LÍVIA LAIANE BARBOSA ALVES

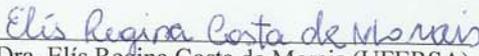
**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Amburana cearensis* (ALLEMAO) A.C SMITH EM
DIFERENTES SUBSTRATOS IRRIGADA COM EFLUENTE INDUSTRIAL**

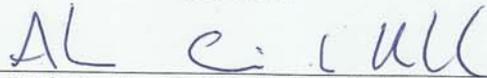
Dissertação apresentada ao Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido

Defendida em: 13 / 02 / 2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dra. Elis Regina Costa de Moraes (UFERSA)
Presidente


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


Prof. Dr. Caio César Pereira Leal (EAJ/UFRN)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sua infinita bondade, proteção e cuidado.

Aos meus pais por todo amor, por todo apoio, dedicação e por serem exemplos de determinação e caráter; e aos meus irmãos por sempre estarem ao meu lado.

A Clara pelo companheirismo, pela ajuda, paciência e por todo apoio ao longo da minha caminhada.

A minha orientadora, Elís Regina, pela orientação, paciência, pelos ensinamentos e por todos os conselhos.

A todos que ajudaram no desenvolvimento da pesquisa, especialmente a Cláudia, pela amizade e prestatividade de sempre; e aos funcionários da UFERSA, José e Wendel por todo auxílio.

Aos amigos e amigas que sempre torceram, apoiaram e estiveram ao meu lado.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido por tudo que aprendi, por tudo que pude viver e amadurecer; e ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade pela oportunidade.

Aos colegas de mestrado pelos momentos compartilhados.

A Banca Examinadora pela disponibilidade em contribuir com este trabalho.

A todos os professores que passaram pela minha vida acadêmica.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período da pesquisa.

Gratidão a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa!

A educação é a arma mais poderosa que você
pode usar para mudar o mundo.

Nelson Mandela

RESUMO

Apesar de abundante no planeta terra, nas últimas décadas os problemas relacionados a água acabaram sendo intensificados, principalmente nas regiões semiáridas. Diante da necessidade de se produzir mudas para diversas finalidades, a qualidade da água para irrigação das plantas em alguns casos pode comprometer a produção, assim uma das principais alternativas para suprir a demanda nesses locais é o reúso de água. Objetivou-se com este trabalho foi avaliar o crescimento da espécie *Amburana cearensis* em diferentes substratos utilizando efluente de uma indústria de produtos de limpeza. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação no Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, correspondente a dois substratos e cinco doses do efluente (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Os substratos utilizados foram constituídos de: solo e composto orgânico (S1); solo e fibra de aguapés (S2). Realizou-se análises químicas e de metais tóxicos no efluente antes do início do experimento. Para os substratos as mesmas análises foram realizadas antes do início e após o fim do experimento. O crescimento foi avaliado por meio do diâmetro do caule (DC) e altura da muda (H), e as avaliações foram realizadas a cada 15 dias. Foram determinadas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e taxas de crescimento relativo (TCR). Os resultados das características avaliadas foram submetidos a análise de variância e para os fatores qualitativos foi feita análise de média pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, foi realizada análise de regressão e correlação. Verificou-se que o diâmetro do caule médio foi maior para as plantas cultivadas em S2 e a altura média foi maior em S1. A TCR para altura de planta e para diâmetro do caule apresentaram o mesmo padrão de comportamento no tratamento testemunha, e nas doses 25 e 50% em S1. Em S2, a TCR para diâmetro reduziu de forma contínua durante os 90 dias em todas as doses. As taxas de crescimento relativo para altura apresentaram uma tendência de redução independente dos tratamentos. O pH e a condutividade elétrica foram mais elevados em S2. Os metais tóxicos foram registrados em baixas concentrações nos substratos e nas plantas. Dessa forma, as mudas apresentaram boas características de crescimento para todos os tratamentos, sendo que a dose 50% em S1 atingiu os melhores resultados para altura e diâmetro.

Palavras-chave: Reuso de água; cumaru; taxas de crescimento; aguapé.

ABSTRACT

Although plentiful on planet earth, in recent decades water-related problems have been intensified, especially in semi-arid regions. Due to the need to produce seedlings for different purposes, the quality of the water for irrigation of the plants can in some cases jeopardize the production, so one of the main alternatives to supply the demand in these places is the reuse of water. The objective of this work was to evaluate the growth of the species *Amburana cearensis* on different substrates using effluent from a cleaning products industry. The study was carried out in a greenhouse at the Department of Agronomic and Forest Sciences, Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Mossoró-RN. The experiment was conducted in randomized blocks, in a 2 x 5 factorial scheme, corresponding to two substrates and five doses of effluent (0%, 25%, 50%, 75% and 100%). The substrates used were: soil and organic compound (S1); soil and fiber of aguapés (S2). Chemical and toxic metal analyzes were performed on the effluent before the start of the experiment. For the substrates the same analyzes were performed before the beginning and after the end of the experiment. The growth was evaluated by the diameter of the stem (DC) and height of the seedling (H), and the evaluations were performed every 15 days. Absolute growth rates (TCA) and relative growth rates (TCR) were determined. The results of the evaluated characteristics were submitted to analysis of variance and for the qualitative factors was done analysis of average by the test of Tukey to 5% of probability. For the quantitative factors, a regression and correlation analysis was performed. It was verified that the diameter of the mean stem was higher for plants grown in S2 and the mean height was higher in S1. The TCR for plant height and for stem diameter had the same pattern of behavior in the control treatment, and at 25 and 50% doses in S1. In S2, the diameter TCR reduced continuously during the 90 days at all doses. The relative growth rates for height showed a trend of independent reduction of treatments. PH and electrical conductivity were higher in S2. The toxic metals were recorded at low concentrations on substrates and plants. Thus, the seedlings showed good growth characteristics for all treatments, and the 50% dose in S1 achieved the best results for height and diameter.

Keywords: Water reuse; cumaru; growth rates; Water hyacinth.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Coleta, secagem e preparação dos aguapés para o experimento..... 26
- Figura 2 – Valores de altura de planta (AP) e taxa de crescimento absoluta para altura de planta (TCA AP) em função de dias após o plantio (DAP) nas doses zero (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) do efluente, em S1 e S2..... 47
- Figura 3 – Valores de diâmetro do caule (DC) e taxa de crescimento absoluta para diâmetro de planta (TCA DC) em função de dias após o plantio (DAP) nas doses zero (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) do efluente, em S1 e S2..... 48
- Figura 4 – Valores da taxa de crescimento relativo para altura de planta (TCR AP) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCR DC) em função de dias após o plantio (DAP) nas doses zero (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) do efluente, em S1 e S2..... 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Análise química realizada para a fibra de aguapé, composto orgânico e solo.....	26
Tabela 2	– Análise de micronutrientes e metais tóxicos realizada para a fibra de aguapé, composto orgânico e o solo coletado no município de Mossoró/RN.....	27
Tabela 3	– Caracterização do efluente utilizado para irrigação das mudas.....	27
Tabela 4	– Caracterização dos metais tóxicos presentes no efluente utilizado para irrigação das mudas.....	28
Tabela 5	Médias do pH, CE e acidez potencial para o substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2) em função das doses.....	30
Tabela 6	– Teores de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).....	33
Tabela 7	– Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).....	35
Tabela 8	– Teores de chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd) e cromo (Cr) em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).....	37
Tabela 9	– Teores de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) encontrados nas plantas, em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).....	39
Tabela 10	– Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), encontrados nas plantas, em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2)....	41
Tabela 11	– Teores de chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd) e cromo (Cr) encontrados nas plantas, em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2)....	43
Tabela 12	– Valores de Diâmetro do caule (DC) e Altura da planta (AP) em função das doses e dos substratos utilizados.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	ASPECTOS GERAIS SOBRE A ÁGUA.....	14
2.2	IMPACTOS DO REUSO DE ÁGUA.....	15
2.3	O REUSO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE MUDAS.....	16
2.4	SUBSTRATOS DE CULTIVO DAS MUDAS.....	18
2.5	CRESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS.....	19
2.6	A IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES NATIVAS.....	21
3	METODOLOGIA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	ANÁLISE DOS SUBSTRATOS	30
4.2	ANÁLISE DAS PLANTAS	38
4.3	CRESCIMENTO DAS PLANTAS.....	44
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A água se distribui em partes desiguais pela superfície terrestre, sendo a água potável considerada recurso finito, seu ciclo natural se responsabiliza pela sua manutenção tornando-a um recurso renovável por um lado, e por outro, suas reservas são limitadas. A preocupação com a escassez hídrica em um planeta que tem 75% de sua superfície coberta por água parece absurdo, mas a maior parte desse volume encontra-se nos mares e oceanos e apenas 2,5% é composta por água doce, distribuída principalmente nas geleiras e em aquíferos, sendo uma água de difícil acesso, e devido a sua má distribuição, diversas regiões pelo mundo vem sofrendo com a escassez de água.

A Organização das Nações Unidas (2018) relata que a quantidade de água doce produzida pelo seu ciclo natural é hoje basicamente a mesma que em 1950 e que deverá permanecer inalterada até 2050, ou seja, a quantidade de água no mundo permanece constante, mas a demanda aumenta a cada dia, bem como atitudes e comportamentos que vão do desperdício à poluição, resultando numa relação desigual entre natureza e seres humanos, nesse sentido enquanto as reservas de água doce estão diminuindo, a demanda cresce de forma dramática e em um ritmo insustentável. Os usos múltiplos da água e as infinitas necessidades frente às grandes demandas industriais e agrícolas têm gerado permanente pressão sobre esse bem, que é finito (SANTIN; GOELLNER, 2013).

O Brasil é um país privilegiado em termos de recursos hídricos, porém, a água para consumo humano e outras atividades que demandam esse recurso com uma maior qualidade está mal distribuída pelo território nacional, nas regiões semiáridas, onde este recurso é historicamente escasso, conflitos sobre o uso da água tendem a se intensificar devido ao aumento da procura, à poluição dos recursos hídricos e à instabilidade do clima (SILVA; BASSI; ROCHA JUNIOR, 2016).

O bioma Caatinga vem sofrendo há anos com a extração de madeira ilegal, o uso intensivo de terras para a agricultura, lenha para fins energéticos, mineração, e com isso o processo de desertificação tem se agravado em algumas áreas. Nesse sentido, a necessidade de se implementar programas de recomposição da cobertura vegetal das áreas afetadas pela desertificação no Brasil, especialmente em áreas do Bioma Caatinga, remete ao aumento no consumo de água para produção de mudas florestais (SANTOS et al., 2007). Conforme Brito (2016) há uma necessidade de investimentos em pesquisas que aperfeiçoem a produção de mudas de espécies nativas da Caatinga a baixo custo e alta qualidade e que sejam capazes de atender aos objetivos dos plantios de recuperação de áreas degradadas.

Dessa forma o reuso de água surge como uma opção para garantir a produção de mudas, seja para recuperação de áreas degradadas, para a arborização urbana, carvão e lenha, para outros fins madeireiros ou não madeireiros, diminuindo os impactos dessa atividade, sem comprometer a utilização de água potável e promovendo benefícios socioambientais. O interesse pelo uso dos esgotos sanitários tratados merece destaque, pesquisadores de várias entidades estão dedicando-se ao estudo deste tema, com a obtenção de resultados bastante promissores, como por exemplo, Costa et al. (2012), estudando a produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado, concluíram que a água residuária é uma alternativa viável tecnicamente para produção de mudas.

Neste contexto, diante da importância das atividades florestais, como também da necessidade de promover estudos sobre o reuso de água com espécies nativas da caatinga, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso da aplicação de águas residuais de uma indústria de produtos de limpeza na produção de *Amburana cearensis* em diferentes substratos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE A ÁGUA

Em resposta ao crescimento da população global, a demanda mundial de água aumentou rapidamente no século passado (CHEN et al., 2016). Os recursos hídricos são essenciais para a sociedade e os ecossistemas, e sua escassez em diversas regiões do mundo é preocupante, principalmente devido a fatores como crescimento populacional, padrões de consumo, mudanças climáticas (LOMSADZE et al., 2017).

