

Artigo Técnico

Desenvolvimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth e *Amburana cearensis* (Fr. All) A.C Smith. irrigadas com esgoto doméstico tratado

Development of seedlings of Mimosa caesalpiniiifolia Benth e Amburana cearensis (Fr. All) A.C Smith. irrigated with treated domestic wastewater

Bruna Thalya da Silva¹ , Francisco das Chagas Gomes da Silva Júnior¹ ,
Maria Amanda Menezes Silva^{1*} 

RESUMO

Avaliaram-se os efeitos da aplicação de diferentes diluições de um esgoto doméstico tratado como água de reúso no desenvolvimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth e *Amburana cearensis* (Fr. All) A.C Smith. O experimento se deu por meio da utilização do arisco como substrato e da irrigação com os tratamentos compostos por cinco diluições de água de reúso com água de abastecimento, com cinco repetições cada, sendo eles: T1 (100% água de reúso + 0% água de abastecimento), T2 (75% água de reúso + 25% água de abastecimento), T3 (50% água de reúso + 50% água de abastecimento), T4 (25% água de reúso + 75% água de abastecimento) e T5 (0% água de reúso + 100% água de abastecimento). Os efeitos das diferentes diluições do esgoto tratado foram avaliados nas seguintes características funcionais: número de folhas, tamanho da raiz principal, quantidade de matéria seca das folhas, da raiz principal e das raízes secundárias. Além disso, foram mensurados altura da planta e diâmetro do coleto durante 30, 60 e 90 dias. Os resultados obtidos para *A. cearensis* demonstraram que matéria seca das folhas e das raízes secundárias diferiram entre os tratamentos, sendo encontrados os maiores valores em T2, T3 e T4. Nos dados de diâmetro, ao longo do tempo ocorreu diferença significativa aos 90 dias para o tratamento T3. Para *M. caesalpiniiifolia*, as diluições do esgoto não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Desse modo, concluiu-se que o esgoto doméstico tratado proporcionou efeito positivo ou neutro no desenvolvimento, podendo ser uma fonte hídrica, na forma diluída ou concentrada, potencial para a irrigação de mudas dessas espécies.

Palavras-chave: recursos hídricos; reúso; leguminosa; espécies nativas.

ABSTRACT

This work has assessed the effects of different dilutions of treated domestic wastewater, such as reuse water, on the development of *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth and *Amburana cearensis* (Fr. All) A.C Smith. seedlings. The experiment made use of sandy soil as substrate and irrigation with treatment consisted of five dilutions of reuse water and public supply water (PSW), with five repetitions each, as follows: T1 (100% reuse water + 0% PSW), T2 (75% reuse water + 25% public supply water), T3 (50% reuse water + 50% public supply water), T4 (25% reuse water + 75% public supply water), and T5 (0% reuse water + 100% public supply water). Effects of the different dilutions of treated wastewater were evaluated according to the following functional characteristics: number of leaves, size of primary root, dry matter content of leaves, dry matter content of primary root, and dry matter content of lateral roots. In addition, plant height and collar diameter were also measured over the period of 30, 60, and 90 days. Results obtained for *A. cearensis* show that dry matter content of leaves and dry matter content of primary root had the highest values with T2, T3, and T4. As far as diameter over time is concerned, there was a significant difference for the T3 treatment in 90 days. Treatments did not produce any meaningful differences in the case of *M. Caesalpiniiifolia*. It was possible to conclude, therefore, that treated domestic wastewater had neutral or positive effects on development and could be a potential water source to irrigate seedlings of these species, in both diluted and concentrated forms.

Keywords: water resources; reuse; leguminous; native species.

INTRODUÇÃO

A escassez de água doce é desafiadora devido à crise em sua oferta, afetando, sobretudo, as regiões áridas e semiáridas, pois é fator determinante para o

desenvolvimento socioeconômico (BRITO *et al.*, 2018). Uma opção viável no aumento da disponibilidade hídrica nessas regiões é o uso de esgotos tratados para irrigação (SOUZA *et al.*, 2010; SARAIVA & KONIG, 2013).

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - Fortaleza (CE), Brasil.

*Autor correspondente: amanda.menezes@ifce.edu.br

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 11/05/2020 - Aceito: 08/01/2021 - Reg. ABES: 20200175

A produção de mudas de espécies florestais nativas irrigadas com esgoto tratado desperta interesse, pois estimula a produção visando à recuperação de áreas degradadas, além de repor e manter os recursos florestais e equilibrar os interesses econômico, social e ambiental (BRITO *et al.*, 2018; REBOUÇAS *et al.*, 2018).

