



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA E AGROPECUÁRIA
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA**

CLÁUDIO FRANCISCO DE SOUZA

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Moringa oleifera* EM FUNÇÃO
DE DOSES DE ESTERCO BOVINO E FERTIRRIGAÇÃO COM URINA HUMANA**

**LAGOA SECA
2020**

CLÁUDIO FRANCISCO DE SOUZA

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Moringa oleifera* EM FUNÇÃO DE DOSES DE ESTERCO BOVINO E FERTIRRIGAÇÃO COM URINA HUMANA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Agroecologia e Agropecuária do Curso de Bacharelado em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Área de concentração: Engenharia Agrícola/Agroecologia/Fisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. D.Sc. Rener Luciano de Souza Ferraz.

Coorientadora: Prof. M.Sc. Patrícia da Silva Costa.

**LAGOA SECA
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S729c Souza, Claudio Francisco de.
Crescimento e qualidade de mudas de Moringa oleifera em função de doses de esterco bovino e fertirrigação com urina humana [manuscrito] / Claudio Francisco de Souza. - 2020.
19 p.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2020.
"Orientação : Prof. Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz ,
Coordenação do Curso de Agroecologia - CCAA."
1. Moringaceae. 2. Fertilizantes orgânicos. 3. Produção de mudas. I. Título

21. ed. CDD 580

CLÁUDIO FRANCISCO DE SOUZA

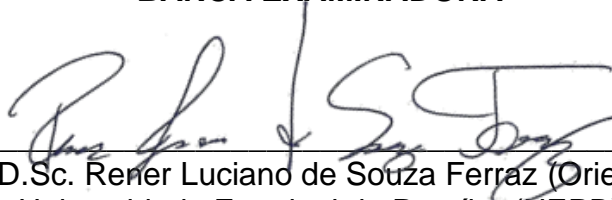
CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Moringa oleifera* EM FUNÇÃO DE
DOSES DE ESTERCO BOVINO E FERTIRRIGAÇÃO COM URINA HUMANA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Agroecologia e Agropecuária do Curso de Bacharelado em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

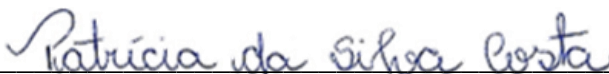
Área de concentração: Engenharia Agrícola/Agroecologia/Fisiologia Vegetal.

Aprovada em: 15/12/2020.

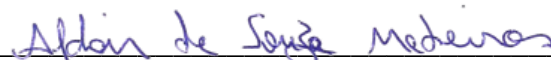
BANCA EXAMINADORA



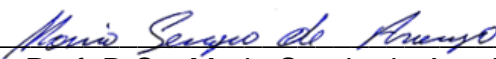
Prof. D.Sc. Rener Luciano de Souza Ferraz (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. M.Sc. Patrícia da Silva Costa (Coorientadora)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. D.Sc. Aldair de Souza Medeiros
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)



Prof. D.Sc. Mario Sergio de Araujo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, por estar em todos os momentos comigo, a minha mãe, esposa, filhos e irmãos, DEDICO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA	7
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	9
4 CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS.....	15

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Moringa oleifera* EM FUNÇÃO DE DOSES DE ESTERCO BOVINO E FERTIRRIGAÇÃO COM URINA HUMANA

GROWTH AND QUALITY OF *Moringa oleifera* SEEDLINGS AS A FUNCTION OF CATTLE MANURE DOSES AND FERTIGATION WITH HUMAN URINE

Cláudio Francisco de Souza*

RESUMO

Atualmente, existe demanda crescente por mudas de *Moringa oleifera* de boa qualidade, o que torna evidente a necessidade do fornecimento adequado de água e nutrientes para sua produção. Neste sentido, objetivou-se avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Moringa oleifera* em função de doses de esterco bovino e fertirrigação com urina humana tratada. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4, com os fatores constituídos de quatro doses de esterco bovino (EB) curtido (0, 8, 16 e 24% m/m) e quatro doses de urina humana (UH) tratada (0, 2, 4 e 6% v/v), com cinco repetições, totalizando 80 parcelas experimentais. Foram realizadas avaliações de crescimento e qualidade das mudas a partir da altura das mudas, diâmetro do caule, número de folíolos, área foliar, matéria seca da raiz e da parte aérea, taxa assimilatória líquida e índice de qualidade de Dickson. O crescimento e a qualidade de mudas de *Moringa oleifera* foram aumentados em função da adubação com esterco bovino e fertirrigação com urina humana, sendo recomendada adição de 24% de esterco bovino ao substrato e fertirrigação com 4% de urina humana durante o período de formação das mudas.