Mesmo o Brasil sendo um país rico em recursos hídricos, há diversos problemas com relação a sua distribuição, disponibilidade de água para o consumo humano, e ainda, problemas com poluição. No Brasil, em 1997 surgiu a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997), denominada Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), consolidando a descentralização federal do gerenciamento do setor, evidenciando que este deve contar com a participação do poder público, dos usuários e da comunidade (SOUZA e MORAES, 2016). A lei define que em caso de escassez, a utilização dos recursos hídricos prioriza o consumo humano e dessedentação de animais, e traz como um de seus principais objetivos assegurar à atual e às próximas gerações o acesso a água, em padrões de qualidade adequados.

Os variados usos da água aumentam de acordo com a necessidade econômica, e dessa forma acabam atingindo uma demanda incompatível com a disponibilidade de água. Para Souza e Moraes (2016) o fato mais preocupante para os problemas com a falta de água, é a ausência de conscientização do homem, seja no uso excessivo deste mineral, seja nos altos índices de poluição dos lençóis freáticos. De acordo com Lomsadze et al. (2017) as alterações climáticas terão um papel importante no ciclo hidrológico e na quantidade e qualidade da água, de forma que estas podem promover inúmeras mudanças na disponibilidade de água e na saúde da população humana.

Um dos principais problemas relacionados a escassez hídrica é sua utilização na agricultura, onde seu uso chega a 70% do consumo mundial (CHEN et al., 2017), e a produção de alimentos aumenta cada vez mais. Outro agravante para as questões de água na agricultura é o desperdício nos processos de irrigação. Apenas 15% a 50% da água destinada à irrigação atinge seu destino (SILVA; BASSI; ROCHA JUNIOR, 2016). No Brasil o consumo médio de água é de 154,0 litros por habitante ao dia (SNSA, 2015), resultando num consumo médio anual de 11, 5 trilhões de litros de água no país. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas – ANA (2016) 75% do total de água consumida no Brasil em

2015 foi de água para irrigação, considerando que o desperdício de água na agricultura pode chegar a até 70% a situação é cada vez mais preocupante.

Em regiões semiáridas a situação de disponibilidade da água é ainda mais complicada, devido à evapotranspiração e a má distribuição das chuvas ao longo do ano, assim, os riscos de redução na oferta de recursos hídricos na região são crescentes, particularmente nas áreas rurais (FAUSTINO et al., 2016). A disponibilidade e a má gestão da água são alguns dos atuais problemas (LOMSADZE et al., 2017), e que podem ser mais intensificados nessas regiões.

Semelhantemente Garcia-Cuerva; Berlund; Binder (2016) destacam que a reutilização, a reciclagem e a recuperação de efluentes de águas residuais proporcionam uma alternativa sustentável às demandas urgentes de água. Os autores consideram que estas formas de uso reduzem a retirada de água nas fontes e aliviam o volume de águas residuais que são descarregados em corpos d'água, dessa forma, proporcionam uma alternativa sustentável para regiões onde há deficiência de água.

2.2 IMPACTOS DO REUSO DA ÁGUA

Existe uma necessidade urgente de satisfazer a demanda atual de água, tanto potável, quanto destinada a outras atividades humanas (aplicações urbanas e industriais, agricultura e produção de alimentos), sendo as águas residuais uma das fontes de reutilização (PRISCIANDARO et al., 2016).

O reuso de águas residuais, é um conceito bastante antigo, havendo relatos de sua aplicação na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação (CARVALHO et al., 2014). A reutilização da água reduz a pressão sobre os mananciais de forma que a água que seria usada anteriormente, poderá ser substituída por uma água de qualidade inferior em atividades que não apresentem exigência de alta qualidade para seu uso. De acordo com Pires (2012) o reaproveitamento de águas introduz uma nova perspectiva no universo de possíveis fontes alternativas, tanto a nível rural, quanto urbano, ou em suas interfaces. Segundo Carvalho et al. (2014) a principal vantagem do reuso de água está na economia que alcança até 70% do gasto com água.

Conforme Carvalho et al. (2014) os esgotos urbanos e os efluentes industriais e comerciais sem um tratamento prévio são os grandes responsáveis pela poluição dos recursos hídricos. Dessa forma, reutilizar esses efluentes reduz a pressão sobre os ambientes aquáticos e a contaminação ambiental. Porém, é necessário que haja alguns cuidados na reutilização dessas águas de acordo com sua finalidade e com seus constituintes. Alguns tipos de efluentes

exigem tratamentos dos mais variados para que possam ser reutilizados, outros podem não necessitar de tratamento ou utilizar alguns mais simples. Quanto mais nobre a finalidade da água, maiores serão os cuidados com sua qualidade.

Segundo Almeida (2011) em 1973, a Organização Mundial da Saúde – OMS publicou “*Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards*” (WHO, 1973), com diretrizes focadas em métodos de tratamento de efluentes, visando a proteção da saúde pública. No documento a OMS definiu as formas de reuso da água em: Reuso indireto, reuso direto, reciclagem interna, águas residuais industriais, entre outros. No Brasil, a Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água.

Para adotar a prática do reuso de forma segura, é necessário que os padrões estabelecidos possam englobar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (ALMEIDA, 2011). Apesar da necessidade de tornar o reuso uma prática mais utilizada em todo o mundo, ainda há resistência pública à reutilização da água, o que pode ser resultado de uma falta de conhecimento sobre a água recuperada e a percepção dos riscos associados aos riscos de saúde. (GARCIA-CUERVA; BERLUND; BINDER (2016). É primordial trabalhar a mudança de pensamento na população para que a prática possa ser bem aceita e difundida por todos.

Nas indústrias, o reuso da água vem sendo uma alternativa importante, de forma que reduz custos de produção, aumenta a competitividade melhorando a imagem da organização, reduz os impactos ambientais e economiza água potável (ESTENDER; PINHEIRO, 2015). Dessa forma, além de benefícios para as organizações, os benefícios sociais e ambientais gerados contribuem para a sustentabilidade das atividades.

2.3 O REÚSO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE MUDAS

Conforme Garcia et al. (2010) no setor florestal, a irrigação, apesar de necessária em algumas etapas, apresenta poucos dados sobre sua quantificação, entretanto, é capaz de incorporar uma gama de vantagens ao produto final. Em termos de Caatinga, essa falta de conhecimento referente ao volume de água usado para a produção de espécies nativas é ainda maior. Como se tem uma situação de escassez hídrica na região semiárida brasileira, onde o consumo humano é prioritário sobre todas as demandas, cria-se um problema cuja causa leva a um agravamento constante dos efeitos da degradação ambiental (SANTOS et al., 2007). Dessa forma o reuso da água é uma alternativa para aumentar a oferta de água para produção

de mudas de essências florestais na Caatinga sem comprometer a produção devido à escassez hídrica, e ainda preservando os recursos naturais devido a economia de água.

Segundo Pereira (2011) é preciso entender o comportamento de cada espécie, verificando suas exigências para a produção de mudas e definindo o melhor momento e local para reintroduzi-las no ambiente. Ainda de acordo com o autor a falta de conhecimento resultante da insuficiência de pesquisas nesta área ocasiona o desestímulo por parte dos produtores quanto à produção de mudas de espécies nativas, principalmente as da caatinga

Para a Caatinga, alguns estudos sobre a produção de mudas com reúso de água estão sendo realizados nos últimos anos, visando manter a produção das espécies para seus diversos usos, bem como para a recuperação de áreas degradadas, como por exemplo Medeiros e Chianca (2016) que produziram mudas da espécie Craibeira (*Tabebuia aurea*) Silva Manso Benth. & Hook. f ex S. Moore para o plantio em áreas de desertificação no município de São José do Seridó.

O estudo de Santos et al. (2007) objetivou comparar o uso do efluente tratado do esgotamento sanitário doméstico de Campina Grande-PB com o uso de água do abastecimento, na produção de mudas de ipê roxo, *Tabebuia impetiginosa* Mart. e angico Preto, *Anadenanthera macrocarpa* (benth.) Brenan. Os resultados mostraram que a água residuária do esgotamento sanitário doméstico pode ser utilizada em viveiros para produção de mudas florestais do ipê roxo, pois todas as plantas se mostraram vigorosas e com bom desenvolvimento. Já para o angico preto, apesar do bom crescimento radicular, as mudas apresentaram sinais de toxicidade.

Sousa Neto et al. (2011) utilizaram rejeito da dessalinização na produção de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) Poir. e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) Benth., onde a jurema mostrou-se mais resistente a salinidade, e foi possível concluir que a produção de mudas das essências florestais é uma alternativa viável para a utilização da água de rejeito da dessalinização, evitando a contaminação do solo e de mananciais de água doce.

Na produção de mudas de craibeira (*T. aurea*) irrigadas com diferentes concentrações de água residuária da piscicultura, Pinto et al. (2016) observaram que a reutilização de águas residuais de piscicultura diluídas em concentrações de 25 a 50% é uma alternativa viável para a irrigação de mudas de *T. aurea*.

O trabalho desenvolvido por Silva et al. (2016) teve como o objetivo de avaliar o crescimento das espécies: Aroeira branca (*Astroium urundeuva*) Allemao Engl., ipê roxo (*Tabebuia avellanadae*) Mart., Braúna (*Schinopsis brasiliensis*) Engl., Catingueira (*Poincianella bracteosa*) (Tul.) L.P. Queiroz e Freijó (*Cordia trichotoma*) (Vell.) Arrab. ex

Steud., com aplicações de água residuária de obtida de uma estação de tratamento de esgoto secundária anaeróbica. Com a pesquisa foi possível concluir que todas as espécies irrigadas com água de esgoto doméstico apresentaram índice de crescimento positivo, com destaque para o Ipê roxo e Freijó.

Em estudo utilizando águas de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de *Myracrodouon urundeuva* Allemão, Brito (2018) concluiu que as águas com 100% de esgoto doméstico tratado provenientes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos podem ser utilizadas na fertirrigação das mudas dessa espécie, onde os melhores resultados foram com o substrato de esterco bovino associado a dose 100% do efluente de esgoto doméstico.

Conforme relatam alguns estudos, o reúso de água para a produção de mudas de espécies florestais da Caatinga tem se mostrado uma alternativa viável e importante para a conservação do bioma, onde em regiões com alta escassez hídrica se tem essa forma de produção como alternativa, facilitando assim a obtenção de mudas para arborização, recuperação de áreas degradadas e utilização dessas espécies para suas diversas finalidades.

2.4 SUBSTRATOS DE CULTIVO DAS MUDAS

O substrato é o meio em que as raízes proliferam-se, para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas, fornecendo água, oxigênio e nutrientes necessários para seu bom desenvolvimento (CARNEIRO, 1995). Um bom substrato deve ter características que permitirão um bom desenvolvimento radicular, retenção equilibrada de água, e um nível adequado de fertilidade, permitindo a absorção de água e nutrientes e não deve conter patógenos (SCREMIN-DIAS et al., 2006). Ainda conforme os autores, a escolha e o preparo dos substratos são decisões importantes visto que não há um substrato específico que seja ótimo para todas as espécies, sendo necessário avaliar diferentes substratos para as espécies em diferentes condições.

A utilização de substratos alternativos para produzir de mudas pode significar menor custo de produção com insumos externos, desde que estes sejam advindos da própria região, dessa forma, é necessário conhecer as potencialidades de outros substratos provenientes de matérias primas de fácil acesso (OLIVEIRA et al., 2016). Utilizar uma fonte orgânica de nutrientes pode influenciar o acúmulo de massa seca total, visto que esta fonte orgânica adicionada ao solo auxilia em uma maior retenção de água, melhora a aeração das raízes e a disponibilidade de nutrientes para a muda (ARAÚJO; PAIVA SOBRINHO, 2011).