O semiárido brasileiro sofre com a precipitação pluviométrica anual baixa (de 300 a 800 mm) e a evapotranspiração excedente (REGO, 2005), bem como com os impactos ambientais causados pela insustentabilidade da exploração de seus recursos naturais (ALMEIDA *et al.*, 2017). Tais características aumentam o interesse na propagação de mudas florestais e na viabilidade do uso de esgotos tratados como fonte de água para ações de mitigação ambiental (ALMEIDA *et al.*, 2017), uma ação necessária para conservar e manter as fontes naturais remanescentes (USEPA, 2004). Portanto, é imperativo programar estudos referentes às espécies vegetais e à forma como suas mudas serão produzidas para a obtenção de plantas com qualidade, fator que refletirá no plantio e no desenvolvimento *in situ* (FARIA *et al.*, 2016).

Sabe-se que o esgoto doméstico, após tratamento adequado, normalmente, apresenta concentração baixa de matéria orgânica e teores apreciáveis de macro e micronutrientes (carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) necessários ao desenvolvimento das culturas agrícolas (BATISTA *et al.*, 2017; MENDONÇA, 2017). Os efeitos, positivos ou neutros, de irrigações feitas com águas de reúso para fins agrícolas já foram comprovados em diversas pesquisas e em várias culturas, como café (*Coffea arabica* L.) (COELHO *et al.*, 2018) e mamoeiro (*Carica papaya* L.) (BEZERRA *et al.*, 2019), bem como em plantas forrageiras, como milho (*Zea mays* L.) (AZEVEDO *et al.*, 2007), leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) (LACERDA, MALAFAIA & RODRIGUES, 2013) e palma (*Opuntia tuna* L.) (LEMONS *et al.*, 2018). No entanto, na caatinga, os trabalhos que utilizaram águas de reúso para produção de mudas florestais têm sido realizados com poucas espécies (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke., *Myrcodruon urundeuva* L. e *Bauhinia forficata* Linn) (OLIVEIRA *et al.*, 2013; ALMEIDA *et al.*, 2017; BRITO *et al.*, 2018; SANTOS, SILVA & REIS, 2019), e

alguns com foco principalmente em dados de crescimento em altura e diâmetro (SANTOS, SILVA & REIS, 2019).

Portanto, é importante ter soluções alternativas quanto à perspectiva de escassez hídrica e à necessidade de reflorestar áreas degradadas, o que demanda pesquisas que avaliem mais espécies e mais dados relacionados à qualidade das mudas. Isso possibilita que o processo de recuperação seja promissor.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação, em diferentes concentrações, do efluente doméstico tratado no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Amburana cearensis* (Fr. All) A.C Smith (Cumaru). Parte-se da premissa de que, diante da escassez de água e da urgência em buscar formas que promovam o uso sustentável, a utilização de esgoto doméstico tratado, em diferentes níveis de diluições, quando utilizado na fertirrigação de espécies nativas, pode propiciar melhor desenvolvimento das mudas para a utilização em recuperação de áreas degradadas em larga escala. Acredita-se que mudas fertirrigadas apresentem crescimento mais rápido em altura e diâmetro, bem como maior qualidade (maior investimento em características funcionais).

METODOLOGIA

Local de coleta e caracterização do esgoto tratado

Coletou-se o esgoto tratado para reúso na saída da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Herval, localizada no município de Quixadá, CE. A ETE é composta por um reator anaeróbio UASB seguido de um filtro aerado submerso em lagoa de maturação. Mensalmente, ao longo de três meses, foram coletados 150 L de esgoto tratado, que, após a coleta, era armazenado e reservado na área experimental, para realização das diluições programadas em cada tratamento.

A caracterização físico-química média do esgoto tratado foi disponibilizada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) de Quixadá.

Quadro 1 – Caracterização do esgoto tratado na Estação de Tratamento de Efluentes de Herval e limites máximos permitidos para lançamento em corpos hídricos e reúso, de acordo com COEMA 02/2017.

Parâmetro	Unidade	Valores médios	LM corpos hídricos	LM reúso	Referência
Cloretos	mg.L ⁻¹	741,88	NE	NE	4500-CI B, SMEWW 22nd Ed.2012
Coliformes totais	NMP.(100 mL) ⁻¹	> 2,40 × 10 ⁵	NE	1000,00	9223, SMEWW 22nd Ed.2012
DQO	mgO ₂ L ⁻¹	214,51	NE	NE	410.4, USEPA, 2004
<i>Escherichia coli</i>	NMP.(100 mL) ⁻¹	2,3×10 ⁵	5000	NE	9223, SMEWW 22nd Ed.2012
Nitrato	mtNO ₃ L ⁻¹	0,09	10	NE	4500-NO ₃ -E, SMEWW 22nd Ed., 2012
Óleos e graxas	mg.L ⁻¹	ND	100	NE	5520 D, SMEWW 22nd Ed.2012
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	7,83	NE	NE	4500-O C, SMEWW 22nd Ed.2012
pH	-	8,64	5,00–9,00	6,00–8,50	4500-H+ B, SMEWW 22nd Ed.2012
Sólidos sedimentáveis	mL.L ⁻¹	< 0,10	1	NE	2540 F, SMEWW 22nd Ed.2012
SST	mg.L ⁻¹	58,23	150	NE	2540 D, SMEWW 22nd Ed.2012
Sulfeto total	mg.L ⁻¹	1,18	1	NE	4500 S2- B, SMEWW 22nd Ed.2012
Amônia	mg.L ⁻¹	8,42	20 (pH < 8,0)	NE	NE
Condutividade elétrica	μScm ⁻¹	1987,90	NE	3000,00 (6,0 < pH < 8,5)	2510 B, SMEWW 22nd Ed.2012