Palavras-chave: Moringaceae. Fertilizantes orgânicos. Produção de mudas.

ABSTRACT

Currently, there is a growing demand for good quality *Moringa oleifera* seedlings, which makes evident the need for an adequate supply of water and nutrients for their production. In this sense, the objective was to evaluate the growth and quality of *Moringa oleifera* seedlings according to doses of bovine manure and fertigation with treated human urine. The experimental design used was completely randomized, in a 4x4 factorial scheme, with the factors consisting of four doses of tanned bovine manure (BM) (0, 8, 16 and 24% m/m) and four doses of treated human urine (HU) (0, 2, 4 and 6% v/v), with five replications, totaling 80 experimental plots. Seedling growth and quality evaluations were carried out from the height of the seedlings, stem diameter, number of leaflets, leaf area, root and shoot dry matter, net assimilation rate and Dickson's quality index. The growth and quality of *Moringa oleifera* seedlings were increased due to fertilization with bovine manure and fertigation with human urine, with the addition of 24% bovine manure to the substrate and fertigation with 4% human urine being recommended during the seedling formation period.

Keywords: Moringaceae. Organic fertilizers. Seedling production.

*Aluno do Curso de Bacharelado em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba – Campus II. E-mail: claudio.wa1975@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais são frequentemente relacionadas às ações antrópicas e têm causado desequilíbrio e vulnerabilidade aos agroecossistemas, sobretudo, em decorrência de eventos climáticos extremos, fato que coloca em risco a produção agrícola e conseqüentemente, a segurança alimentar da crescente população mundial (BUONO, 2021). As alterações no clima provocam eventos de secas prolongadas, que reduzem a produção de alimentos, principalmente, em cultivos sob regime de sequeiro, visto que as secas severas podem limitar ou eliminar a produção das culturas, resultando em quebra de safra e diminuição do abastecimento nos centros de distribuição de alimentos, causando déficits nutricionais e redução de receita da cadeia produtiva (MISHRA et al., 2021).

O cenário supracitado tem impulsionado a comunidade científica a desenvolver estratégias para mitigação dos efeitos negativos causados pelas secas na agricultura. Neste contexto, a opção por culturas com potencial para múltiplos usos e adaptadas aos ambientes com condições climáticas adversas, como por exemplo, a *Moringa oleifera* Lamarck, associada às estratégias de manejo da fertilidade do solo e irrigação, consiste em avanço para otimização da eficiência do uso da terra, aumento de produtividade e garantia da segurança alimentar (AFZAL et al., 2020; GUZMÁN-ALBORES et al., 2020; GRANELLA et al., 2021).

Neste sentido, a *M. oleifera* é uma planta medicinal comestível, usada para combater a desnutrição em diversos países do mundo (Cite alguns exemplos). Suas sementes, raízes, caule, ramos, folhas, flores e frutos podem ser utilizados como alimento funcional com elevados teores de compostos nutricionais (carboidratos, lipídios e proteínas), além de antioxidantes como polifenóis, flavonoides, ácido cítrico (FERNANDES et al., 2021). Suas sementes são utilizadas para tratamento de água com baixo custo, inclusive tem potencial para remoção de pesticidas, corantes e fármacos da água, o que se justifica por sua abundância, biodegradabilidade e não toxicidade (YAMAGUCHI et al., 2021).

. Esterco de animais pode ser utilizado como fertilizante orgânico para melhoria da qualidade do solo e redução das emissões de gases de efeito estufa como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), processo que pode ser otimizado pela mistura de fertilizantes orgânicos como o esterco curtido e fontes de microrganismos benéficos (SHAKOOR et al., 2021).

