

Uso do Bioestimulante à Base de Algas Marinhas e Água Residuária de Piscicultura na Produção de Mudanças de Mulungu (*Erythrina Velutina* Willd) em Solo de Área Degradada¹

ANNA PAULA MARQUES CARDOSO²

FABÍOLA GOMES DE CARVALHO³

KARINA RIBEIRO⁴

Resumo

*A água é um recurso natural cada vez mais escasso, principalmente na área agrícola, sendo um fator decisivo para a produção de mudas florestais destinadas à recuperação de áreas degradadas. Ao integrar a aquicultura com a agricultura, a partir do reuso de água residuária de piscicultura torna-se uma estratégia mais sustentável de uso e manutenção dos recursos hídricos, sobretudo para o cultivo de espécies nativas, como o Mulungu (*Erythrina velutina* Willd). O objetivo dessa pesquisa, foi avaliar o uso de bioestimulante à*

1 Use of Marine Algae Biostimulant and Fish Farming Wastewater in the Production of Mulungu Seedlings (*Erythrina Velutina* Willd) in Degraded Area Soil

² Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (EAJ). Atualmente é Mestranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPGUSRN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) e Bolsista da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (PaqTcPB) na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Áreas de interesse: Fruticultura e Recuperação de Áreas Degradadas. E-mail: annaagro2012@gmail.com ORCID: 0000-0002-6494-4882

³ Engenheira Agrônoma e Mestra em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFEPE), Doutora em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Natal Central (CNAT/IFRN). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo. Áreas de interesse: microbiologia do solo, poluição do solo e recuperação de áreas degradadas. E-mail: fabiola.carvalho@ifrn.edu.br ORCID: 0000-0001-6642-3880

⁴ Bióloga pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Mestra e Doutora em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP/UNESP). Atualmente é Docente da Escola Agrícola de Jundiá/Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência nas Áreas de Pesquisa e Extensão direcionadas à Aquicultura Sustentável. Áreas de interesse: recursos pesqueiros e aquicultura, com ênfase em carcinicultura. E-mail: karina.ribeiro@ufrn.br ORCID: 0000-0001-7992-9717

base de algas marinhas e diferentes doses de água residuária de piscicultura na produção de mudas de mulungu em solo de área degradada. O experimento foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2020 na área de experimentação do grupo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Carcinicultura – LABPEC (EAJ/UFRN). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) e para cada bloco do experimento foram aplicados oito tratamentos com quatro repetições, sendo estes correspondentes as combinações entre doses de bioestimulante (0,0 ou 100g) e água residuária de piscicultura (ARP) aplicada na irrigação das plantas na forma concentrada ou diluída com água doce (AD) nas proporções ARP:AD (0:100; 50:50; 75:25 e 100:0). As seguintes variáveis foram analisadas: número de folhas, diâmetro do colo, altura da planta, comprimento da parte radicular, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e massa fresca do sistema radicular. Os resultados demonstraram que a adição do bioestimulante não favoreceu o crescimento das mudas de mulungu. Contudo, os tratamentos irrigados com 50% de água residuária de piscicultura proporcionaram um melhor desenvolvimento das mudas de mulungu sob as condições experimentais avaliadas.

Palavras-chave: *Erythrina velutina* willd. *Lithothaminum*. Reuso. Solo degradado.

Abstract

*Water is an increasingly scarce natural resource, especially in the agricultural area, being a decisive factor in the production of forest seedlings for the recovery of degraded areas. By integrating aquaculture with agriculture, from the reuse of fish farming wastewater, it has been a more sustainable strategy for the use and maintenance of water resources, especially for the cultivation of native species such as Mulungu (*Erythrina velutina* Willd). The objective of this research was to evaluate the use of marine algae-based biostimulants and different doses of fish farming wastewater in the production of mulungu seedlings in degraded area soil. The experiment was conducted from October to December 2020 in the experimentation area of the Research, Teaching and Extension in*

Shrimp Farming group – LABPEC (EAJ/UFRN). A randomized block design (DBC) was used and for each block of the experiment, eight treatments were applied with four replications, corresponding to the combinations between doses of biostimulant (0.0 or 100g) and fish farming wastewater (ARP) applied in the irrigation of plants in concentrated or diluted with sweetwater form in the proportions ARP:AD (0:100; 50:50; 75:25 and 100:0). The following variables were analyzed: number of leaves, stem diameter, plant height, root length, shoot fresh mass, shoot dry mass, root system dry mass and root system fresh mass. The results showed that the addition of the biostimulant did not promote growth in mulungu seedlings. However, treatments irrigated with 50% of fish farm wastewater provided a better development of mulungu seedlings under the experimental conditions evaluated.