Entre os materiais alternativos para utilização no substrato destaca-se o uso da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms), também conhecida como aguapé, que geralmente encontra-se disponível de forma abundante em corpos d'água com níveis significativos de poluição, onde atua absorvendo nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, e conseqüentemente despoluindo os ambientes aquáticos (GAUDÊNCIO, 2016).

Essa espécie pode ser utilizada em diferentes culturas pela presença de nutrientes importantes em sua biomassa (GAUDÊNCIO, 2016), principalmente devido à sua capacidade de absorção de nitrogênio e fósforo, o que tem despertado o interesse de diversos pesquisadores, e além dessa, outras características tornam as macrófitas potencialmente atrativas do ponto de vista ecológico e econômico (ANJOS, NÓBILES, HENARES, 2013).

No entanto, para sua utilização, é necessário ter conhecimento prévio das suas características, e das condições que afetam sua ocorrência e crescimento, devido a absorção de elementos poluidores presentes na água, a diversidade e a produtividade destas plantas aquáticas podem ser alteradas (FARIAS et al., 2013).

Outra opção de destaque é o esterco, uma alternativa promissora para utilização na composição de substratos orgânicos para produção de mudas, em função de sua disponibilidade, baixo custo de aquisição e valor nutricional, que são fatores importantes na escolha do substrato (ALVES, PORTO, OLIVEIRA 2017). A utilização de esterco de gado aumenta a capacidade de troca catiônica, a capacidade de retenção da água, a porosidade do solo e a agregação do substrato (PRESTES, 2007). Além disso, também pode ser utilizado associado a outros materiais alternativos, como por exemplo, fibra de coco, restos de folhas, entre outros, resultando em um composto orgânico ainda mais rico em nutrientes. Ainda existem muitas lacunas com relação as características físicas e químicas do esterco, e com relação as quantidades ideais a serem aplicadas nos substratos de acordo com a espécie.

Neste sentido, assim como para a utilização do aguapé, o uso de esterco em compostos orgânicos para a produção de mudas demanda de mais estudos que viabilizem sua utilização como componente nos substratos.

2.4 CRESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS

A maior parte dos processos fisiológicos realizados pelos vegetais estão ligados ao abastecimento de água, principal constituinte das células vegetais e participante de todos os fenômenos químicos, físicos e biológicos essenciais ao desenvolvimento (GARCIA et al., 2010). As plantas usam a água em quantidades variáveis, sendo influenciadas por um grande

número de fatores, dentre eles, as condições climáticas, os tipos de solo e a taxa de crescimento (CALDATO; SCHUMACHER, 2013). Para os autores em sítios onde o suprimento de água e nutrientes é limitado ou temperaturas extremas, a produtividade é menor do que a potencial.

Quanto maior a produção de biomassa, maior será o consumo de água para suprir o crescimento. Contudo, ocorrem diferenças dentro e entre espécies na eficiência do uso da água (biomassa produzida por unidade de água consumida), devido, por exemplo, a mecanismos fisiológicos (ANDRADE, 2017). Portanto, não se pode afirmar ao certo o consumo diário padrão para uma árvore, visto que há uma dependência de alguns fatores, como a quantidade de água disponível do solo e o estágio de crescimento da planta, onde inicialmente a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das espécies florestais é bem maior que após seu estabelecimento no campo.

Alguns atributos das mudas, necessários para obtenção do sucesso do plantio no campo, têm sido denominados de “qualidade de muda” (FONSECA et al., 2002). A avaliação da qualidade das mudas de espécies arbóreas ainda no viveiro, pode ser uma ferramenta na identificação do adequado desenvolvimento e se as mudas estão com o potencial máximo para sobrevivência após serem transplantadas para o campo (SILVA et al., 2012). Alguns parâmetros morfológicos podem ser utilizados para avaliar o desenvolvimento inicial de espécies florestais, tais como: altura da parte aérea, diâmetro do caule (também chamado de diâmetro do colo ou coleto), número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea e relação entre parte aérea/diâmetro do caule.

A altura da parte aérea fornece excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial desenvolvimento das mudas, porém, pode ser influenciada por algumas práticas adotadas nos viveiros florestais (GOMES; PAIVA, 2011). Além disso, é um método não destrutivo e de fácil determinação, sendo muitas vezes o principal critério de seleção dentro de um viveiro.

O diâmetro do coleto é fácil de ser mensurado, não sendo um método destrutivo, considerado por muitos pesquisadores como uma das mais importantes características para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais (GOMES; PAIVA, 2011). Em geral, o maior diâmetro do coleto está associado a um maior desenvolvimento do sistema radicular, o que favorecerá a sobrevivência, bem como o desenvolvimento da muda após o plantio no campo (BRITO, 2016). O valor resultante da relação entre a altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime o

equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos (CARNEIRO, 1995).

Desse modo, é necessário a utilização dos parâmetros como os já mencionados para a avaliação do desenvolvimento das mudas, com o objetivo de determinar seu potencial de desenvolvimento e crescimento, visando a máxima sobrevivência no campo.

2.5 A IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES NATIVAS

A caatinga ocupa uma área de cerca de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional (MMA, 2017) e tem papel relevante como fornecedora de produtos madeireiros (lenha, estacas e material para construções diversas), conforme Xavier, Paes e Filho (2005). Estimativas indicam que atualmente existe um consumo industrial e comercial de lenha e carvão de aproximadamente 25 a 30 milhões de metros de estéreos por ano (APNE, 2015).

Conforme Silva et al. (2014) as atuais formas de usos tradicionais e aproveitamento dos recursos da Caatinga são bastante precárias, e muitas vezes não são conduzidas de forma sustentável, desrespeitando a complexidade presente neste ecossistema. Desse modo, ainda se tem pouco conhecimento a respeito do potencial das espécies nativas da Caatinga, porém, alguns estudos com objetivo conhecer seus diversos usos vem sendo realizados, visando identificar medidas de uso sustentável que diminuam o impacto sobre a Caatinga.

Em estudo realizado em duas microrregiões do estado da Paraíba Xavier, Paes e Lira Filho (2005) avaliaram o potencial madeireiro de algumas espécies da região e concluíram que as espécies apresentaram bons resultados quanto ao estoque madeireiro, para utilização na confecção de cercas e ripados, ou para fins energéticos. Silva et al. (2014) analisaram o conhecimento e uso da vegetação nativa pela população em uma comunidade da Paraíba, onde 2.503 citações foram referentes aos usos madeireiros, que correspondem à utilização da madeira para diversos fins, como o uso em construções rurais e domésticas, utilização como lenha e carvão, dentre outros. Das partes das espécies utilizadas 53,9 % usam a madeira das espécies nativas para determinada finalidade. Já durante a realização de um estudo em uma comunidade rural de Caicó/RN, Roque e Loiola (2013) verificaram que 16 espécies são utilizadas para fins madeireiros, principalmente para a fabricação de cercas, portas, janelas e porteiras.

Dentre as principais espécies presentes no bioma Caatinga se destaca a *Amburana Cearensis* (Allemão) A.C Smith, também conhecida como cumaru, amburana, amburana-de-cheiro, umburana, cerejeira-rajada, entre outros nomes populares. Essa espécie é facilmente

identificada pela sua casca característica, que se desprende lâminas finas e grandes, sem espinhos e com forte cheiro de cumarina (LIMA, 2011). Conforme Maia (2012) a madeira do cumaru possui excelente qualidade, sendo utilizada principalmente para construções internas e móveis. Sua casca é bastante usada na medicina caseira, e a espécie pode ser usada como planta ornamental, em projetos de restauração florestal e sistemas agroflorestais. O néctar de suas flores é uma fonte energética muito importante para as abelhas, e por ser uma espécie ornamental, ter floração chamativa, as suas flores fornecem recursos fundamentais para a manutenção das populações de abelhas nativas (MAIA-SILVA, 2012).

Há muitos séculos o bioma Caatinga vem sendo sistematicamente devastado, onde o homem vem usando a área recoberta pela caatinga com pecuária intensiva, agricultura nas partes mais úmidas, retirada de madeira e lenha e outras finalidades com menor interesse socioeconômico (BARBOSA et al., 2012). O reflorestamento no semiárido nordestino traz benefícios socioambientais como a mitigação dos rigores das condições climáticas e econômicas face o potencial existente nas plantas. Quando realizado com espécies nativas impacta positivamente o ambiente (Medeiros; Chianca, 2016).

A utilização de espécies nativas, principalmente em regiões semiáridas, proporciona melhores resultados em programas de reflorestamento, visto que as espécies nativas são adaptadas as condições de determinada região e conseqüentemente conseguirão se estabelecer melhor naquele local, pois a cobertura vegetal da Caatinga favorece na conservação da biodiversidade, devido ao alto nível de endemismo de espécies (ALVES, 2013). A caatinga tem um imenso potencial para a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região e do país (MMA, 2017).

A Caatinga possui uma diversidade florística alta para um bioma com uma restrição forte ao crescimento como a deficiência hídrica. Áreas de caatingas típicas, em geral, têm menos de 50 espécies de arbustivas e arbóreas e igual número de herbáceas por hectare (MMA, 2010). Ainda de acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2010) apenas as caatingas no seu sentido mais restrito teriam 1512 espécies com, no mínimo 318 endêmicas. Devido a exploração antrópica insustentável pela qual o bioma Caatinga vem passando ao longo dos anos, a redução da diversidade e eliminação de algumas espécies torna-se algo preocupante.

Sendo assim, é essencial a adoção de práticas de manejo visando a conservação e preservação das espécies nativas, bem como a recuperação de áreas degradadas, e

principalmente, a utilização das espécies nativas para essa finalidade, aumentando assim as chances de êxito e trazendo vários benefícios ecológicos associados.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, longitude (W) de 37°20'39", latitude (S) 5°11'15" com altitude entre 5 a 43 m. O município abrange uma área de 2.099 km², a qual equivale a cerca de 4% da superfície do estado do Rio Grande do Norte (IBGE, 2010). No tocante aos recursos hídricos, a cidade está totalmente inserida na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, o qual margeia a cidade no sentido sudoeste-nordeste (GRIGIO; DIODATO, 2011). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área em estudo é do tipo BSh', que representa uma região semiárida, com clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, sendo a maior incidência de chuvas no período de fevereiro a maio, com precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm; temperatura média de 28 °C e umidade relativa do ar média de 68,9 % (Alvares et al., 2013) (INMET, 2018).

Condução do experimento

O experimento foi montado em blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 5, correspondendo a dois substratos e cinco doses do efluente, com três repetições, totalizando 30 unidades experimentais, sendo cada unidade experimental constituída por um vaso plástico com capacidade de 5 dm³ de solo e duas plantas.

As sementes de *Amburana Cearensis* (Allemão) A.C Smith foram fornecidas pelo Projeto Caatinga, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Não foi necessário realizar a quebra de dormência, as mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, utilizando-se o substrato a base de fibra de coco, sendo o transplântio realizado dez dias após a semeadura, e o estande corrigido através do replântio das mudas sete dias após.

Para produção dos substratos utilizou-se solo, fibra de aguapé e composto orgânico; o substrato 1 (S1), corresponde a solo e composto orgânico e o substrato 2 (S2) corresponde a solo e fibra de aguapé, ambos na proporção 2:1.

O solo foi coletado no município de Mossoró/RN (5°13'2.81"S e 37°18'21.61"O), acondicionado em sacos de plásticos limpos e levadas ao Laboratório de Hidrogeoquímica Ambiental, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas. Posteriormente o solo seco ao ar foi homogeneizado e passado por peneira com malha de 2 mm de abertura para remover restos de material vegetal e diminuir grandes torrões de terra, melhorando assim sua homogeneidade. Em seguida, foi

retirado amostra para caracterização química (Tabelas 1 e 2), segundo a metodologia recomendada por EMBRAPA (2011), foram determinados o pH, pela relação solo: água 1:2,5; Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (M.O.), Fósforo (P), Potássio (K^+), Nitrogênio (N), Sódio (Na^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Alumínio (Al^{3+}), Alumínio + Hidrogênio (Al + H), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb).