DQO: demanda química de oxigênio; SST: sólidos suspensos totais; pH: Potencial hidrogeniônico; ND: não detectado pelo método. NE: não especificado; LM corpos hídricos: limite máximo permitido para lançamento em corpos hídricos; LM reúso: limite máximo permitido para reúso. Fonte: elaborado pelos autores.

As análises foram realizadas baseadas nos métodos de *United State Environment Protection Agency* (USEPA, 2004) e *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) (Quadro 1). A Resolução nº 2/2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) (CEARÁ, 2017), foi usada para comparar os valores obtidos na caracterização com os limites máximos permitidos para o lançamento de efluente em corpos hídricos e reúso agrícola ou ambiental.

Montagem do experimento

Produção de mudas

As espécies utilizadas na pesquisa foram *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabíá) e *Amburana cearensis* (Fr. All) A.C Smith (Cumaru), escolhidas por serem exploradas desordenadamente na caatinga (IBAMA, 2008; MARTINELLI & MORAIS, 2013) e, conseqüentemente, pela necessidade de serem estudadas e incluídas em programas de reflorestamento para sua conservação. As sementes de *M. caesalpinifolia* tiveram a dormência quebrada por meio da imersão das sementes por dez minutos em ácido sulfúrico, conforme Bruno *et al.* (2001), e as sementes de *A. cearensis* não necessitaram da quebra de dormência. Ambas foram fornecidas pela Associação Caatinga em Crateús, do Ceará.

Após a quebra de dormência, as sementes das duas espécies foram realizadas em 50 sacos plásticos (15 × 25 cm), totalizando 25 sacos para cada. Cada saco continha 1 kg de arisco (areia fina) e foram adicionadas cinco sementes a cada um deles. Após germinarem, as mudas foram irrigadas apenas com água de abastecimento (AA). Somente aos 21 dias após a semeadura (DAS), foram-lhes aplicadas as diluições do esgoto tratado. Isso foi necessário para que a germinação e o início do desenvolvimento das mudas não fossem prejudicados pela aplicação do material, conforme o método proposto por Rebouças *et al.* (2018).

Irrigação com esgoto doméstico tratado

As diluições foram preparadas imediatamente após a chegada do esgoto na área experimental. Os tratamentos principais foram formados por cinco diluições de água de reúso (AR) com AA, sendo quantidades necessárias diferentes de esgoto tratado para cada tratamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo cinco tratamentos (Tabela 1), com cinco repetições (cinco indivíduos de cada espécie). A irrigação das mudas foi conduzida de forma manual com regadores distintos para cada tratamento, sendo realizada uma vez ao dia, ao final da tarde. A aplicação foi baseada na capacidade de campo: 0,2 L (100%) para cada saco com 1 kg de arisco.

Coleta e análise dos dados

Após 30 dias da semeadura, contabilizaram-se quantas sementes germinaram nos diferentes tratamentos propostos e calculou-se a porcentagem de germinação (% Germin), por meio da contagem de indivíduos que germinaram em cada saco. Em seguida, em cada saco, foi feito o desbaste dos indivíduos menores, permanecendo apenas um indivíduo para as coletas posteriores. A cada 30 dias, durante três meses, coletaram-se dados de altura e diâmetro dos indivíduos remanescentes em cada saco, obtidos com régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. As comparações entre os valores mensais das alturas e dos diâmetros (30, 60 e 90 dias) foram usadas para avaliar o crescimento dos indivíduos de cada espécie em cada tratamento. Os dados de altura e diâmetro

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos de irrigação e da quantidade diária de esgoto doméstico tratado e de nitrogênio amoniacal aplicada em cada muda de *Amburana cearensis* e *Mimosa caesalpinifolia*.