Keywords: *Erythrina velutina* willd. *Lithothamnium*. Reuse. Degraded soil.

1 INTRODUÇÃO

Área degradada refere-se a um ambiente que teve suas características originais alteradas, devido às atividades humanas ou aos intensos processos naturais, cujos danos estão além do limite de sua recuperação natural, exigindo, assim, a intervenção do homem para sua recuperação (SAMPAIO et al., 2012). Ao se tentar recuperar uma área degradada é necessário compreender a necessidade de se restaurar a fertilidade do solo, a biodiversidade e o estímulo a dinâmica natural, de forma similar as características perdidas antes do processo de degradação. Por esse motivo, torna-se importante o planejamento de estratégias relacionadas a restauração de áreas degradadas (ALMEIDA et al., 2017).

Nesse cenário, determinadas espécies vegetais, como as leguminosas florestais nativas, ganham importância em função do seu potencial para recuperação de áreas degradadas, podendo ser consideradas como uma alternativa sustentável (CAVALCANTE et

al., 2016), pois apresentam características desejáveis, como crescimento rápido, sistema radicular profuso, tolerância à acidez do solo e a estresse causando temperatura elevada (FRANCO e SOUTO, 1986).

Dentre as espécies florestais indicadas para a revegetação de ambientes degradados da Caatinga, a *Erythrina velutina* Willd., pertencente à família Fabaceae e popularmente conhecida como “mulungu”, tem se destacado por ser uma leguminosa arbórea nativa adaptada à recuperação deste bioma (RIBEIRO, 2012), além de apresentar outros usos, como arborização urbana e indústria farmacêutica (MENEZES et al., 2017).

Em geral, as plantas da família Fabaceae, destacam-se na recuperação de áreas degradadas, uma vez que, atuando em simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, proporcionam condições mais eficientes para o estabelecimento das espécies em campo e recuperação dos solos degradados (PEREIRA et al., 2013).

Ao considerar a implementação de estratégias necessárias à recuperação de áreas degradadas, o reaproveitamento de fontes alternativas de água na produção de mudas e técnicas de fertilização do solo mais sustentáveis, como o uso de bioestimulantes naturais podem ser uma boa opção na recuperação de um ambiente degradado (CORTINA et al., 2011).

O uso de águas residuárias de piscicultura é uma alternativa promissora de reaproveitamento, principalmente pela ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, representando uma excelente opção para regiões que apresentam baixos índices pluviométricos (TODERICH et al., 2008). Em adição, o uso de bioestimulantes pode favorecer a agricultura e silvicultura (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014), contribuindo para melhoria das propriedades físico-químicas do solo, absorção, translocação e aumento de resistência a estresses abióticos pelas plantas, podendo ser usado nas diversas fases do desenvolvimento vegetal, desde a germinação até a maturidade (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014; DU JARDIN, 2015).

Com essa finalidade, o presente estudo tem por objetivo avaliar diferentes doses de água residuária de piscicultura e o uso de

bioestimulante à base de algas marinhas na produção de mudas de mulungu.

2. METODOLOGIA

Nesta seção serão expostos os procedimentos experimentais e o delineamento experimental da pesquisa.

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido de outubro a dezembro de 2020, na área de experimentação do grupo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Carcinicultura – LABPEC no Setor de Aquicultura da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande (UFRN), Campus Macaíba- RN (FIGURA 1). Com as seguintes coordenadas geográficas 5° 53'13 °S de latitude e 35° 21'42W de longitude.



Figura 1 – Vista geral da área de experimentação da área de experimentação e Tanque de Piscicultura, Escola Agrícola de Jundiá, UFRN-EAJ/Macaíba-RN.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento foi retirado de uma área degradada localizada no município de Macaíba-RN em vias de difícil acesso, que devido a um processo de extração para diversos usos, encontra-se sem a camada superficial do solo e a vegetação nativa. Para a caracterização química e física do solo foram coletadas amostras em uma profundidade de 20 cm. Em seguida, foram encaminhadas ao Laboratório de análises de solo, água e planta da Empresa de

Pesquisa em Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) para processamento e análise.

O quadro 1 apresenta os resultados das análises químicas e físicas do solo que seguiram as metodologias propostas pela EMBRAPA (2017), sendo determinados pH em H₂O; H + Al; Ca, Mg, K, Na, Al e P e condutividade elétrica, Soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de troca de cátions efetiva (t), Capacidade de Troca de Cátions Total (T), Porcentagem de Saturação por Bases (V%), Porcentagem de Saturação por Alumínio (m %) e Porcentagem de Sódio trocável (PST %). Na caracterização física foram determinados a granulometria, densidade do solo e determinação da retenção de água no solo, através da determinação da água na capacidade de campo e do ponto de murcha permanente.