O composto orgânico foi obtido no setor de produção de mudas da UFERSA, para sua produção utilizou-se fezes, urina do gado e esterco bruto; sendo lavado por 30 dias, em seguida misturadas folhas de podas de árvores e decomposto por aproximadamente 90 dias, e uma vez por semana, pelo menos, era revolvido e molhado.

Os aguapés (*Eichhornia crassipes*) Mart. (Solms) para a produção da fibra foram coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró, área urbana do município de Mossoró/RN. Foram realizadas duas coletas, após cada coleta, as plantas eram conduzidas para UFERSA (figura 1), lavadas com o auxílio de uma mangueira, conduzidas a casa de vegetação, retiradas as raízes, e a parte aérea distribuída em bancadas para favorecer a desidratação, após totalmente secas foram trituradas em uma máquina forrageira, para facilitar sua utilização no substrato.

No momento das coletas dos aguapés, foi retirada, aleatoriamente, uma amostra das plantas, a qual foi conduzida para o Laboratório de Hidrogeoquímica Ambiental, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, cuidadosamente lavada com água destilada, em seguida, acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e levada para secagem na estufa a 70° até peso constante. A matéria seca foi triturada em moinho tipo Wiley e mineralizada por digestão nítrica, nos extratos quantificados os teores totais de Fe, Zn, Mn, Cu, Cd, Pb, Cr e Ni, seguindo metodologia da EMBRAPA (2011) (Tabelas 1 e 2).

Todas as análises químicas realizadas antes do início do experimento também foram feitas para cada substrato ao final do experimento conforme metodologia EMBRAPA (2011).

Figura 1 - Coleta, secagem e preparação dos aguapés para o experimento.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Tabela 1 - Análise química realizada para a fibra de aguapé, composto orgânico e solo.

pH	CE	M.O	P	K	N	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
Aguapé										
-	-	-	-----g kg ⁻¹ -----	-----g kg ⁻¹ -----	-----g kg ⁻¹ -----	mg kg ⁻¹	-----g kg ⁻¹ ----	-----g kg ⁻¹ ----	-	-
			2,18	0,90	0,63	198,00	8,08	1,83		
Composto										
7,87	-ds m ⁻¹	g kg ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----	-----g kg ⁻¹ -----	-----g kg ⁻¹ -----	mg kg ⁻¹ -	-----g kg ⁻¹ ----	-----g kg ⁻¹ ----	---cmol _c dm ⁻³ --	---cmol _c dm ⁻³ --
	1,73	47,70	3,74	11,80	1,33	75,11	11,92	5,15	0,00	0,00
Solo										
6,32	-ds m ⁻¹	--g kg ⁻¹	----- mg dm ⁻³ ----	----- mg dm ⁻³ ----	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----			
	0,06	2,48	3,00	136,20	0,49	19,60	4,80	0,20	0,05	0,83

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 2 - Análise de micronutrientes e metais tóxicos realizada para a fibra de aguapé, composto orgânico e o solo coletado no município de Mossoró/RN.

Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
Aguapé							
-----mg kg ⁻¹ -----							
2,30	884,00	69,00	25,80	2,00	1,00	0,00	5,50
Composto							
-----mg kg ⁻¹ -----							
0,50	309,00	180,00	18,20	1,00	1,00	0,10	1,00
Solo							
-----mg dm ⁻³ -----							
0,07	9,45	12,94	1,08	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

O efluente foi proveniente de uma indústria de produtos de limpeza da cidade de Mossoró-RN, onde são produzidos detergentes, desinfetantes, amaciantes, lava roupas líquido e detergente. A água utilizada para irrigação das mudas é o efluente gerado na lavagem das máquinas. Conforme informações fornecidas pela indústria, nas águas podem ter Renex, Bhd, Amida, Lauril, Soda cáustica, Brancol, Ácido muriático, Ácido fosfórico, Ácido sulfônico, Butilglicol, Cloreto de sódio, Hipoclorito de sódio, Etanol e "N" essências. As águas foram caracterizadas quimicamente conforme metodologia EMBRAPA (2011), foram determinados pH, Condutividade Elétrica (CE), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cloro (Cl), Carbonato (CO₃²⁻), Bicarbonato (HCO₃⁻), Relação de Adsorção de sódio (RAS), Dureza, Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb). (Tabelas 3 e 4).

As doses utilizadas corresponderam a 0, 25, 50, 75 e 100%, de forma que a dose zero corresponde a testemunha (água do abastecimento) e a dose de 100 % ao efluente bruto. A irrigação foi realizada manualmente, uma vez por dia durante todo o período avaliado.

Tabela 3 - Caracterização do efluente utilizado para irrigação das mudas.

pH	CE	K	Na	Ca	Mg	Cl	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Dureza
(água)	dS/m		----- mmol/L -----							mgL ⁻¹
8,04	1,54	0,00	5,42	5,44	3,47	7,40	0,00	6,40	2,6	445,5

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 4 - Caracterização dos metais tóxicos presentes no efluente utilizado para irrigação das mudas.

Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
----- mg kg ⁻¹ -----							
0,037	0,022	0,000	0,053	0,000	0,000	0,006	0,050

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Características avaliadas

Para avaliação de crescimento foram realizadas seis (15; 30; 45; 60; 75 e 90 dias) leituras de altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC), as leituras tiveram início quinze (15) dias após o replantio e as demais 15 dias após a primeira, sendo a última 90 dias após o replantio. O diâmetro do caule era medido usando paquímetro digital e altura de planta com régua graduada. Para modelar as características de crescimento em função dos dias após o transplantio (DAT), para cada dose de efluente foi usado o modelo logístico (Morais e Maia, 2013) equação 1.

$$Y = \frac{a}{1 + e^{b-c \cdot DAT}} \quad (1)$$

em que: DAT dias após o transplantio; e, a , b e c parâmetros do modelo.

Com base no modelo ajustado aos dados, foram estimados os valores dos índices fisiológicos, determinando a taxa de crescimento absoluto (TCA), em g dia⁻¹, obtida pela derivada primeira do modelo (Equação 2), que avalia a produtividade primária líquida e representa o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas; e a TCR pelo quociente entre a TCA de cada característica avaliada pelos seus respectivos valores estimados em cada época de coleta (Equação 3), A taxa de crescimento relativo, em g g⁻¹ tempo⁻¹, expressa o incremento da massa de matéria seca, por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo, ou seja, avalia a eficiência da planta em converter fotoassimilados em tecidos e será obtida pelo quociente da derivada primeira e a função de crescimento.

$$TCA = \frac{a \cdot c \cdot e^{b-c \cdot DAT}}{(1 + e^{b-c \cdot DAT})^2} \quad (2)$$

$$TCR = \frac{TCA}{Y} \quad (3)$$

Ao final dos 90 dias, as plantas foram cortadas ao nível do solo, acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até peso constante, pesadas para obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA), trituradas em moinho tipo Wiley, posteriormente foram mineralizadas por digestão nítrica. Nos extratos foram determinados os teores totais de Fe, Zn, Mn, Cu, Cd, Pb, Cr e Ni (EMBRAPA, 2011). Após a retirada das plantas, o solo de cada vaso foi seco ao ar, homogeneizado, passado em peneira de 2 mm de malha e uma amostra foi retirada, para realização das análises de Fe, Zn, Mn, Cu, Cd e Pb (EMBRAPA, 2011).

Análise estatística

Foi realizada análise de variância e para os fatores qualitativos foi feita análise de média pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, realizada análise de regressão e correlação. Na análise de regressão foram testados os coeficientes dos modelos até 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando o software SAEG, versão 9.0 (Registro SEI – 07517-5, Categoria A), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DOS SUBSTRATOS

Para S1 não houve diferença estatística entre as doses de pH, para todas as doses os valores de pH foram abaixo de 8,0; evidenciando que o efluente não interferiu no pH do substrato (Tabela 5). Para S2, a dose 25% apresentou valor mais elevado, e em média, o valor do pH foi de 8,154. De acordo com Scremin-Dias et al., (2006), a faixa ideal de pH é 6,0 a 6,5, de forma que valores superiores podem comprometer a absorção de nutrientes pelas plantas.

A CE apresentou o mesmo comportamento para S1 e S2 não apresentando diferença significativa entre as doses (Tabela 5), entretanto, em ambos os substratos na dose de 75% obteve-se o maior valores de CE. Em média, a CE foi 1,155 e 2,310 dS m⁻¹ para S1 e S2, respectivamente. Brito (2016) utilizando efluente de esgoto tratado na irrigação de mudas de aroeira e carámba observou que um substrato de esterco bovino + solo se comportou estatisticamente diferente dos demais, com a maior média de 1,75 dS m⁻¹, para o tratamento com 100% do efluente. O autor concluiu que não houve interferência no desenvolvimento das mudas, nem na absorção de água e nutrientes para esse valor de CE.

Para a acidez potencial, não houve diferença significativa entre as doses em ambos substratos (Tabela 5). Entretanto, os valores são considerados “muito baixos” conforme recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

Tabela 5 - Médias do pH, CE e acidez potencial para o substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2) em função das doses

Dose	pH		CE		(H+Al)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
			-----dS m ⁻¹ -----		-----cmolc dm ⁻³ -----	
0	7,426 aA	7,830 bA	0,630 aB	2,110 aA	0,583 aA	0,083 aA
25%	7,630 aB	8,560 aA	0,650 aB	2,150 aA	0,723 aA	0,193 aB
50%	7,670 aB	8,203 abA	1,310 aA	2,270 aA	0,000 aA	0,000 aA
75%	7,353 aB	8,103 abA	1,803 aA	2,893 aA	0,000 aA	0,000 aA
100%	7,293 aB	8,076 abA	1,383 aA	2,130 aA	0,440 aA	0,000 aA
Médias	7,474	8,154	1,155	2,310	0,349	0,055

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.

Verificou-se que para P, K, Na, Ca e Mg não houve diferença significativa entre as doses, quando se considera S1 e S2 separadamente. Para o P verificou-se baixas concentrações, em S1 e S2, conforme limites estabelecidos pela EMBRAPA (2015), para

solos arenosos. Duboc e Gerrini (2013) avaliando, em áreas de Cerrado, a resposta da adubação de nitrogênio e potássio no desenvolvimento inicial de mudas de *Amburana cearensis* concluíram que as mudas apresentaram maior crescimento quando adubadas com fósforo. Deve-se considerar que o pH pode ter afetado diretamente a disponibilidade de P, mesmo que em S1 e S2, o fósforo (P) não diferiu estatisticamente para as doses, porém, observou-se teores de P mais elevados em S1, quando comparado com S2, em média de 45% (Tabela 6). Os teores de P não foram cumulativos com o aumento das doses, ao contrário do que foi verificado por Brito (2016) com espécies nativas irrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado.

Com relação ao K, tem-se que para S1 os teores variaram de médio a alto e para S2 independente da dose os teores estão altos (EMBRAPA 2015), sendo os teores médios de 45,18 e 87,00 mg dm⁻³, respectivamente. Mesmo não havendo diferença significativa para doses em um mesmo substrato, entre os substratos apenas a dose de 100% não diferiu estatisticamente. Valores superiores foram verificados por Santos et al. (2007) irrigando mudas de angico e ipê roxo com efluente de esgoto doméstico tratado, que encontraram teores de K de 123,26 e 103,12 mg dm⁻³, respectivamente.

Brito (2016) utilizando efluente de esgoto também encontra resultados superiores e explica que o aumento na concentração de potássio nos substratos ocorreu ao longo das irrigações, e apesar de ser um elemento com alta mobilidade no solo, o cultivo em recipiente controlado não permitiu sua lixiviação, causando efeito cumulativo nos substratos. Conforme Carneiro (1995) quantidades adequadas de K tornam as mudas mais resistentes a condições adversas de umidade e seca, e menos susceptíveis as mudanças ocasionadas pelo transplântio.

O aumento da concentração de sódio (Tabela 6) no solo pode inibir a absorção de potássio devido a relação competitiva entre estes cátions monovalentes, porém, os teores de potássios foram maiores que a quantidades iniciais encontradas no composto, fibra de aguapé e efluente (Tabela 1). Quando se compara os substratos, tem-se que apenas as doses 0 e 25% diferiram estatisticamente, sendo a dose 75% que apresentou maior média, de 119,11 mg dm⁻³.