Tratamento	Descrição	Quantidade de água de reúso	Quantidade de nitrogênio (n-nh ₃)
T1	100% AR + 0% AA	0,20 L.d ⁻¹	8,42 mg.L ⁻¹
T2	75% AR + 25% AA	0,15 L.d ⁻¹	6,31 mg.L ⁻¹
T3	50% AR + 50% AA	0,10 L.d ⁻¹	4,21 mg.L ⁻¹
T4	25% AR + 75% AA	0,05 L.d ⁻¹	2,10 mg.L ⁻¹
T5	0% AR + 100% AA	0 L.d ⁻¹	Sem adição

T1: tratamento 1; T2: tratamento 2; T3: tratamento 3; T4: tratamento 4; T5: tratamento 5; AA: água de abastecimento; AR: água de reúso. Fonte: elaborada pelos autores.

obtidos no terceiro mês do experimento, ao final dos 90 dias, foram utilizados para obtenção da altura máxima (AMáx) e do diâmetro máximo (DMáx) alcançados pelos indivíduos. Após 90 dias do experimento, os indivíduos remanescentes foram destruídos, para a obtenção dos dados de investimento nas características funcionais, conforme Pérez *et al.* (2013). Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre as características funcionais, contou-se o número de folhas de cada indivíduo (NuF), mediu-se medido o tamanho da raiz principal (TRP) e calculou-se a quantidade de matéria seca das folhas (MSF), de raiz principal (MSRP) e de raízes secundárias (MSRS).

Após a contagem do NuF, as folhas foram pesadas em balança de alta precisão (com quatro casas decimais), para se obter o peso saturado de água; posteriormente, e colocadas em estufa a 60°C, durante 72 horas, para se obter o peso seco. Com isso, obteve-se a quantidade de MSF, que é o peso seco (mg) de uma folha dividido pelo peso saturado de água (g), expresso em mg.g⁻¹.

Quanto às raízes, foram postas em uma peneira de malha fina (0,2 mm) e lavadas em água corrente, até estarem livres do solo, que também foi removido usando um pincel macio ou uma pinça fina. Em seguida, foram separadas as raízes primária e secundária. O comprimento da raiz primária foi determinado pelo comprimento vertical da raiz desde a superfície do solo até onde as raízes penetraram no solo usando uma régua graduada. Raízes primária e secundária, ainda úmidas, foram pesadas para obtenção do peso saturado de água (g). Após esse procedimento, ambas as raízes foram colocadas em estufa a 60°C, durante 72 horas, para obter o peso seco. A quantidade de matéria seca é a relação entre o peso seco (mg) das raízes (primária ou secundária) dividido pelo peso saturado de água (g), expresso em mg.g⁻¹.

Ao final do experimento, os dados de AMáx e DMáx, de crescimento e das características funcionais comparados entre os tratamentos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Dados com distribuição normal ($p > 0,05$) foram submetidos a análises de variância de um fator (ANOVA *one-way*) e, quando existiram diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Dados sem distribuição normal ($p < 0,05$) foram submetidos ao teste Kruskal-Wallis e, quando existiram diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Mann-Whitney. As análises foram realizadas no ambiente R v3.3.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

RESULTADOS

Avaliação do desenvolvimento de mudas de *Amburana cearensis*

Os resultados corroboraram parcialmente a hipótese levantada neste trabalho. Todas as sementes de *Amburana cearensis* germinaram; além disso, a aplicação do esgoto doméstico tratado aumentou a MSF e a MSRP das mudas de *A. cearensis*. Os maiores valores encontrados foram nos tratamentos T2, T3 e T4. No entanto, as características NuF, TRP, MSRS, DMáx e AMáx não diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabela 2).

Nenhum tratamento aplicado potencializou o crescimento inicial em altura; porém, para o crescimento inicial em diâmetro, ocorreu diferença significativa aos 90 dias com o tratamento T3 (50% AR + 50% AA) (Tabela 3). Desse modo, nota-se que o crescimento inicial em diâmetro variou com a idade das mudas, havendo aumento no diâmetro entre o segundo e o terceiro mês nesse tratamento. No entanto, na maioria dos tratamentos não foram observadas diferenças no crescimento, o que, de acordo com Rebouças *et al.* (2018), pode estar relacionado ao uso do arisco sem adição de esterco, importante fonte de nutrientes.

Tabela 2 - Características funcionais de mudas de *Amburana cearensis* submetidas à irrigação com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado.

%Germin	T1	T2	T3	T4	T5
	100	100	100	100	100
NuF	3,20 ^a	5,60 ^a	5,80 ^a	4,40 ^a	2,80 ^a
TRP	12,00 ^a	18,12 ^a	17,36 ^a	18,88 ^a	12,40 ^a
MSF	0,1326 ^a	0,2712 ^a	0,2697 ^a	0,2746 ^a	0,1550 ^b
MSRP	0,4330 ^a	0,4060 ^a	0,3495 ^a	0,4069 ^a	0,2195 ^b
MSRS	0,8039 ^a	0,7055 ^a	0,6255 ^a	0,7264 ^a	0,6171 ^a
DMáx	3,88 ^a	4,14 ^a	4,70 ^a	4,70 ^a	4,28 ^a
AMáx	18,26 ^a	17,24 ^a	17,90 ^a	20,12 ^a	17,02 ^a

Porcentagem de germinação das sementes (% Germin); número de folhas (NuF); tamanho da raiz principal (TRP); quantidade de matéria seca das folhas (MSF); quantidade de matéria seca da raiz principal (MSRP); quantidade de matéria seca das raízes secundárias (MSRS); diâmetro máximo (DMáx); altura máxima (AMáx); T1 (0% AA + 100% AR); T2 (25% AA + 75% AR); T3 (50% AA + 50% AR); T4 (75% AA + 25% AR); T5 (100% AA + 0% AR). Letra diferente entre os tratamentos indica diferença estatística com base no teste de Tukey (p < 0,05) para dados com distribuição normal e Mann-Whitney (p < 0,05) para distribuição não normal. Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 3 - Crescimento inicial de mudas de *Amburana cearensis* submetidas à irrigação com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado, avaliado por meio da média das alturas e dos diâmetros coletados com 30, 60 e 90 dias após a semeadura.