Análises químicas									
pH	CE	P	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	
	dS m ⁻¹	mg dm ⁻³							
			cmol _c dm ⁻³						
5,7	0,0065	1	0,63	0,34	0,04	0,07	1,23	0,0	

SB	T	t	V	PST	m
cmol _c dm ⁻³		%			
1,08	2,31	1,08	46,71	1,73	0

Análises físicas						
Densidade global	CC	PMP	Granulometria			Classificação textural
			Areia	Silte	Argila	
kg dm ⁻³	%		g.kg ⁻¹			
1,28	7,07	5,83	717	243	40	Franco Arenoso

Quadro 1 – Caracterização química e física do solo utilizado no estudo.

Fonte: Empresa de Pesquisa em Agropecuária do Rio Grande do Norte (2019).

Espécie vegetal e material propagativo

As sementes de *Erythrina velutina* Willd utilizadas na produção das mudas foram adquiridas através da Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco, promovida pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF).

Produção de mudas

As sementes foram armazenadas em câmara fria com controle de umidade e temperatura até a instalação do experimento. Antes da semeadura, foi realizado a quebra da dormência das sementes através de escarificação mecânica (REIS et al., 2012). Foram semeadas seis sementes diretamente em vasos com capacidade de 10 litros, a 1 cm de profundidade, preenchidos manualmente com solo. A adição de 100g do bioestimulante comercial, a base de algas marinhas (*Lithothamnium sp*) aos tratamentos, seguiu o delineamento experimental estabelecido. Aos 15 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste, deixando uma planta por vaso.

Irrigação do experimento

As mudas de mulungu foram irrigadas com água residuária concentrada ou diluída, proveniente de um tanque com criação de tilápias (FIGURA 2B) do setor de Aquicultura da Escola Agrícola de Jundiaí da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (EAJ/UFRN). Para diluição da água residuária foi utilizada água doce, proveniente do açude localizado na EAJ/UFRN (FIGURA 2A). Durante o período experimental, foram realizadas irrigações diárias até se atingir a capacidade de campo.



Figura 2 – Fontes de água utilizadas na irrigação do experimento: A. Água doce de açude armazenadas em caixas d’água e (B) Água residuária de tanque de piscicultura.

Fonte: Elaboração própria em (2020).

Amostras de água utilizadas no experimento foram coletadas e analisadas quanto às características físico-químicas no Laboratório de

análises de solo, água e planta da Empresa de Pesquisa em Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) seguindo metodologia proposta em APHA (2012). O quadro 2 apresenta os resultados da caracterização físico-química da água residuária de piscicultura e da água do açude utilizadas na irrigação do experimento.

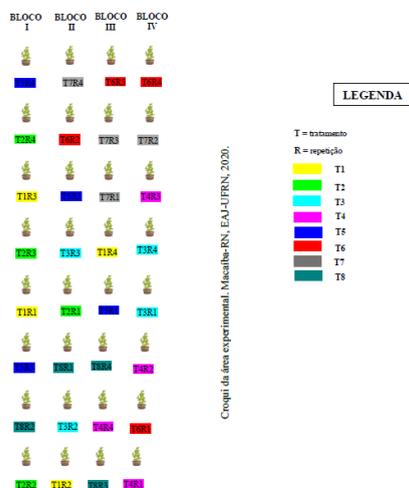
Parâmetro	Unidade	Água de piscicultura	Água do açude
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹ (25°C)	0,485	0,184
pH	-	8,2	6,4
Cálcio	mmol _c /L	1,25	0,15
Magnésio	mmol _c /L	0,44	0,20
Sódio	mmol _c /L	2,37	1,02
Potássio	mmol _c /L	0,67	0,20
Cloreto	mmol _c /L	1,90	1,14
Carbonato	mmol _c /L	0,00	0,00
Bicarbonato	mmol _c /L	2,63	0,45
Relação de adsorção de sódio	(mmol _c /L) ^{1/2}	2,64	2,46
Sulfato	mmol c /L	0,05	0,04

Quadro 2 – Caracterização físico-química do efluente de piscicultura e da água do açude.

Fonte: Empresa de Pesquisa em Agropecuária do Rio Grande do Norte (2021).

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em um delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), em um esquema fatorial 8x4 (FIGURA 3). Os fatores que formaram os tratamentos consistiram nas combinações entre doses de bioestimulante (0,0 ou 100g) e água residuária de piscicultura (ARP) aplicada na irrigação das plantas na forma concentrada ou diluída com água do açude (AD), nas proporções ARP:AD (0:100; 50:50; 75:25 e 100:0).