Para os teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), verificou-se que em S1 foram, em média, 14% e 16%, respectivamente, maiores que em S2 (Tabela 6). Tem-se ainda que, conforme os limites estabelecidos pela EMBRAPA (2015) os teores de Ca e Mg são considerados altos, entretanto conforme as recomendações de adubação da CFSEMG (1999) todos os valores são muito bons. As concentrações de Mg encontradas são maiores que os

teores verificados por Santos et al. (2007) para angico e ipê roxo com água residuária doméstica tratada.

Alvarez V. et al., (1999) afirmam que é ideal que o teor de Ca no solo seja mantido na faixa adequada, ou seja, acima de $3,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$, considerando uma relação Ca:Mg de 4:1 ou 3:1. Brito (2016) registrou um aumento de Ca associado ao aumento das doses utilizando efluente de esgoto. Níveis adequados de Ca ajudam a planta a evitar estresse decorrente da presença de metais pesados e, ou, salinidade; além disso, o cálcio apresenta interações com Mg e K a ponto de um excesso do nutriente promover deficiências nos outros (MENDES, 2007).

Tabela 6 – Teores de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).*

Dose	P		K		Na		Ca		Mg	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
	-----mg dm ⁻³ -----						-----cmolc dm ⁻³ -----			
0	13,106aA	3,780aA	36,026 aB	101,346 aA	22,853 aB	102,843 aA	7,173 aA	6,230 aA	2,183 aA	1,983 aA
25%	7,480 aA	2,730aA	44,443 aB	82,826 aA	42,103 aB	112,803 aA	5,580 abA	4,750 abA	3,253 aA	2,420 aA
50%	9,263 aA	6,870aA	43,433 aB	86,866 aA	66,996 aA	99,856 aA	5,850 abA	4,563 bB	2,873 aA	3,010 aA
75%	19,320aA	7,393aB	62,290 aB	101,010 aA	66,003 aA	119,110 aA	6,173 abA	4,970 abB	3,396 aA	2,523 aA
100%	6,703aA	4,600aA	39,730 aA	62,960 aA	54,056 aA	73,306 aA	5,743 aA	5,000 abA	3,063 aA	2,466 aA
Médias	11,174	5,074	45,184	87,001	50,402	101,58	5,933	5,102	2,953	2,480

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

Ferro (Fe), Manganês (Mg), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) apresentaram maiores concentrações nas doses iniciais (0 e 25%), seguido por decréscimo e aumento na dose 100%. O Fe, Mn e Zn apresentaram valores altos em S1 e S2 (Tabela 7) conforme limites estabelecidos pela EMBRAPA (2015), o que pode ser justificado pelos altos teores na fibra de aguapé, composto e solo. Segundo Abreu, Lopes e Santos (2007), o Fe pode estar presente no solo numa forma mais solúvel (Fe^{2+}) e outra de menor solubilidade (Fe^{3+}). Devido à hidrólise de Fe^{3+} , outras espécies iônicas desse elemento predominam na faixa de pH entre 5 e 9. Assim, sua solubilidade decresce em proporções significativamente maiores do que a de elementos como Mn, Cu ou Zn. Souza (2010), explica que o baixo pH propicia um aumento da disponibilidade de Fe^{2+} , uma vez que a velocidade do processo de redução do Ferro depende do pH.

Sobre a maior disponibilidade do Mn em S2 (solo + fibra de aguapé) Abreu, Lopes e Santos (2007) explicam que no solo ocorrem frequentemente reações de oxirredução e isso influencia na disponibilidade de micronutrientes no mesmo, com destaque para o Fe e o Mn. Carneiro (1995) afirma que pequenas quantidades de Mn satisfazem as exigências nutricionais das espécies florestais.

Tanto em S1 como em S2, quando se compara as doses não houve diferença significativas para os teores de Fe, comportamento semelhante quando se compara S1 e S2 para cada dose. Para Mn, em S1 apenas a dose 100 % diferiu das demais, apresentando o valor mais elevado, $55,86 \text{ mg kg}^{-1}$ e em S2, as doses 0, 25 e 100% diferente estaticamente quando comparado com S1.

Para Zn, no S1 a dose 0% é estatisticamente igual a dose 25% e difere estatisticamente das demais, e em S2 todas as doses são estatisticamente iguais (Tabela 7). Os maiores teores de Zn, em ambos os substratos foram na dose 0%. Em S1 os teores de Zn foram, em média, 83 % maior que em S2, possivelmente em função dos maiores teores de matéria orgânica no composto orgânico (Tabela 2), como elemento de constituição da matéria orgânica, seja como formadores de complexos organominerais do tipo quelatos (Oliveira et al, 2001).

Verificou-se, para Cu não haver diferença estatística quando se compara S1 com S2 para cada dose, porém o teor, em média, de Cu em S1 foi mais alto em relação a S2, em 14% (Tabela 7). Possivelmente, isso ocorreu devido a relação da disponibilidade de cobre no solo com a quantidade de matéria orgânica e pH, de forma que quanto maior o pH, menor a disponibilidade desse elemento no solo.

Tabela 7 – Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).*

Dose	Fe		Mn		Zn		Cu	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
	----- mg kg ⁻¹ -----							
0	74,166 aA	23,296 aA	22,896 bB	74,166 aA	10,403 aA	1,510 aB	0,136 bA	0,100 bA
25%	89,433 aA	10,180 aA	18,863 bB	89,433 aA	6,993 abA	1,450 aB	0,086 abA	0,106 bA
50%	21,976 aA	8,316 aA	15,126 bA	21,976 bA	5,586 bA	1,220 aB	0,066 abA	0,033 bA
75%	28,936 aA	5,303 aA	10,956 bB	28,936 bA	4,983 bA	0,610 aB	0,020 cA	0,040 bA
100%	67,933 aA	23,363 aA	55,866 aA	67,933 aA	5,536 bA	0,976 aB	0,266 aA	0,213 aA
Médias	56,488	14,091	24,741	56,480	6,700	1,153	0,114	0,098

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

A Resolução nº 420, de 2009, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, recomenda teores de até 300 mg kg⁻¹ para Zn e até 60 mg kg⁻¹ para Cu. Preston et al. (2014) determinaram como Valores de Referência de Qualidade para solos (VQRs) 23,85 e 13,69 mg kg⁻¹ para Zn e Cu, respectivamente.

Os teores de Cromo (Cr) não foram quantificados pelo método utilizado, o mesmo ocorreu para Níquel, com exceção da dose 100%, que apresentou valores de 0,130 e 0,236 mg kg⁻¹, para S1 e S2, respectivamente, vale destacar que no efluente utilizado na irrigação das mudas não foi encontrado teor de níquel, porém no aguapé e no composto orgânico foi verificado o mesmo teor de Ni, sendo 1,00 mg kg⁻¹ (Tabela 8). Para Ni no solo, a Resolução CONAMA nº 420 preconiza até 30 mg kg⁻¹ (BRASIL, 2009). Preston et al. (2014) estabeleceram teor de Ni de 19,84 mg kg⁻¹ como VQRs no Rio Grande do Norte.

Para Chumbo (Pb) e Cádmio (Cd), não houve diferença significativa entre as doses no mesmo substrato e também entre os substratos (Tabela 8). Tem-se que para Cd conforme o CONAMA o valor referência para prevenção é 1,3 mg kg⁻¹ (BRASIL, 2009), entretanto Preston et al. (2014) estabeleceram VQR de 0,10 mg kg⁻¹. Para chumbo verificou-se concentrações médias de 1,836 e 1,772 mg kg⁻¹, em S1 e S2, respectivamente, e ambas são inferiores ao teor estabelecido pela CONAMA nº 420, de 70 mg kg⁻¹ (BRASIL, 2009), e 16, 18 mg kg⁻¹ para o estado do Rio Grande do Norte (PRESTON et al., 2014).

Tabela 8 – Teores de chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd) e cromo (Cr) em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).*

Dose	Pb		Ni		Cd		Cr	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
	----- mg kg ⁻¹ -----							
0	1,850 aA	1,966 abA	0,000 aA	0,000 bA	0,036 aA	0,023 aA	0,006 aB	0,000 aA
25%	1,916 aA	2,033 aA	0,000 aA	0,000 bA	0,013 aA	0,013 aA	0,000 aA	0,000 aA
50%	1,966 aA	2,283 aA	0,000 aA	0,000 bA	0,060 aA	0,030 aA	0,000 aA	0,000 aA
75%	1,783 aA	1,766 abA	0,000 aA	0,000 bA	0,026 aA	0,036 aA	0,000 aA	0,000 aA
100%	1,666 aA	0,816 bB	0,130 aA	0,236 aA	0,033 aA	0,000 aA	0,000 aA	0,000 aA
Médias	1,836	1,772	0,026	0,047	0,033	0,020	0,001	0,000

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

4.2 ANÁLISE DAS PLANTAS

Para as concentrações de P, Ca e Mg não houve diferença significativa entre doses em ambos os substratos, bem como para doses comparando os substratos. Os teores de P no tecido da parte aérea variaram de 0,020 a 0,063 g kg⁻¹ para S1 e de 0,013 à 0,046 g kg⁻¹ para S2 (Tabela 9), valores considerados baixos para tecidos de plantas, conforme a classificação de Silveira et al. (2005). Brito (2016) verificou para mudas de aroeira que os baixos teores de P foliar podem estar relacionados a dificuldades da planta em absorver esse nutriente, como também às quantidades baixas nos substratos.

O Ca apresentou teores foliares entre 3,61 e 13,62 g kg⁻¹ para S1 e de 4,52 à 20,97 g kg⁻¹ para S2. Rebouças et al. (2018) encontraram valores entre 10 e 18 g kg⁻¹ para mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico e observaram que não houve significância da água residuária aplicada sobre o teor desse nutriente. Epstein & Bloom (2004) apresentam o teor 5 g kg⁻¹ como valor de referência para o Ca na matéria seca de plantas.

Para Mg, observou-se que em S1 o maior teor foliar foi para dose 0% (1,060 g kg⁻¹) e em S2 a foi na dose 75% (0,066 g kg⁻¹). Os teores foliares de Mg em S1 foram superiores a S2, em média 82 %. Tanto em S1 como em S2, os teores de Mg são considerados limitantes para um bom crescimento das plantas, conforme afirma Vitti et. al (2006), que considera valores ideais situados na faixa de 1,5 a 3,0 g kg⁻¹ da matéria seca da parte vegetativa da planta. O baixo teor de Mg na fibra de aguapé (Tabela 1) e no composto pode ter contribuído para baixa absorção desse elemento.

Os teores de K foram estatisticamente iguais em S1 e S2 (Tabela 9), para cada dose, entretanto observou-se que para S2 (47,669 g kg⁻¹) a absorção de K pelas plantas foi, em média, 26% maior que em S1 (35,305 g kg⁻¹). Rebouças et al. (2018) encontraram valores de K inferiores, para mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico em dois tipos de substratos. Segundo Lopes (1998) o K atua na eficiência do uso da água, pela abertura e fechamento dos estômatos que é controlado pela concentração de K nas células que circundam os estômatos, assim concentrações adequadas de K são de grande importância para espécie cumaru.

Para o S1 1 observa-se que não houve diferença estatística entre os teores de Na e para S2 o maior valor de Na ocorreu na dose 100%. Semelhante ao K, os teores de Na foram superior em S2 (Tabela 9). O Na apresentou teores foliares entre 2,23 e 8,02 g kg⁻¹ para S1 e de 5,52 à 39,87 g kg⁻¹ para S2. Korndöfer (2006) afirma que concentrações de Na em tecidos vegetais podem variar de 0,013 a 35,1 g kg⁻¹, e ressalta que para a maioria das espécies o sódio pode ser tóxico em altas concentrações.