	Média das alturas			Média dos diâmetros		
	30 dias	60 dias	90 dias	30 dias	60 dias	90 dias
T1	14,82 ^a	16,72 ^a	18,26 ^a	3,50 ^a	3,60 ^a	3,90 ^a
T2	15,24 ^a	16,22 ^a	17,24 ^a	3,80 ^a	4,00 ^a	4,10 ^a
T3	15,52 ^a	16,92 ^a	17,90 ^a	3,80 ^b	3,80 ^b	4,70 ^a
T4	16,22 ^a	18,62 ^a	20,12 ^a	4,30 ^a	4,60 ^a	4,70 ^a
T5	13,70 ^a	15,24 ^a	17,02 ^a	4,30 ^a	4,50 ^a	4,30 ^a

T1 (0% AA + 100% AR); T2 (25% AA + 75% AR); T3 (50% AA + 50% AR); T4 (75% AA + 25% AR); T5 (100% AA + 0% AR). Letra diferente indica diferença estatística com base no teste de Tukey (p < 0,05) para dados com distribuição normal e Mann-Whitney (p < 0,05) para distribuição não normal. Fonte: elaborada pelos autores.

Avaliação do desenvolvimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia*

A germinação das sementes de *Mimosa caesalpinifolia* foi de 100% por saco para o tratamento T1; de 80% para os tratamentos T2 e T3; e de 40% para os tratamentos T4 e T5 (Tabela 4).

Com relação às características funcionais, percebeu-se que o NuF e o TRP de *M. caesalpinifolia* apresentaram maiores valores médios (7,50 folhar e 17,85 cm, respectivamente) no tratamento T3, enquanto a MSF e a TMSRS tiveram as maiores médias nos tratamentos T1 e T4, respectivamente (Tabela 4). No entanto, vale ressaltar que tais diferenças entre os tratamentos são matemáticas, uma vez que não foram observadas diferenças estatísticas significativas.

Os valores de DMáx apresentaram maiores médias (3,4 cm) nos tratamentos T3 e T4, e AMáx apresentou maior média (16,56 cm) para o tratamento T1; no entanto, tais diferenças também não foram comprovadas estatisticamente (Tabela 4). A idade das mudas não potencializou nenhum tratamento quanto ao crescimento inicial em altura e diâmetro (Tabela 5).

Destaca-se que a não diferença entre os tratamentos também é um bom resultado, uma vez que a irrigação com o esgoto não prejudicou o desenvolvimento das espécies e, portanto, poderá ser utilizado em qualquer um dos tratamentos.

Tabela 4 - Características funcionais de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* submetidas à irrigação com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado.

	T1	T2	T3	T4	T5
% Germin	100	80	80	40	40
NuF	4,80 ^a	5,25 ^a	7,50 ^a	5,50 ^a	6,00 ^a
TRP	9,26 ^a	10,08 ^a	17,85 ^a	6,25 ^a	16,50 ^a
TMSF	0,403 ^a	0,358 ^a	0,326 ^a	0,359 ^a	0,336 ^a
TMSRP	0,352 ^a	0,419 ^a	0,419 ^a	0,464 ^a	0,396 ^a
TMSRS	0,606 ^a	0,868 ^a	0,679 ^a	0,955 ^a	0,583 ^a
DMáx	3,30 ^a	3,30 ^a	3,40 ^a	3,40 ^a	2,60 ^a
AMáx	16,56 ^a	12,04 ^a	12,64 ^a	5,80 ^a	5,44 ^a

Porcentagem de germinação das sementes (% Germin); Número de Folhas (NuF); Tamanho da Raiz Principal (TRP); Quantidade de Matéria Seca das Folhas (TMSF); Quantidade de Matéria Seca da Raiz Principal (TMSRP); Quantidade de Matéria Seca das Raízes Secundárias (TMSRS); Diâmetro Máximo (DMáx); Altura Máxima (AMáx); T1 (0% AA + 100% AR); T2 (25% AA + 75% AR); T3 (50% AA + 50% AR); T4 (75% AA + 25% AR); T5 (100% AA + 0% AR). Letra diferente entre os tratamentos indica diferença estatística com base no teste de Tukey (p < 0,05) para dados com distribuição normal e Mann-Whitney (p < 0,05) para distribuição não normal. Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 5 - Crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* submetidas à irrigação com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado, avaliado por meio da média das alturas e dos diâmetros coletados com 30, 60 e 90 dias após a semeadura.