Cropia da área experimental. Macaíba-RN, EA-UFRN, 2020.

Figura 3 – Delineamento experimental.
Fonte: Elaboração própria em (2019).

A ordem de distribuição dos tratamentos nos blocos foi realizada através de sorteio para garantir a aleatoriedade nos tratamentos, sendo assim representados:

- T1 - 0% de água residuária de piscicultura (sem bioestimulante);
- T2 - 50% de água residuária de piscicultura (sem bioestimulante);
- T3 - 75% de água residuária de piscicultura (sem bioestimulante);
- T4 - 100% de água residuária de piscicultura (sem bioestimulante);
- T5 - 0% de água residuária de piscicultura (com bioestimulante);
- T6 - 50% de água residuária de piscicultura (com bioestimulante);
- T7 - 75% de água residuária de piscicultura (com bioestimulante);
- T8 - 100% de água residuária de piscicultura (com bioestimulante).

Parâmetros vegetais avaliados

Ao fim do experimento (50 dias) foram aferidos os seguintes parâmetros vegetais: número de folhas, diâmetro do colo, altura de plantas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, comprimento do sistema radicular, massa fresca do sistema radicular e a massa seca do sistema radicular, de acordo com a metodologia proposta por Cardoso Neto (2017).

O número de folhas foi avaliado através de contagem manual, partindo-se da folha basal até a última aberta, enquanto o diâmetro do colo foi medido com paquímetro digital, sendo os valores expressos

em mm. A altura das plantas e o comprimento radicular foram mensurados com auxílio de uma régua graduada, sendo os valores obtidos em cm.

Para determinação da matéria fresca, as plantas (parte aérea e sistema radicular) foram retiradas dos vasos, lavadas em água corrente, retirado o excesso de água e pesadas em separado, parte aérea e raízes, em balança de precisão, sendo obtidos assim os pesos de matéria fresca da parte aérea e do sistema radicular com resultados expressos em gramas. Após determinação do peso fresco de raízes de parte aérea, os materiais foram levados a secagem em estufa de ar forçado a 65 °C até obter peso constante. Em seguida, raízes e parte aérea foram pesados em balança de precisão, sendo os resultados expressos em gramas.

Análise estatística

Os dados correspondentes aos resultados do experimento foram tabulados e submetidos à análise de variância, usando-se o software SISVAR, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2011). As médias foram comparadas a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados da análise de variância e das variáveis: número de folhas, diâmetro do colo, altura de plantas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, comprimento do sistema radicular, massa fresca do sistema radicular e a massa seca do sistema radicular. Conforme o resultado da análise de variância (ANOVA) verificou-se efeito significativo na aplicação das diferentes lâminas de água (residuária ou água do açude) ao nível de 1% de probabilidade para as variáveis: diâmetro do colo, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e massa seca da parte aérea. Ao nível de 5% de probabilidade, somente foi identificado efeito significativo para altura das plantas de mulungu.

Para as doses de bioestimulante não houve diferença significativa sobre as características observadas. E na interação entre as lâminas de água e bioestimulante foi possível perceber um efeito ao

Anna Paula Marques Cardoso, Fabíola Gomes de Carvalho, Karina Ribeiro– **Uso do Bioestimulante à Base de Algas Marinhas e Água Residuária de Piscicultura na Produção de Mudas de Mulungu (*Erythrina Velutina* Willd) em Solo de Área Degradada**

nível de 1% de significância nos parâmetros, altura e matéria fresca da raiz (TABELA 1).

Fonte de variação	Quadrado médio								
	GL	NF	DC	ALT	CSR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
Água residuária (AR)	3	1,861 ^{ns}	1,531 ^{**}	16,681 [*]	10,230 ^{ns}	39,905 ^{**}	1,878 ^{**}	1,05 ^{**}	0,018 ^{ns}
R Linear	1	4,980 ^{ns}	1,536 ^{**}	35,77 ^{**}	6,337 ^{ns}	52,475 ^{**}	2,152 ^{**}	1,906 ^{**}	0,049 [*]
R Quad	1	0,004 ^{ns}	2,241 ^{**}	10,293 [*]	21,714 [*]	65,924 ^{**}	0,020 ^{ns}	1,231 [*]	0,0017 ^{ns}
Bioest. (B)	3	0,693 ^{ns}	0,192 ^{ns}	0,814 ^{ns}	10,040 ^{ns}	1,220 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,267 ^{ns}	0,002 ^{ns}
AR x B	3	4,13 ^{ns}	0,356 ^{ns}	11,826 ^{**}	6,991 ^{ns}	7,236 ^{ns}	1,273 ^{**}	0,261 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Resíduo	21	3,051	0,15	1,932	3,550	3,438	0,164	10,002	0,008
CV (%)	-	15,82	8,81	8,00	9,58	16,49	20,22	22,24	29,93