Tabela 9 - Teores de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) encontrados nas plantas, em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).*

Dose	P		K		Na		Ca		Mg	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
	-----g kg ⁻¹ -----									
0	0,040 aA	0,016 aA	28,293 aA	31,483 abA	2,830 aA	5,523 bA	13,620 aA	5,526 aA	1,060 aA	0,043 aB
25%	0,020 aA	0,033 aA	38,450 aA	37,450 abA	3,153 aA	21,520 abA	5,543 aA	5,003 aA	0,040 aA	0,050 aA
50%	0,063 aA	0,013 aA	15,280 aA	14,556 bA	2,226 aA	7,266 bA	3,610 aA	4,523 aA	0,023 aA	0,033 aA
75%	0,053 aA	0,036 aA	33,803 aB	77,553 aA	2,720 aB	28,283 abA	10,870 aA	7,400 aA	0,080 aA	0,066 aA
100%	0,056 aA	0,046 aA	60,700 aA	77,303 aA	8,016 aB	39,873 aA	8,330 aA	20,966 aA	0,073 aA	0,050 aA
Médias	0,035	0,028	35,305	47,669	3,789	20,493	8,394	8,683	0,255	0,048

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

Para Fe e Mn não verificou-se diferença significativa entre as doses em um mesmo substrato e nem quando compara S1 e S2 para cada dose (Tabela 10). Para o S1 os teores de Fe no tecido vegetal variaram de 49,47 a 95,09 mg kg⁻¹, e para S2 de 39,93 à 94,16 mg kg⁻¹, com as maiores concentrações obtidas na dose 0% (Tabela 10), sendo esses valores considerados satisfatórios para um crescimento das plantas conforme Dechen e Nachtigall (2006), que afirmam que a concentração normal pode variar de 50 a 100 mg kg⁻¹ na matéria seca de folhas. Os mesmos autores consideram concentrações de Mn entre 20 e 500 mg kg⁻¹ como adequadas para um bom desenvolvimento das plantas. Em S1 e S2 as maiores concentrações foram obtidas na dose 0% (Tabela 10), e para ambos os substratos estão dentro dos limites considerados adequados por Dechen e Nachtigall (2006).

Com relação ao Zn, teor médio para as plantas cultivadas em S2 foi de 25,88 mg kg⁻¹ e em S1 de 15,61 mg kg⁻¹ (Tabela 10). Conforme Dechen e Nachtigall (2006) concentrações de Zn nas plantas variam entre 3 e 150 mg kg⁻¹, entretanto teores inferiores a 25 mg kg⁻¹ caracterizam deficiência de desse elemento segundo Pais & Jones Junior (1996) e Furlani (2004). Os maiores teores de Cu foram, em média, de 1,963 e 1,861 mg kg⁻¹ para S1 e S2 (Tabela 10), respectivamente, estando abaixo das concentrações adequadas para o crescimento normal das plantas, que varia de 5 e 20 mg kg⁻¹ (Dechen e Nachtigall, 2006).

Tabela 10 - Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), encontrados nas plantas, em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).*

Dose	Fe		Mn		Zn		Cu	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
	-----mg kg ⁻¹ -----							
0	95,056 aA	94,163 aA	22,893 aA	35,080 aA	13,823 aA	26,910 abA	3,400 aA	1,123 aB
25%	94,416 aA	84,336 aA	19,800 aA	28,273 aA	17,080 aA	17,923 bA	1,600 abA	2,206 aA
50%	49,466 aA	39,986 aA	10,283 aA	15,410 aA	9,163 aA	13,833 bA	0,716 bA	1,556 aA
75%	57,683 aA	78,713 aA	15,716 aA	24,133 aA	16,426 aA	25,133 bA	1,783 abA	2,890 aA
100%	48,400 aA	39,933 aA	15,316 aA	17,563 aA	21,763 aB	45,610 aA	2,316 abA	1,530 aA
Médias	69,004	67,426	16,801	24,091	15,651	25,881	1,963	1,861

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

Pb, Ni, Cd, e Cr não apresentaram diferença significativa entre as doses dentro de um mesmo substrato e com exceção de Pb e Cr que para dose de 100% houve diferença significativa entre S1 e S2, as demais foram estatisticamente iguais (Tabela 11). Pb em S2 foi maior em relação ao S1, sendo as maiores concentrações, 12,67 e 41,36 mg kg⁻¹, S1 e S2 respectivamente, na dose 100%.

Para o S1 os teores de Ni no tecido vegetal variaram de 0,00 a 0,21 mg kg⁻¹ e em S2 de 3,95 à 2,29 mg kg⁻¹ (Tabela 11). Santos et al. (2007) encontraram teores de 3,0 e 4,2 em mudas de Angico e Ipê Roxo irrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado. Dechen e Nachtigall (2006) consideram teores Ni próximos a 1,5 mg kg⁻¹ como adequados para um bom crescimento das plantas.

A maior concentração de Cd deu-se na dose 100% em S2 (Tabela 11). O Cd não foi quantificado na fibra de aguapé, no composto e nem no solo, apenas no efluente, assim podemos considerar que o Cd foi absorvido pelas mudas, provavelmente a partir do efluente. Apenas na dose 100%, em S1 (Tabela 11), verificou-se um teor de cromo nas plantas, de forma que essa concentração pode ser devido ao teor de Cr presente no composto orgânico (Tabela 1), que se acumulou ao longo do desenvolvimento das plantas, visto que no efluente não foi constatada presença de Cr (Tabela 4).

Tabela 11 - Teores de chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd) e cromo (Cr) encontrados nas plantas, em função das doses, para substrato 1 (S1) e substrato 2 (S2).*

Dose	Pb		Ni		Cd		Cr	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
	-----mg kg ⁻¹ -----							
0	7,900 aA	4,796 bA	1,210 aA	2,290 aA	0,000 aA	0,083 aA	0,000 aA	0,000 aA
25%	7,500 aA	10,913 bA	0,300 aA	0,463 aA	2,066 aA	0,050 aA	0,000 aA	0,000 aA
50%	6,166 aA	10,853 bA	0,133 aA	0,210 aA	0,150 aA	0,683 aA	0,000 aA	0,000 aA
75%	11,166 aA	16,770 bA	0,000 aA	0,566 aA	0,216 aA	0,650 aA	0,000 aA	0,000 aA
100%	12,666 aB	41,360 aA	3,950 aA	1,413 aA	0,800 aA	3,106 aA	3,033 aA	0,000 aB
Médias	9,079	16,938	1,118	0,988	0,646	0,914	0,606	0,000

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

4.3 CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Definir um valor de diâmetro do caule que possa expressar um padrão de qualidade das mudas para o plantio em determinado local depende da espécie, da localização, da forma de plantio e das técnicas de produção (BRITO, 2016). As mudas de *Amburana cearenses* apresentaram valores inferiores quando comparadas a outras espécies, porém deve-se levar em consideração o período de avaliação, o efluente utilizado e as características de desenvolvimento da própria espécie que são diferentes, e que de acordo com Maia (2012) é uma espécie pioneira de crescimento lento.

As doses 0%, 25%, 75% e 100%, para S2, não diferem estatisticamente e para S1 tem-se que as doses de 0% e 25% são estatisticamente iguais e diferem das demais doses. Em média, o diâmetro do caule (DC), ao final dos 90 dias foi de 2,56 e 2,64 mm para os substratos 1 e 2, respectivamente (Tabela 12), sendo DC para S2 foi 3,2 % maior que DC para S1; Sturion et al. (2000), recomendam um diâmetro do caule mínimo de 2,5 mm para o plantio em campo, Rudek, Garcia e Peres (2013) avaliando a qualidade de mudas de eucalipto classificaram algumas plantas como “grandes”, sendo elas de melhor qualidade, e os valores de diâmetro dentro dessa classificação estavam entre 2 e 3 mm. Já Gomes et al. (2002) estabelecem diâmetros de 2 mm para plantio de mudas *Eucaliptus grandis* no campo. Porém Carneiro (1995) afirma que é necessário que o diâmetro do caule seja compatível com a altura para que o desempenho das mudas no campo corresponda a expectativas.

Rebouças et al. (2018) encontraram valores para diâmetro de caule superior a 5 mm em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) irrigadas com efluente doméstico, Brito (2016) registrou diâmetros entre 3,55 e 5,28 mm para mudas de aroeira (*Myracrodun urundeuva* Allemao) irrigadas ao longo de 150 dias com efluente de esgoto doméstico, destacando-se também que o maior diâmetro ocorreu na dose 100%. Também utilizando efluente de esgoto doméstico tratado Santos et al. (2007) encontraram diâmetros acima de 9 mm para ipê roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e entre 0 e 3 mm para angico (*Anadenanthera macrocarpa*), ambas no período de 105 dias.

Para a altura de planta (AP) tem-se que em S1, apenas a dose 75% diferiu das demais. Entre S1 e S2, não há diferença estatística na dose com 25%, e as doses 0, 50, 75 e 100% são estatisticamente diferentes. Para S1, a AP foi maior nas doses de 50% e 100%, com valores de 22,25 e 22,55 cm, respectivamente; em S2, a menor AP, 16,25 cm, foi na dose 100 % e a maior para dose 50% (tabela 12), entretanto tem-se que, em média, AP em S1 foi 9% maior que no S2. Conforme Carneiro (1995) a altura das mudas na ocasião do plantio exerce um papel importante na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio, Maia

(2012) afirma que dentro de 3 meses as mudas de *Amburana cearensis* podem atingir 10 a 15 cm de altura, e que seu crescimento não ultrapassa 1,5 m até os 2 anos.

Brito (2016) verificou alturas de até 41,97 cm para mudas de aroeira (*Myracrodunon urundeuva* Allemao) irrigadas 150 dias na dose com 100% efluente de esgoto doméstico, e para mudas de caraíba (*Tabebuia aurea* Benth.) 30,25 cm para o tratamento com 70% do efluente de esgoto aos 120 dias. Pinto et al. (2016) avaliando o crescimento de mudas de Craibeira (*Tabebuia aurea*) irrigadas com água residuárias da piscicultura encontraram alturas até 12 cm. Já Rebouças et al. (2018) verificaram alturas entre 12 e 14 cm para mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) irrigadas com efluente doméstico. Sousa Neto et al. (2011) avaliando a utilização de rejeito da dessalinização na produção de mudas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Poir.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) verificaram decréscimo para as duas espécies com o aumento dos níveis de salinidade, porém, consideraram as mudas de sabiá mais tolerantes, visto que para essa espécie houve uma menor redução nas alturas.

Tabela 12-Valores de Diâmetro do caule (DC) e Altura da planta (AP) em função das doses e dos substratos utilizados.*

Dose	DC		AP	
	S1	S2	S1	S2
	----- mm -----		----- cm -----	
0	2,428 bB	2,776 aA	14,344 cB	17,380 abcA
25%	2,456 bB	2,739 abA	15,921 cA	16,837 bcA
50%	2,880 aA	2,508 bB	22,255 aA	19,043 aB
75%	2,565 bA	2,660 abA	19,519 bA	18,201 abB
100%	2,474 bA	2,550 abA	22,556 aA	16,250 cB
Médias	2,560	2,646	18,919	17,542

*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.

A TCA AP, em S1, verificou-se que para as doses 0, 25 e 50% as plantas alcançaram valores máximos aproximadamente aos 15 dias após o transplante, onde a dose 50% teve o valor mais elevado, correspondendo a 1,37 cm dia⁻¹. Nos tratamentos com 75 e 100% do efluente os valores máximos ocorreram entre os 15 e 30 dias, seguidos por uma redução até a estabilidade do crescimento para a dose 100%. Para S2 as TCA foram menores que 0,80 cm dia⁻¹ em todas as doses, observando-se que a taxa máxima de crescimento ocorreu por volta dos 15 dias (figura 3).

Verificou-se que até os 15 dias a TCA DC com o tratamento testemunha, e as doses 25 e 50%, cultivadas em S1 reduziram e em seguida houve uma estabilidade do crescimento. Observa-se que nos tratamentos com as doses 75 e 100% a TCA reduziu durante os 90 dias,

com os diâmetros aumentando continuamente. Para os tratamentos em S2, a TCA alcançou valores máximos entre os 15 e 30 dias após o transplântio, seguidos por uma redução contínua. No entanto, para o tratamento testemunha houve redução da TCA durante todo o período de avaliação (figura 4).