	Média das alturas			Média dos diâmetros		
	30 dias	60 dias	90 dias	30 dias	60 dias	90 dias
T1	13,38 ^a	15,08 ^a	16,56 ^a	3,10 ^a	3,40 ^a	3,30 ^a
T2	12,875 ^a	14,275 ^a	15,05 ^a	2,50 ^a	2,90 ^a	3,30 ^a
T3	13,60 ^a	14,80 ^a	15,80 ^a	2,90 ^a	3,20 ^a	3,40 ^a
T4	13,00 ^a	14,00 ^a	14,50 ^a	3,00 ^a	3,00 ^a	3,40 ^a
T5	11,85 ^a	12,65 ^a	13,60 ^a	1,90 ^a	2,20 ^a	2,60 ^a

T1 (0% AA + 100% AR); T2 (25% AA + 75% AR); T3 (50% AA + 50% AR); T4 (75% AA + 25% AR); T5 (100% AA + 0% AR). Letra diferente indica diferença estatística com base no teste de Tukey (p < 0,05) para dados com distribuição normal e Mann-Whitney (p < 0,05) para distribuição não normal. Fonte: elaborada pelos autores.

DISCUSSÃO

Amburana cearensis

As características morfológicas, como altura de plantas, NuF, massa seca e diâmetro de caule, são bons indicadores para avaliar a qualidade final de mudas. Nesta pesquisa, o aumento do nível da água de reúso nos tratamentos ocasionou aumento significativo em parte das variáveis analisadas de *Amburana cearensis*. Esses resultados alinham-se aos de alguns pesquisadores, tais como Souza *et al.* (2010), que afirmam que as unidades das culturas de mamona (*Ricinus communis* L.) irrigadas com esgoto tratado superaram as irrigadas com água em quase todas as variáveis analisadas; e Brito *et al.* (2018), que, em seus experimentos, verificaram que a aplicação de esgoto tratado indicou que águas de reúso provenientes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos podem ser utilizadas na fertirrigação em viveiros para a produção de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão).

A germinação de 100% das sementes de *A. cearensis* plantadas em todos os tratamentos demonstra que a disponibilidade de água influenciou o processo germinativo, independentemente da fonte nutricional adicionada pelo esgoto tratado. Sabe-se que a água é um fator limitante para a germinação de sementes. Ela interfere na porcentagem, na velocidade e na uniformidade do processo, está associada à mobilização de reservas e à liberação de energia pela respiração, bem como afeta as atividades enzimática e metabólica do processo germinativo (MARCOS FILHO, 2005).

As variações médias dos valores de *A. cearensis* nos tratamentos T2, T3 e T4 para MSF e MSRP são semelhantes às observadas no estudo realizado por Oliveira *et al.* (2013). Os mesmos autores, ao usarem o esgoto doméstico tratado oriundo de um assentamento rural para irrigar a produção de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), observaram que o esgoto tratado gerou efeitos significativos para as variáveis de MSRP, matéria fresca da folha (MFF) e NuF, apresentando melhores resultados para os tratamentos T1 (100% de AR e 0% de AA), T2 (75% de AR e 25% de AA) e T3 (50% de AR e 50% de AA), quando comparado com a irrigação com AA.

Outros pesquisadores também consolidam em seus trabalhos a ideia de uso de esgoto tratado como uma alternativa viável e positiva para fertirrigação: Augusto *et al.* (2007), trabalhando com produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden; Martins (2016), com produção de alface (*Lactuca sativa* L.); Lima (2011), com produção de gergelim (*Sesamum indicum* L.); e Nascimento (2019), com produção de milho (*Pennisetum glaucum* L.). Os efeitos positivos do uso do esgoto tratado se explicam pelas suas características nutricionais, haja vista que o bom aporte nutricional é uma das suas características, influenciando positivamente o estado hídrico e nutricional da planta, incrementando crescimento e produtividade bem como influenciando a qualidade das mudas (LIMA, 2011; MARTINS, 2016; PINTO *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2017; REBOUÇAS *et al.*, 2018).

É importante destacar que o investimento em biomassa favorece o estabelecimento das mudas, e isso ocorreu nas mudas de *A. cearensis* irrigadas com esgoto tratado. Para Gomes (2001), o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes são informações que indicam rusticidade, influenciando positivamente a sobrevivência e o desenvolvimento inicial no campo.

Ao se avaliar os dados de crescimento em diâmetro, observa-se que os resultados de crescimento em diâmetro em relação ao tempo de 90 dias

após semeadura no tratamento T3 apresentaram diferença estatística significativa. Tal atributo é considerado por Gomes *et al.* (2002) um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais. Após 90 dias de experimento, todas as mudas de *A. cearensis* apresentaram diâmetro superior a 3,5 cm, o que indica qualidade da muda, uma vez que Caldeira *et al.* (2008) afirmaram que o diâmetro do colo das mudas plantadas no campo após 90 dias deve ter de 2,2 a 2,5 cm.