Legenda: ns: não significativo; **: significativo ao nível de 1%; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade. GL: Grau de Liberdade; CV: Coeficiente de variação; ALT: Altura das plantas; DC: Diâmetro do colo; NF: Número de folhas por planta; CPA: Comprimento da parte aérea; CSR: Comprimento do sistema radicular; MFPA: Matéria fresca da parte aérea; MFR: Matéria fresca da raiz; MSPA: Matéria seca da parte aérea; MSR: Matéria seca da raiz.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os quadrados médios das variáveis estudadas.

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Para as variáveis, Diâmetro do Colo, Número de Folhas, Comprimento do Sistema Radicular e Massa seca sistema radicular não houve diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade (TABELA 2).

Tratamentos Ar x B	Variáveis			
	DC (mm)	NF (uni)	CSR (cm)	MSSR (g planta ⁻¹)
0%	4.413 a	11.41 a	20.24 a	0.331 a
50%	4.286 a	10.75 a	18.40 a	0.292 a
75%	4.543 a	11.12 a	20.91 a	0.306 a
100%	4.642 a	10.87 a	19.14 a	0.311 a
CV (%)	8.81	15.82	9.58	29.93

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

Tabela 2 – Diâmetro do colo (DC), Número de folhas por planta (NF), Comprimento do sistema radicular (CSR), Massa seca do sistema radicular (MSSR) nos tratamentos em estudo. UFRN, Macaíba-RN, 2021.

Fonte: Elaboração própria em 2021.

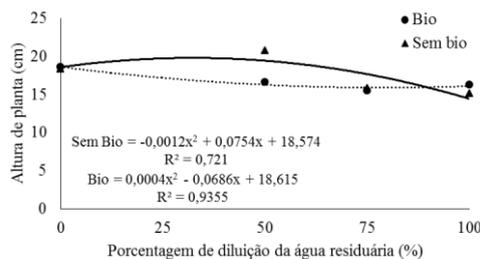
Altura das plantas

Foi possível observar um valor máximo de 20,77 cm de altura para o tratamento irrigado com 50% de água residuária e sem uso do bioestimulante. Por outro lado, houve redução na altura das plantas irrigadas com 50% de água residuária e com uso de bioestimulante (Figura 4).

Dantas et al. (2019) relatam que mudas *Anadenanthera colubrina*, *Erythrina velutina* e *Aspidosperma pyrifolium* irrigadas com água residuária de piscicultura, apresentaram crescimento semelhante ou superior do que aquelas irrigadas com água salobra.

Vale destacar que a partir do incremento das dosagens de água residuária, houve redução no parâmetro altura de plantas, com ou sem o uso do bioestimulante. Este fato pode ter ocorrido devido ao aumento de sais na água, pois segundo Guimarães et al. (2013) há uma redução linear para as variáveis de crescimento de mudas mulungu quando os níveis de salinidade da água de irrigação aumentaram. Em um estudo realizado por Cavalcante et al. (2010) foi constatado que o incremento da salinidade da água de irrigação, independentemente da fonte utilizada, causa uma redução no crescimento das plantas.

Figura 4 - Altura das plantas (cm) em função dos tratamentos com a aplicação de 0, 50, 75 e 100% de água residuária, com ou sem uso de bioestimulante. Macaíba-RN, UFRN/EAJ, 2021.



T1 - 0% de água residuária de piscicultura; T2 - 50% de água residuária de piscicultura; T3 - 75% de água residuária de piscicultura; T4 - 100% de água residuária de piscicultura.

Fonte: Elaboração própria em 2021

Diâmetro do colo

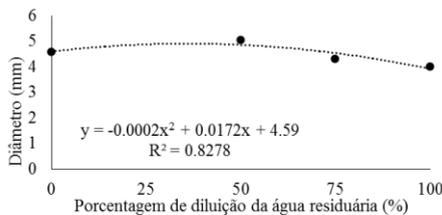
A partir da concentração de 75% de água residuária aplicada (Figura 5A) foi constatada redução no diâmetro das mudas de mulungu, sendo o valor máximo encontrado para o diâmetro do colo de 5,03 mm, referente ao tratamento irrigado com 50% de água residuária. A irrigação com 100% de água residuária, resultou na redução de 20,47% do diâmetro do colo das mudas, sendo 4,00 mm o menor valor observado.