Combinada ao esterco bovino, a urina humana tratada pode ser utilizada como fertilizante orgânico para melhoria do solo e aumento de produtividade das culturas, uma vez que contém todos os nutrientes essenciais para as plantas (ALEMAYEHU et al., 2020a). A fertirrigação tem sido a opção para aplicação da urina humana como fertilizante em larga escala, embora problemas como presença de patógenos, fármacos e aumento do pH e da salinidade possam ocorrer (ALEMAYEHU et al., 2020b). Uma forma de mitigar estes problemas é o tratamento por meio de armazenamento da urina humana (KRISHNAMOORTHY et al., 2020). No entanto, pesquisas avaliando a combinação desses dois fertilizantes orgânicos na produção de mudas de *M. oleifera* ainda são incipientes. Desse modo, objetivou-se com o presente estudo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *M. oleifera* em função de doses de esterco bovino e fertirrigação com urina humana tratada.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada entre os meses de outubro de 2019 e maio de 2020, no viveiro de produção de mudas do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Lagoa Seca – PB, nas coordenadas de Latitude 7° 09' S, Longitude 35° 52' W e altitude de 634 m. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical úmido), com temperatura média anual de 22 °C, sendo a mínima de 18 e máxima de 33 °C, precipitação pluviométrica de 800 mm e umidade relativa do ar de 80% (SILVA et al., 2020).

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4, com cinco repetições, totalizando 80 parcelas experimentais. Os fatores foram constituídos por adubação com quatro doses de esterco bovino curtido - EB (0, 8, 16 e 24% m/m) e fertirrigação com quatro doses de urina humana tratada - UH (0, 2, 4 e 6% v/v).

O esterco bovino, proveniente do plantel bovino do CCAA/UEPB, foi mantido em repouso durante 90 dias para curtir no viveiro de produção de mudas. Posteriormente, amostras foram coletadas, homogeneizadas, secas e tiveram suas características físico-químicas determinadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2011). Foram constatados teores de cálcio de 5,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, magnésio 2,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, sódio 0,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, capacidade de troca de cátions 11,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, hidrogênio 0,21 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, alumínio 0,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, potássio 974,29 mg dm^{-3} , soma de bases 11,09 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, fósforo 593,03 mg dm^{-3} , potencial hidrogeniônico 7,6 e matéria orgânica de 32,3 g kg^{-1} (SILVA et al., 2019).

A urina humana foi coletada diariamente durante 15 dias (10/11/2019 a 24/11/2019) em uma residência na cidade de Campina Grande, PB, Brasil. A coleta foi realizada diretamente em recipientes com capacidade volumétrica de 2 dm^3 os quais foram mantidos fechados hermeticamente para tratamento por estocagem a partir da digestão anaeróbia durante 146 dias (ARAÚJO et al., 2020). Posteriormente foi realizada análise para determinação de suas características físico-químicas, segundo metodologia preconizada no *Standard Methods for Wastewater* (APHA, 2005), potencial hidrogeniônico de 9,06, condutividade elétrica 35,9 mS cm^{-1} , demanda química de oxigênio 336,54 $\text{mg O}_2 \text{L}^{-1}$, nitrogênio total 5631,5 mg L^{-1} , ortofosfato 425,8 mg L^{-1} , potássio 1222,4 mg L^{-1} , sódio 2031,1 mg L^{-1} e dureza total 26,21 $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$.

O solo utilizado no experimento foi proveniente do açude do CCAA e armazenado no viveiro de produção de mudas. Amostras foram coletadas, homogeneizadas, secas e tiveram suas características físico-químicas determinadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2011). Foram constatados valores de cálcio 3,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, magnésio 1,70 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, sódio 0,35 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, capacidade de troca catiônica 6,47 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, hidrogênio 0,74 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, alumínio 0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, potássio 148,39 mg dm^{-3} , soma de bases 5,73 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, fósforo 105,19 mg dm^{-3} , pH 6,81 e matéria orgânica 10,64 g kg^{-1} .