Algumas características, como NuF, TRP, MSRS e AMáx, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Tais informações podem ser justificadas pelos resultados de Santos, Silva e Reis (2019), que, ao avaliar a utilização do esgoto tratado no crescimento de espécies arbóreas da caatinga, afirmam que alguns resultados de crescimento e desenvolvimento de espécies irrigadas com ele podem ser obtidos em longo prazo, após as fases de adaptação e fixação das espécies em campo.

Mimosa caesalpinifolia

Quanto ao efeito dos diferentes tratamentos, observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa para a espécie *Mimosa caesalpinifolia* em relação a nenhuma das características funcionais, porém somente no T1 (100% AR) houve germinação de todas as sementes dessa espécie, diminuindo a porcentagem de germinação nos tratamentos seguintes. Tal resultado demonstra que as mudas apresentaram limitação quanto à germinação ao utilizar apenas arisco como substrato.

Resultados semelhantes foram observados ao se avaliar o crescimento das mudas de *M. caesalpinifolia* em 30, 60 e 90 dias. Elas apresentaram menores médias quanto ao crescimento em altura da espécie (CAE) ao se utilizar apenas água de abastecimento (0% AR + 100% AA). Segundo Castro (2007), isso pode ocorrer devido à falta de fontes nutritivas como o nitrogênio e o fósforo, desencadeando um fator de inibição do crescimento das mudas no tratamento sem esgoto tratado. A importância de uma fonte nutritiva para mudas de *M. caesalpinifolia* foi confirmada por Pinheiro *et al.* (2018), que encontraram influências positivas nas variáveis quando as mudas foram plantadas em substratos orgânicos, principalmente esterco bovino e caprino.

Embora os resultados não tenham apresentado diferenças significativas para as características NuF e TRP, de modo geral, é possível notar que apresentaram maior valor médio no tratamento com T3. Tal resultado corrobora o encontrado por Paiva *et al.* (2012), que, ao analisar a influência da aplicação de esgoto doméstico secundário na produção de mudas de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) e de pimentão (*Capsicum annuum* L.), também encontraram resultados significativos quanto ao número de folhas, à altura da planta e ao tamanho da raiz da pimenta irrigada com uma mistura de 50% de água residuária tratada e 50% de AA. O tamanho da raiz pode refletir no desenvolvimento e na maior capacidade de adaptação às condições de campo e na menor mortalidade de plantas por ocasião do transplantio.

Desse modo, percebe-se que o esgoto doméstico oriundo da ETE de Quixadá, utilizado neste experimento, não apresentou nenhum resultado insatisfatório para as espécies analisadas que pudesse prejudicá-las, podendo ser utilizado qualquer um dos tratamentos para a irrigação na produção. Portanto, sugere-se que sejam utilizadas as concentrações do tratamento T1, que apresenta 100% de esgoto tratado na irrigação; dessa forma, é possível diminuir o despejo do esgoto em mananciais, bem como

diminuir o uso de AA na irrigação das mudas, priorizando o uso dessa água para fins mais nobres.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que o esgoto doméstico tratado proporciona efeitos positivos ou neutros no desenvolvimento das mudas de *Amburana cearensis* e *Mimosa caesalpinifolia*. De forma geral, ele é viável para a irrigação de mudas dessas espécies na sua forma diluída