A TCR para altura de planta e para diâmetro do caule apresentaram o mesmo padrão de comportamento no tratamento testemunha, e nas doses com 25 e 50% do efluente em S1. Já nas doses 75 e 100% a TCR para diâmetro de planta reduziu continuamente durante os 90 dias, e a TCR para altura de planta atingiu o valor máximo de 0,16 mm dia⁻¹, aos 15 dias após o transplântio. Em S2, a TCR para diâmetro reduziu de forma contínua durante os 90 dias em todas as doses. Contudo, o tratamento testemunha diferiu dos demais, com uma rápida redução até os 15 dias, seguido por uma redução contínua até os 90 dias. As taxas de crescimento relativo para altura apresentaram uma tendência de redução independente dos tratamentos (figura 5).

Figura 2 - Valores de altura de planta (AP) e taxa de crescimento absoluta para altura de planta (TCA AP) em função de dias após o plantio (DAP) nas doses zero (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) do efluente, em S1 e S2.

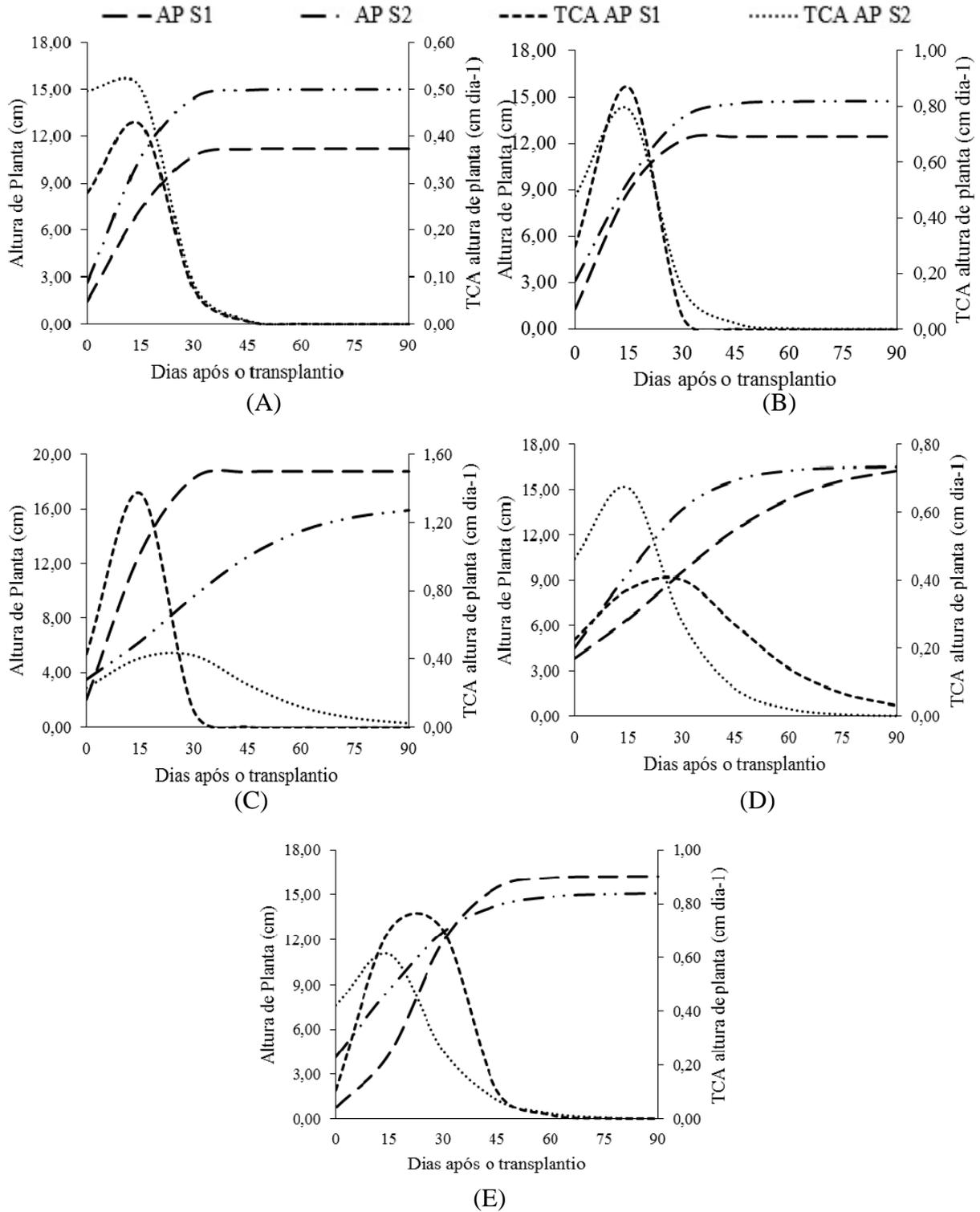


Figura 3 - Valores de diâmetro do caule (DC) e taxa de crescimento absoluta para diâmetro de planta (TCA DC) em função de dias após o plantio (DAP) nas doses zero (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) do efluente, em S1 e S2.

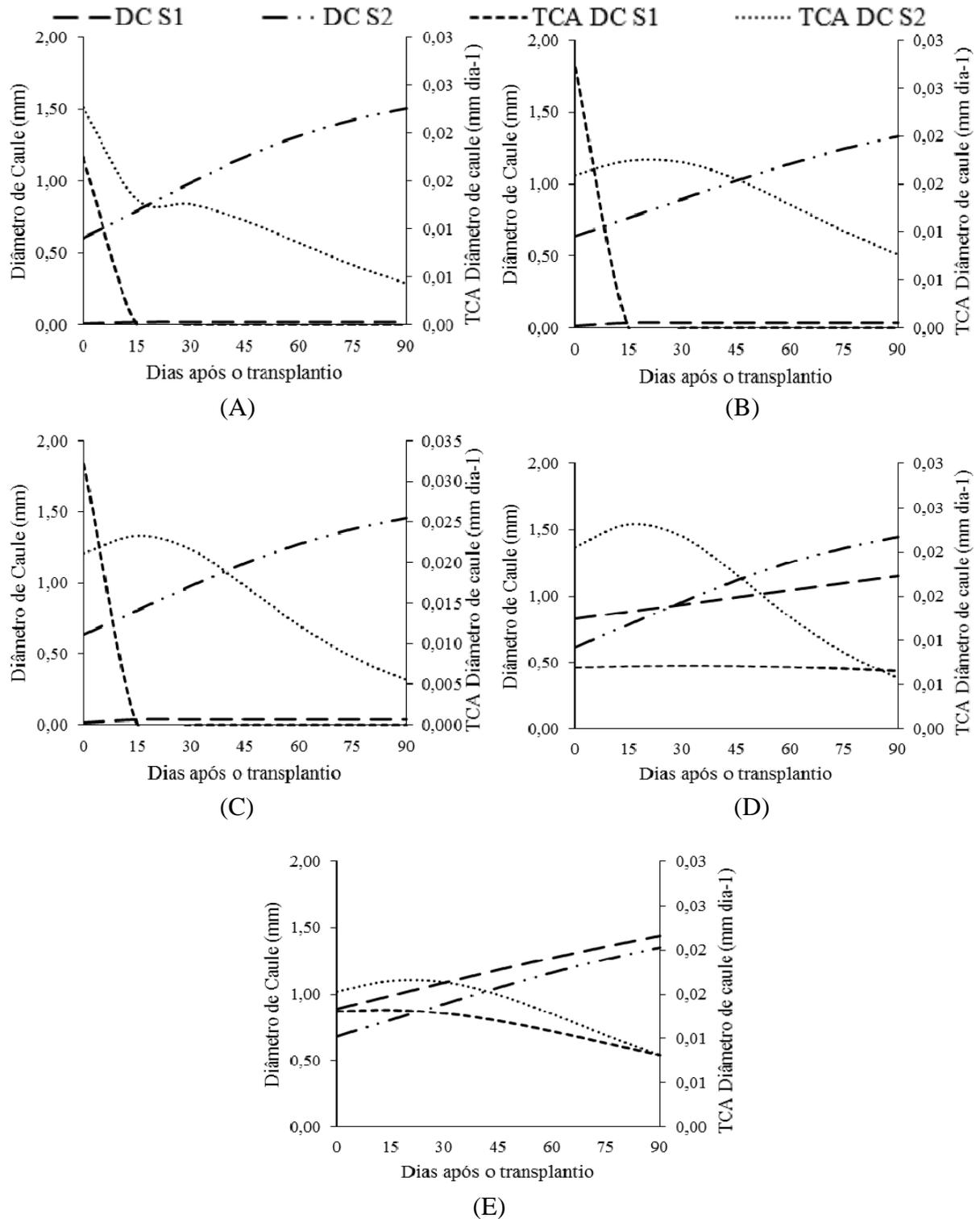
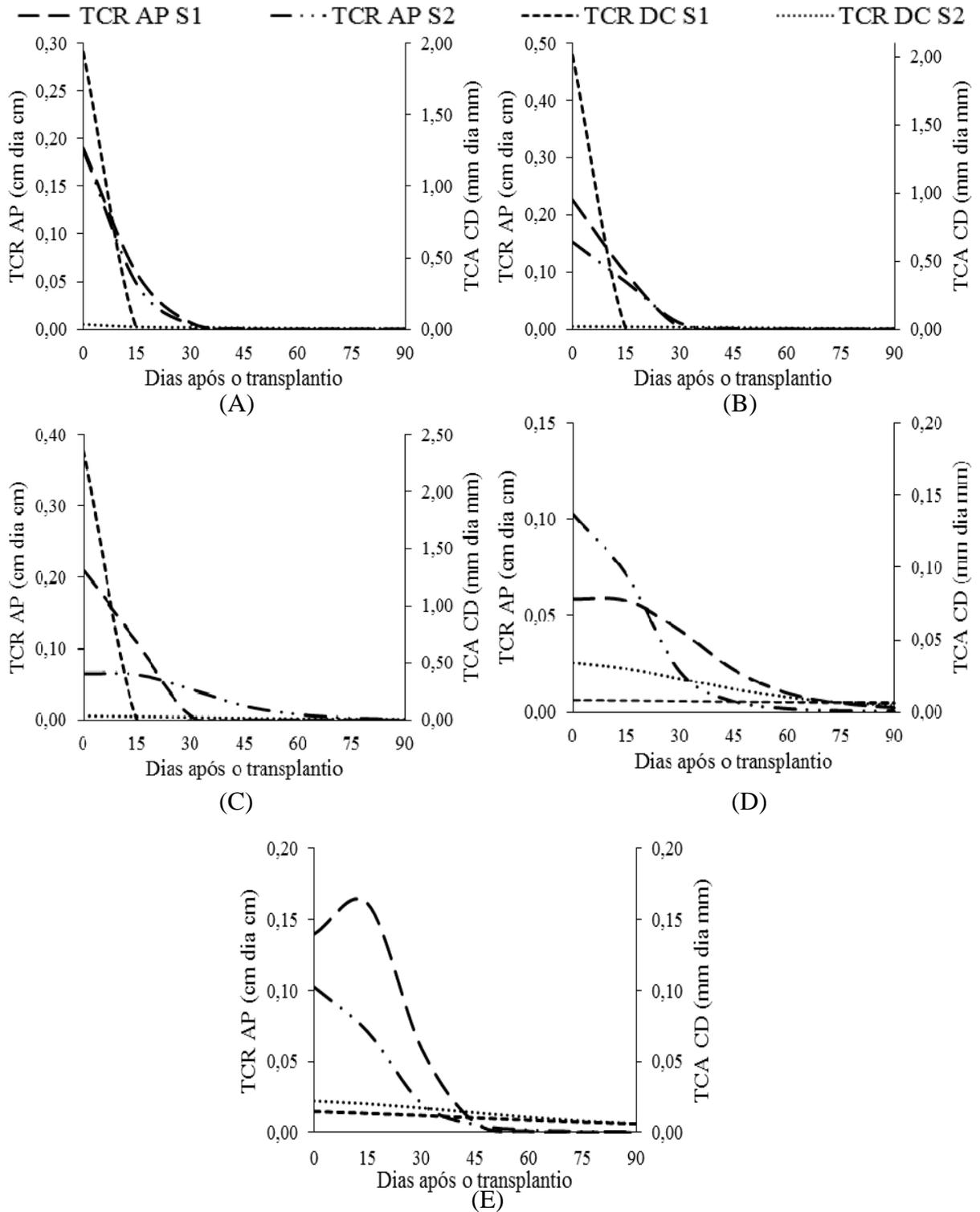


Figura 4 - Valores da taxa de crescimento relativo para altura de planta (TCR AP) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCR DC) em função de dias após o plantio (DAP) nas doses zero (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) do efluente, em S1 e S2.