Ao se comparar o diâmetro do colo nos tratamentos com ou sem uso do bioestimulante a base de algas marinhas (*Lithothamnium*), foi observado que nos tratamentos com uso de bioestimulante, houve uma redução de 8,97% na variável analisada (Figura 5B). Este resultado foi inesperado, pois tem sido relatado que a adição de bioestimulantes pode atuar na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como também estimular diretamente sobre toda planta ou parte dela, estimulando no crescimento e desenvolvimento de plantas (OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Souza et al. (2006) e Carneiro (1995), a característica fundamental para o potencial de sobrevivência e crescimento pós-plantio de mudas florestais, é o diâmetro do caule. Assim, plantas com maiores diâmetros apresentam maior capacidade de formação e sobrevivência.

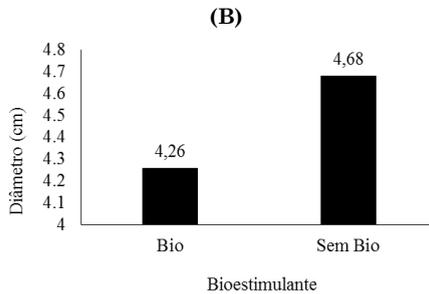
Figura 5 - Diâmetro do colo das plantas (mm) em relação aos tratamentos com a aplicação de 0, 50, 75 e 100% de água residuária (A), com ou sem uso de bioestimulante (B). Macaíba-RN, UFRN/EAJ, 2021.

(A)



T1 - 0% de água residuária de piscicultura; T2 - 50% de água residuária de piscicultura; T3 - 75% de água residuária de piscicultura; T4 - 100% de água residuária de piscicultura.

Fonte: Elaboração própria em 2021.



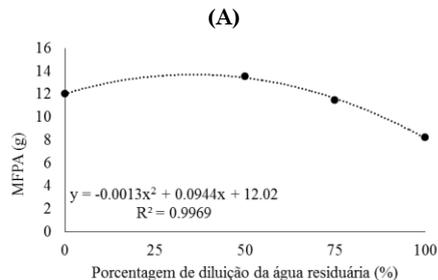
BIO – Com o uso do bioestimulante à base de algas marinhas; SEM BIO – Sem o uso do bioestimulante à base de algas marinhas.

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Massa fresca da parte aérea

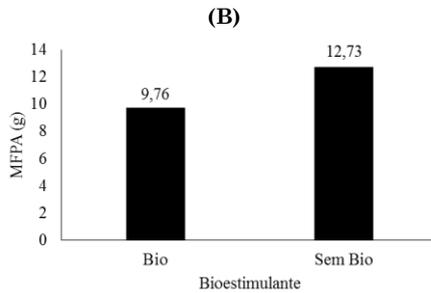
O valor máximo obtido para produção de massa fresca da parte aérea foi observado no tratamento com 50% da água residuária de piscicultura e correspondeu a 13,54g planta⁻¹ (Figura 6A). Uma possível explicação para este resultado é que devido ao aporte de nutrientes essenciais presentes na água residuária de piscicultura e a maior diluição dos sais nos tratamentos com adição de água residuária o crescimento das mudas foi estimulado. Por outro lado, houve redução da produção de massa fresca da parte aérea, quando as mudas foram irrigadas com água residuária a partir de 75%, sendo a maior produção de massa fresca da parte aérea observada nos tratamentos sem o uso do bioestimulante (Figura 6B).

Figura 6 – Massa fresca da parte aérea (MFPA) em (g) em função dos tratamentos com a aplicação de 0, 50, 75 e 100% de água residuária (A), com ou sem uso de bioestimulante (B). Macaíba-RN, UFRN/EAJ, 2021.



T1 - 0% de água residuária de piscicultura; T2 - 50% de água residuária de piscicultura; T3 - 75% de água residuária de piscicultura; T4 - 100% de água residuária de piscicultura.

Fonte: Elaboração própria em 2021.



BIO – Com o uso do bioestimulante à base de algas marinhas; SEM BIO – Sem o uso do bioestimulante à base de algas marinhas.

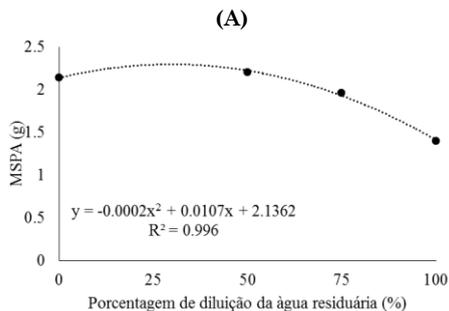
Fonte: Elaboração própria em 2021.