ou concentrada, apresentando-se como fonte hídrica alternativa para a irrigação, além de contribuir para a preservação e a recuperação ambiental.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Silva, B. T.: conceituação, curadoria de dados, análise formal, escrita primeira redação. Silva Jr., F. C. G.: conceituação, curadoria de dados, análise formal, metodologia, supervisão, escrita — revisão e edição. Silva, M. A. M.: conceituação, curadoria de dados, análise formal, metodologia, supervisão, escrita — revisão e edição.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N.; FREITAS, M. O.; NOGUEIRA, N. W.; OLIVEIRA, F. A.; FERREIRA, H.; LEITE, M. S. Production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 6, p. 386-391, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n6p386-391>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012. 1360 p.
- AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. ex. maiden. *Revista Árvore*, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622007000400020>
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; KONIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; TAVARES, T. L.; SOARES, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2007. <https://doi.org/10.5039/agrariav21a392>
- BATISTA, A. A.; DUTRA, I.; CARMO, F. F.; IZIDIO, N. S. C.; BATISTA, R. O. Qualidade dos frutos de mamoeiro produzidos com esgoto doméstico tratado. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 1, p. 70-80, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170008>
- BEZERRA, D. E. L.; LIMA FILHO, P.; PEREIRA JÚNIOR, E. B.; AZEVEDO, P. R. L.; SILVA, E. A. Reúso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no Semiárido brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 14, n. 1, p. 5-11, 2019. <https://doi.org/10.18378/rvadv.v14i1.5942>
- BRITO, R. F.; NETO, M. F.; MORAIS, M. A.; DIAS, N. S.; LIRA, R. B. Use of wastewater in the production of aroeira seedlings. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 3, p. 687-694, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n318rc>
- BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 2, p. 136-143, 2001. <https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v23n2p136-143>
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008. <https://doi.org/10.5380/rsav9i1.9898>
- CASTRO, D. N. *Produção de mudas de Calophyllum brasiliense Cambess. (guanandi) em diferentes recipientes*. 2007, 13 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Soropédica, RJ, 2007.
- CEARÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA). Portaria de nº21, de 21 de fevereiro de 2017. *Diário Oficial do Estado*, série 3, ano IX nº 37.
- COELHO, V. P. M.; ROSA, K. M.; PAIVA, P. E. B.; MOREIRA, E. F. A.; CARVALHO, M. Fertigation and growth regulator on coffee seedling production in tubes. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 4, p. 350-357, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4852148>
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 4, p. 1075-1086, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509824996>
- GOMES, J. M. *Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-PK*. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 26, n. 6, p. 656-664, 2002.
- IBAMA. Portaria nº 37-N de 3 de abril de 1992. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção. *Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- LEMONS, M.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, É. F. E.; LIRA, R. B. Nutritional Evaluation of Forage Cactus Fertigated With Domestic Sewage Effluent. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 2, p. 476-486, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n224rc>
- LIMA, F. V.; PEREIRA, J. R.; ARAÚJO, W. P.; ARAÚJO, V. L.; ALMEIDA, E. S. A. B.; LEITE, A. G. Definição de espaçamentos para o gergelim irrigado. *Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior*, v. 26, n. 1, p. 10-16, 2011.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005. 659 p.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. *Livro vermelho da flora do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.

- MARTINS, L. M. *Cultivares de alface produzidas em três sistemas de produção*. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, MG, 2016.
- MENDONÇA, L. C. A importância do reúso de efluentes de esgotos domésticos tratados na agricultura. In: MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. (Eds.). *Sistemas sustentáveis de esgotos*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2017. p. 291-315.
- NASCIMENTO, J. J. V. R. *Uso de esgoto doméstico na irrigação do milho cultivado com feijão lablab no semiárido brasileiro*. 2019. 66 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2019.
- OLIVEIRA, J. F.; ALVES, S. M. C.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; QUEIROZ, J. L.; LIMA, V. I. A. Avaliação de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. *Agropecuária Científica no Semi-árido*, v. 9, n. 4, p. 46-52, 2013.
- PAIVA, L. A. L.; ALVEZ, S. M. C.; NETO, M. F.; OLIVEIRA, R. B.; OLIVEIRA, J. F. Influência da aplicação de esgoto doméstico secundário na produção de mudas de pimenta malagueta e pimentão. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, p. 1058-1066, 2012.
- PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; DIAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, R. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; VOS, A. C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUETIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAVER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal Of Botany*, v. 61, n. 3, 2013, p.167-234, 2013. https://doi.org/10.1071/BT12225_CO
- PINHEIRO, J. I.; OLIVEIRA, L. S.; SOUSA, A. M.; GARCIA, K. G. V.; LIMA, L. A. Mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Leguminosae: Mimosoideae) cultivadas em substratos orgânicos. *Revista Verde*, v. 13, n. 2, p. 265-269, 2018. <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i2.5632>
- PINTO, J. R. D. S.; FREITAS, R. M. O.; LEITE, T. D. S.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; FERREIRA, H.; LEITE, M. D. S. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 6, p. 519-524, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p519-524>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2016.
- REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G. C. S.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. *Floresta*, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018.
- REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. B. Uso do esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura de melancia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 1, p.155-159, 2005. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v9nsupp155-159>
- LACERDA, P. M.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de *Leucaena leucocephala* (LEUCENA). *SaBios: Revista de Saúde e Biologia*, v. 8, n. 2, p. 81-89, 2013.
- SANTOS, M. E. C.; SILVA, S. S.; REIS, C. F. Utilização de água residuária no crescimento de espécies arbóreas da Caatinga. *Agropecuária Científica no Semi-árido*, v. 15, n. 3, p. 197-199, 2019. <https://doi.org/10.30969/acsav15i3.1176>
- SARAIVA, V. M.; KONIG, A. Productivity purple-elephant-grass irrigated with treated domestic sewage in the semiarid potiguar and its uses. *Holos*, v. 29, n. 1, p. 28-46, 2013. <http://doi.org/10.15628/holos.2013.1251>
- SOUZA, N. C.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F.; SANTOS, A. B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 5, p. 478-484, 2010. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662010000500004>
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Guidelines for Water Reuse*. Technical Report No EPA/625/R-92/004. Washington: USEPA, 1993, Technical Report No EPA/625/R-04/108. Washington: USEPA, 2004, 251 p.