5. CONCLUSÕES

- Nos substratos os teores dos metais tóxicos estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009;
- Nas plantas, a maior concentração de metais tóxicos foi para chumbo no substrato 2;
- A dose 50% obteve melhores resultados de AP e DC para S1;
- A TCA e TCR foram semelhantes em todos os tratamentos, ressaltando que para a dose 50 e 75% observou-se maiores alturas e na dose de 25% a TCR do diâmetro apresentou um crescimento mais uniforme.
- As águas residuárias da indústria de produtos de limpeza podem ser utilizadas na irrigação de mudas de *Amburana cearensis*.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al., **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. cap. 11, p. 645-736
- Agência Nacional de Águas - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016**. Brasília: ANA, 2016. 95p.
- ALMEIDA, R. G. Aspectos legais para a água de reúso. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 13, n. 2, p. 31-43, maio/ago. 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, A. R. *et al.* Análise da estrutura vegetacional em uma área de Caatinga no município de Bom Jesus, Piauí. **Revista Caatinga**, v. 26, p. 99-106, 2013.
- ALVES, J.C.; PÔRTO, M. L. A.; OLIVEIRA, A. F. S. **Níveis de esterco bovino em substratos para produção de mudas de pimenta Malagueta**. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA DO NORDESTE, 2017, Rio Largo. **Anais[...]**. Rio Largo: 2017. 4 p.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa-MG: CFSEMG, 1999. 25-32p
- ANDRADE, Guilherme de Castro. **ÁRVORE DO CONHECIMENTO Eucalipto - Água**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONTAG01_63_2572006132316.html. Acesso em: 24 abr. 2017.
- ANJOS, M. L.; NÓBILE, F. O.; HENARES, M. N. P. Uso da matéria seca de aguapé como substrato para o crescimento de milho. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: 2013. p. 1 - 4.
- ARAÚJO, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, supl. 1, p. 581-588, 2011.
- ASSOCIAÇÃO DE PLANTAS DO NORDESTE - APNE. **Estatística Florestal da Caatinga**. Recife, v. 2, 2015. 140 p.
- BARBOSA, M. D.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; DUARTE, G. M. T. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p. 851-858, 2012.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e Condutividade Elétrica em solução do solo, em áreas de Pinus e Cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n. 6, p. 46-56, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N° 420 de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620> Acesso em 03 fev 2019.

BRASIL. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece Modalidades, Diretrizes e Critérios Gerais Para A Prática de Reúso Direto Não Potável de água, e Dá Outras Providências. Brasília, Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=25&limitstart=160. Acesso em: 13 dez 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui A Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Regulamenta O Inciso Xix do Art. 21 da Constituição Federal, e Altera O Art. 1º da Lei Nº 8.001, de 13 de Março de 1990, Que Modificou A Lei Nº 7.990, de 28 de Dezembro de 1989. Brasília, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 23 maio 2017.

BRITO, R. F. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais em diferentes substratos**. 2016. 131 f. Tese (Doutorado) - Pós-graduação em Manejo de Solo e água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2016. Disponível em: <https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2015/04/Tese-Raimundo-Fernandes-de-Brito.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2017.

BRITO, R. F. et al. Uso de águas residuárias na produção de mudas de aroeira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p.687-694, jul. – set., 2018.

CALDATO, S. L.; SCHUMACHER, M. V. O uso de água pelas plantações florestais – uma revisão. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 507-516, jul./set. 2013.

CAMPOS, D. V. B. et al. Acidez Potencial do Solo. In: TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 4, p 233-237.

CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de Pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, jan.- mar. 2014.

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

CARVALHO, N. L. et al. Reutilização de águas residuárias. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3164-3171, mar. 2014.

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.

CHEN, J. *et al.* Population, water, food, energy and dams. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 18-28, 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 357, de 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 dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 mar. 2005.

COSTA, M. S. et al. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado. **Irriga**, edição especial, v. 1, n. 01, p. 408-422, 2012.

CRUZ, J. L. et al. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 275-284, 2006.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. *In*: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Desenvolvimento inicial da amburana (*Amburana cearensis*) em áreas de Cerrado degradado. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 27 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análise químicas de solos**. 2 ed. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água**. 1 ed. Dados eletrônicos. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

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

ESTENDER, A. C.; PINHEIRO, A. A. Reutilização da água na indústria. **Revista de Administração da Fatea**, v. 11, n. 111, p. 106-127, 2015.

FARIAS, W. M. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos produzidos utilizando macrófitas aquáticas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p.3257-3270, 2013.

FAUSTINO, J. C. S. et al. Convivência com a escassez de água: a importância do capital social nas áreas susceptíveis a desertificação no Semiárido. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 7, p. 114-135, dez. 2016.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p.655-664, 2002.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAURY, G. B. **Fisiologia vegetal**, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004. p.40-75.

GARCIA-CUERVA, L.; BERGLUND, E. Z.; BINDER, A. R. Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the U.S. **Resources, Conservation And Recycling**, 113, p. 106-115, 2016.

GARCIA, G. O.; LOUGON, M. S.; ROCHA, S. A.; CECILIO, R. A.; REIS, Edvaldo Fialho dos; SANTOS, A. R. . **Qualidade da Água para Produção de Mudas de Espécies Florestais**. Tópicos Em Ciências Florestais. 1ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2010, v. 1, p. 107-128.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. de. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2011. 116 p.

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.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. POTAFOS, Piracicaba, 2001, 16 p. Informações Agronômicas

GRIGIO, A. M.; DIODATO, M. A. Dimensões físico-ambiental. In: PESSOA, Z. S. et al. (Org.). **Como anda Mossoró: análise da conjuntura sociourbana**. Natal: UFRN, 2011. cap. 4.

HERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p

IBGE. **IBGE Cidades**: Rio Grande do Norte: Mossoró, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: setembro de 2017.

INMET. **Estações Automáticas – Mossoró**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf> Acesso em: 17 de setembro 2018.

KORNDÖFER, G. H. Elementos Benéficos. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró-RN: Edufersa, 2011. 316 p.

LOMSADZE, Z. et al. Water resources of Kakheti and ecological problems. **Annals Of Agrarian Science**, v. 15, n. 2, p. 204-208, 2017.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Tradução e Adaptação. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1998. 177p.

LUDWIG F.; FERNANDES, D. M.; GUERRERO, A. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gérbera de vaso. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 184-189, 2014.

MAIA, C. E. et al. Crescimento do meloeiro Orange flesh em função do preparo do solo e construção de camalhão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 41-47, 2009.

MAIA-SILVA, C. et al. **Guia de Plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. 1. Ed. Fortaleza, CE: Fundação Brasil Cidadão, 2012.

MEDEIROS, J. A.; CHIANCA, I. R. Produção de mudas de Craibeira (*Tabebuia aurea*) para plantio nas áreas em processo de desertificação: experiência vivenciada. **Okara: Geografia em Debate**, João Pessoa, Pb, v. 10, n. 1, p. 226-237. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Instrução Normativa n. 6, de 23 de setembro de 2008. Espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e com deficiência de dados, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 set. 2008. Seção 1, p. 75-83, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Biomass. Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass/caatinga>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 1 Ed. Brasília, DF. 2010. 368 p.

MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E. Crescimento da parte aérea e raiz do meloeiro adubado com fertilizante orgânico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 3, p. 505-511, jul-set 2013.

OLIVEIRA, J. A.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e salvinha. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 3, p. 329-341, 2001.

OLIVEIRA, M. K. T. et al. Crescimento inicial de *Erythrina velutina* em diferentes substratos com adubação orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 5, p. 30-38, 2016.

PAIS, I.; JONES JUNIOR, J. B. The handbook of trace elements. Boca Raton, St. Lucie Press, 1996. 223p.

PEREIRA, M. S. **Manual técnico Conhecendo e produzindo sementes e mudas da caatinga**. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011. 60 p.

PINTO, J. R. S. et al. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 20, n. 6, p.519-524, 2016.

PIRES, J. D. T. S. **Reúso de água cinza e aproveitamento da água de chuva como fontes alternativas em propriedades rurais**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

PRESTES, M. T. S. **Efeito de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do Angico (*Anadenanthera macrocarpa*)**. Dissertação (mestrado), Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2007, 51p.

PRESTON, W. et al. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p.1028-1037, 2014.

PRISCIANDARO, M. et al. Process analysis applied to water reuse for a “closed water cycle” approach. **Chemical Engineering Journal**, v. 304, p. 602-608, 2016.

ROQUE, A. A.; LOIOLA, M. I. B. Potencial de uso dos recursos vegetais em uma comunidade rural no Semiárido Potiguar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 88-98, 2013.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A. O.; PERES, F. S. B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 12, n. 17, p.1-3776, 2013.

SANTIN, J. R.; GOELLNER, E. A Gestão dos Recursos Hídricos e a Cobrança pelo seu Uso. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, Florianópolis, v. 34, n. 67, p. 199-221, 2013.

SANTOS, J. S. et al. Plantas Nativas do Bioma Caatinga Produzidas com Esgoto Doméstico Tratado. **Revista Científica da UFPA**; v. 6, n. 1, 2007.

SCREMIN-DIAS, Edna et al. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande, MS: UFMS, 2006. 59 p.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. 212 p.

SILVA, C. L.; BASSI, N. S. S.; ROCHA JUNIOR, W. F. Technologies for rational water use in Brazilian agriculture. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**. Taubaté, v. 11 n. 2, p. 239-249, 2016.

SILVA, N. et al. Conhecimento e Uso da Vegetação Nativa da Caatinga em uma Comunidade Rural da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, n. 34, p. 5-37, 2014.

SILVA, R. F. et al. Crescimento e qualidade de mudas de Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 8, p. 881-886, 2012.

SILVA, S. S et al. Potencial do uso de água residuária na silvicultura utilizando espécies nativas da Caatinga. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 93-98, 2016.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. Avaliação do Estado nutricional do Eucalyptus: Diagnóstico visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, (2005), p. 79-104.

SOUSA NETO, O. N. et al. Utilização do rejeito da dessalinização da água na produção de mudas de espécies da Caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 123-129, 124, 2011.

SOUZA, J. S.; MORAES, B. S. Análise das Políticas Públicas Implementadas para a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 913-919, 2016.

SOUZA, M. F.; SOUZA JUNIOR, I. T.; GOMES, P. A.; FERNANDES, L. A.; MARTINS, E. R.; COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A. Calagem e adubação orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em *Lippia Citriodora* Kunth. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, p. 401 - 405, 2010.

STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 20p. (Circular Técnica, 37)

VITTI, G. C. et al. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

WHO – World Health Organization. **Reuse of effluents**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.

WWAP (Programa Mundial das Nações Unidas para a Avaliação de Recursos Hídricos) / UN-Agua. 2018. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018: Soluções baseadas em a natureza para a gestão da água**. Paris, UNESCO, 2018.

XAVIER, E. P. L.; PAES, J. B.; LIRA FILHO, J. A. Potencial madeireiro de duas Microrregiões do estado da Paraíba. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2, p. 103-112, 2005.