Massa seca da parte aérea

Para produção de massa seca da parte aérea das mudas de mulungu, apresentada na figura 7A é possível visualizar que houve uma redução a partir da aplicação de 75% de água residuária de piscicultura, sendo esta redução, potencialmente intensificada na concentração de 100%, ou seja, demonstra-se que com o aumento da água residuária de piscicultura houve um declínio no parâmetro massa seca da parte aérea.

Estes resultados observados foram semelhantes aos obtidos por Patel et al. (2010), que verificaram redução na biomassa seca de plantas de feijão-caupi sob estresse hídrico salino. Os maiores valores de massa seca da parte aérea foram observados nos tratamentos sem o uso do bioestimulante (figura 7B).

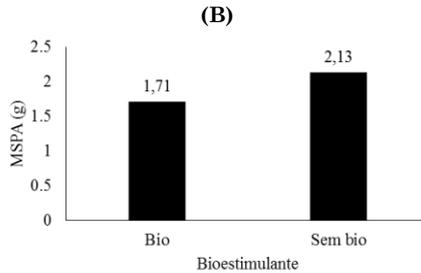
Figura 7 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em (g) em função dos tratamentos com a aplicação de 0, 50, 75 e 100% de água residuária (A), com ou sem uso de bioestimulante (B). Macaíba-RN, UFRN/EAJ, 2021.



Anna Paula Marques Cardoso, Fabíola Gomes de Carvalho, Karina Ribeiro– **Uso do Bioestimulante à Base de Algas Marinhas e Água Residuária de Piscicultura na Produção de Mudanças de Mulungu (*Erythrina Velutina* Willd) em Solo de Área Degradada**

T1 - 0% de água residuária de piscicultura; T2 - 50% de água residuária de piscicultura; T3 - 75% de água residuária de piscicultura; T4 - 100% de água residuária de piscicultura.

Fonte: Elaboração própria em 2021.



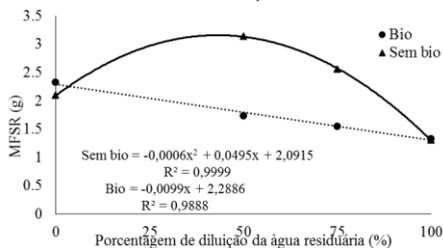
BIO – Com o uso do bioestimulante à base de algas marinhas; SEM BIO – Sem o uso do bioestimulante à base de algas marinhas.

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Massa fresca do sistema radicular

Os resultados referentes a produção de massa fresca do sistema radicular estão apresentados na figura 8. Constatou-se que houve aumento na produção de massa fresca do sistema radicular apenas para os tratamentos sem a presença de bioestimulante e com 50% de água residuária na composição da água da irrigação.

Figura 8 - Massa fresca do sistema radicular (MFSR) em (g) em função em função dos tratamentos com a aplicação de 0, 50, 75 e 100% de água residuária, com ou sem uso de bioestimulante. Macaíba-RN, UFRN/EAJ, 2021.



T1 - 0% de água residuária de piscicultura; T2 - 50% de água residuária de piscicultura; T3 - 75% de água residuária de piscicultura; T4 - 100% de água residuária de piscicultura.

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Um decréscimo da variável resposta foi observado, nos tratamentos com o uso do bioestimulante a partir da irrigação com 50% de água residuária de piscicultura, enquanto nos tratamentos sem o uso do bioestimulante a redução pode ser observada a partir da concentração de 75% de água residuária. Estas observações demonstram que de forma geral, há uma interferência negativa sob o crescimento radicular das mudas de mulungu, proporcional ao incremento das águas residuárias usadas durante a irrigação das mudas, sobretudo quando associadas a presença do bioestimulante.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a cultura do mulungu permitiram concluir que o manejo das plantas com adição do bioestimulante a base de algas marinhas (*Lithothamium*) não favoreceu o crescimento das mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd) em solo de área degradada.

O reaproveitamento de águas residuárias de piscicultura é uma alternativa viável para atender a demanda de água e nutrientes na produção de mudas de espécies florestais, sendo o crescimento das mudas de mulungu favorecido pela diluição em 50% das águas residuárias de piscicultura.

Sugere-se a realização de novos estudos que abordem outras proporções de efluentes de piscicultura para irrigação, assim como de diferentes fontes e dosagens de bioestimulante a base de algas marinhas associadas a outras espécies nativas que apresentem potencial para restauração de áreas degradadas.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPGUSRN) pelo apoio financeiro repassado através de seu programa de auxílio institucional. A Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco e do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF), pela concessão das sementes de mulungu. Ao grupo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Carcinicultura – LABPEC no Setor de Aquicultura da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande (UFRN), Campus Macaíba- RN pela liberação das suas instalações para condução da parte experimental da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Almeida, J. P. N.; Freitas, R. M. O.; Nogueira, N. W.; Oliveira, F. A.; Ferreira, H e Leite, M. S. 2017. Produção de mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke irrigadas com água residuária da piscicultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.21, n.6, pp.386-391. <https://doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v21n6p386-391>.
2. American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington, D.C.: APHA/AWWA/WEF.
3. Calvo, P.; Nelson, L.; Kloepper, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, v. 383, p. 3-41, 2014. de Brasília, Brasília, DF, 1999.
4. Cardoso Neto, R. 2017. Produção de mudas de tamarindeiro irrigado com água residuária da piscicultura e doses de bioestimulantes naturais de algas marinhas. 58f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.
5. Carneiro, J. G. A. 1995. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 451p.
6. Cavalcante, L. F.; Cordeiro, J. C.; Nascimento, J. A. M.; Cavalcante, I. H. L.; Dias, T. J. 2010. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.1281-1290. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4Sup1p1281>.
7. Cavalcante, A. L. G. et al. Desenvolvimento de mudas de Mulungu fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, v. 46, n. 1, p. 47 - 55, jan. / mar. 2016.
8. Cortina, J.; Amat, B.; Castillo, V.; Fuentes, D.; Maestre, F.T.; Padilla, F.M.; Rojo, L. 2011. The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, Trelew, v. 75, n. 12, p. 1377–1384. doi:10.1016/j.jaridenv.2011.08.003.
9. Dantas, B. F.; Ribeiro, R. C.; Oliveira, G. M.; Silva, F. F. S.; Araújo, G. G. L. Biosaline production of seedlings of native species from the Caatinga dry forest. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1551-1567, out./dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831221>
10. Du Jardin, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, v. 196, p. 3-14, 2011.
11. Embrapa. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>. Acesso em 23 fev. 2021.
12. Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistic analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 1782 Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042.
13. Franco, A.A., Souto, S.M. 1986. *Leucaena leucocephala*: uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos Seropódica, RJ: EMBRAPA/UAPNPBS. p.1-6. (Comunicado Técnico, 50).
14. Guimarães, I. P.; Oliveira, F. N. de; Vieira, F. E. R.; Torres, S. B. 2013. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas

Anna Paula Marques Cardoso, Fabíola Gomes de Carvalho, Karina Ribeiro– **Uso do Bioestimulante à Base de Algas Marinhas e Água Residuária de Piscicultura na Produção de Mudanças de Mulungu (*Erythrina Velutina* Willd) em Solo de Área Degradada**

- de mulungu. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, p.137-142. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2360>
15. Menezes, K. A. S.; Escobar I. E. C.; Fraiz A. C. R.; Martins L. M. V.; Fernandes Júnior P. I. 2017. Genetic Variability and Symbiotic Efficiency of *Erythrina velutina* Willd. Root Nodule Bacteria from the Semi-Arid Region in Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. Viçosa, v 41, n.1. <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20160302>.
 16. Oliveira, H. M. de. Bioestimulantes e condicionadores de solo no cultivo de *Physalis peruviana* / Henrique Martins de Oliveira. Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.40 p.
 17. Patel, P. R.; Kajal, S. S.; Patel, V. R.; Patel, V. J.; Khristi, S. M. 2010. Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 22, n. 1, p. 43-48. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202010000100005>
 18. Pereira, S. R.; Laura, S. A.; Souza, A. L. T. 2013. Superação de dormência de sementes como estratégia para restauração florestal de pastagem tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.2, p.148-156. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200004>
 19. Reis, R. C. R.; Dantas, B. F.; Pelacani, C. R. 2012. Mobilização de reservas e germinação de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae - Papilionoideae) sob diferentes potenciais osmóticos. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 34, n. 4, pág. 580-588. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000400008>.
 20. Ribeiro, R. R. C. Tolerância a estresses abióticos em sementes de *Erythrina velutina* Willd, (Leguminosae - Papilionoideae) nativa da Caatinga. 2012. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana.
 21. Sampaio, T. F. et al. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (online), Viçosa – MG, v. 36, n. 5, p. 1637-1645, out/nov. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500028>>. Acesso em: 15 set. 2020.
 22. Souza, C. A. M.; de Oliveira, R. B.; Martins Filho, S.; de Souza Lima, J. S. 2006. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 3, p. 243-249
 23. Toderich, K et al Aproveitamento de resíduos agrícolas e de gado no Uzbequistão. 2008. *Kier Discussion Paper Series*, Kyoto, v. 651.