O solo foi misturado ao esterco nas doses correspondentes a cada tratamento (0, 8, 16 e 24% m/m). Posteriormente, os substratos obtidos da mistura foram acondicionados em sacos de polietileno com capacidade volumétrica de 3 dm^3 e permaneceram incubados durante 150 dias. Na sequência, os substratos foram irrigados com água do açude local (AA) até atingirem umidade na capacidade de campo (CC). A água do açude utilizada para a irrigação foi coletada, acondicionada em recipientes hermeticamente fechados, conduzida ao laboratório e submetida a análise para caracterização físico-química (APHA, 2005). Foi encontrado potencial

hidrogeniônico de 8, condutividade elétrica de 1,27 dS m⁻¹, teor de cálcio de 2,15 meq L⁻¹, magnésio de 2,87 meq L⁻¹, sódio, 6,42 meq L⁻¹, potássio 0,62 meq L⁻¹, carbonatos 1,44 meq L⁻¹, bicarbonatos 3,34 meq L⁻¹, cloretos 7,42 meq L⁻¹, sulfatos foram ausentes e relação de adsorção de sódio (RAS) 4,06.

As sementes de *M. oleifera* foram obtidas de plantas matrizes de três anos cultivadas em solo Franco Arenoso, no campo experimental do Centro de Ciências Humanas e Agrárias (CCHA) da UEPB (PINTO, 2018), localizado no município de Catolé do Rocha, PB, nas coordenadas de 6° 21' de latitude S e 37° 48' de longitude O, em altitude de 250 m, com precipitação pluviométrica média anual de 870 mm e temperatura média de 27 °C (FERRAZ et al., 2012). As sementes foram armazenadas em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) durante cinco meses até a instalação do experimento.

A semeadura foi realizada adotando-se duas sementes por parcela, em profundidade padrão de \cong 3 cm seguindo-se de desbaste aos 15 dias após a semeadura (DAS) para manutenção de uma planta útil por unidade experimental. As parcelas foram irrigadas diariamente com AA para manutenção da CC. Transcorridos 25 DAS, foram iniciadas as fertirrigações com as doses UH em turno de rega de três dias, sendo reposta a água evapotranspirada nos dois dias que antecederam cada evento de irrigação conforme metodologia preconizada por Silva et al. (2020).

Aos 36 e 60 DAS, foram realizadas avaliações de crescimento para determinação da altura das mudas (AMU, cm), diâmetro do caule (DCA, mm), número de folíolos (NFO, unidades por planta), área foliar (AFO, cm²), matéria seca da raiz (MSR, g), matéria seca da parte aérea (MSA, g), taxa assimilatória líquida (TAL, g m⁻¹ dia⁻¹) e índice de qualidade de Dickson (IQD, adimensional).

A AMU foi medida a partir do nível do solo no interior do saco até o meristema apical utilizando-se de régua gradua em mm. O DCA foi medido na base do caule a 2 cm do nível do solo utilizando-se de paquímetro digital. O número de folíolos foi obtido por contagem direta, considerando-se aqueles com comprimento \geq 0,6 cm. Foram realizadas medições de comprimento (C) e largura (L) dos folíolos para determinação da AFO utilizando-se do modelo matemático recomendado por Macário et al. (2020) para *M. oleifera*, em que $AFO = 0,035 + 0,720 * C * L$.

As mudas foram seccionadas em raízes e parte aérea e o material vegetal destas frações acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C durante 72 horas para desidratação até atingir massa constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão (\pm 0,001 g) para determinação da MSR e da MSA.

A TAL foi determinada conforme modelo proposto por Benincasa (2003), em que $TAL = [(MSAn - MSAn-1) / (Tn - Tn-1)] \times [(\ln AFO_n - \ln AFO_{n-1}) / (AFO - AFO_{n-1})]$, onde MSAn é a massa seca da parte aérea acumulada até a avaliação n; MSAn-1 é a massa seca da parte aérea acumulada até a avaliação n-1; Tn é o número de dias após a semeadura, por ocasião da avaliação n; Tn-1 é o número de dias após a semeadura, por ocasião da avaliação n-1; e ln é o logaritmo neperiano. O IDQ foi determinado conforme modelo proposto por Dickson et al. (1960), em que $IDQ = (MSR + MSA) / [(AMU / DCA) + (MAS / MSR)]$.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Atendidos os pressupostos de normalidade, foi realizada análise de variância pelo teste F com 95% de confiança. Para o desdobramento dos graus de liberdade dos fatores foi realizada análise de regressão polinomial.

(BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015). Para realização das análises foi utilizado o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos resultados das análises de variância, verificou-se que o esterco bovino (EB) promoveu mudanças significativas na altura das mudas (AMU), número de folíolos (NFO), área foliar (AFO), matéria seca da parte aérea (MSA) e taxa assimilatória líquida (TAL), enquanto o diâmetro do caule (DCA), a matéria seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) não foram influenciados por este fator. As concentrações de urina humana (UH) afetaram significativamente a AMU, DCA, NFO, AFO, MSA, e TAL, enquanto MSR e IQD não foram influenciados por esse tratamento. Foi verificada ainda, interação significativa entre os tratamentos com EB e UH para as variáveis DCA e TAL (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para crescimento, taxa assimilatória líquida e índice de qualidade de mudas de *M. oleifera* sob adubação com doses de esterco bovino e fertirrigação com doses de urina humana. Lagoa Seca, PB, 2020.

FV	GL	Quadrados Médios			
		AMU	DCA	NFO	AFO
EB	3	664,84**	1,72 ^{ns}	145428,85**	12036326,85**
UH	3	1816,86**	28,50**	451531,38**	17005279,10**
EBxUH	8	80,69 ^{ns}	3,93*	28306,41 ^{ns}	1763315,95 ^{ns}
Resíduo	64	112,70	1,92	33359,39	1616291,96
CV (%)		24,26	15,06	39,91	48,24
		MSR	MSA	TAL	IQD
EB	3	0,97 ^{ns}	17,34**	0,0568**	0,39 ^{ns}
UH	3	2,30 ^{ns}	88,93**	0,0266*	0,02 ^{ns}
EBxUH	8	0,76 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,0292**	0,42 ^{ns}
Resíduo	64	1,34	2,56	0,0096	0,22 ^{ns}
CV (%)		27,03	25,05	59,44	26,99

EB: esterco bovino, UH: urina humana, CV: coeficiente de variação, AMU: altura das mudas, DCA: diâmetro do caule, NFO: número de folíolos, AFO: área foliar, MSR: matéria seca da raiz, MSA: matéria seca da parte aérea, TAL: taxa assimilatória líquida, IQD: índice de qualidade de Dickson, *, ** e ^{ns}: significativo a 1 e 5% e não significativo pelo teste F.

Mudas de *M. oleifera* produzidas em substrato com adubação de EB sob dose de 24%, apresentaram AMU média estimada de 51,9 cm, havendo aumento médio significativo ($P < 0,05$) de 35,2% (13,5 cm) em relação as mudas cultivadas na ausência de esterco (0%), em que apresentavam altura média de 38,4 cm (Figura 1A). Com relação aos tratamentos referentes as aplicações de urina humana, as mudas irrigadas com água sem adição de urina humana tiveram altura média estimada em 30,0 cm, havendo redução significativa ($P < 0,05$) de 69% (20,7 cm) quando a dose estimada de 5% de UH foi aplicada, promovendo altura média de 50,7 cm, seguido de redução para 49,8 cm com a aplicação da dose máxima de 6% de UH (Figura 1B).

De acordo com Pereira et al. (2014), na fase de mudas de espécies arbóreas, a adubação é de fundamental importância para obtenção de mudas mais vigorosas, que possibilitam melhor desenvolvimento após o plantio. Souza et al. (2015) reforçam que, a adubação orgânica em espécies arbóreas consiste em uma prática de manejo eficiente para melhoria das características físicas, químicas e biológicas

do solo, e conseqüentemente, desenvolvimento das mesmas. Esses fatores geram condições favoráveis para produção de mudas de boa qualidade (GUIMARÃES et al., 2006).

Neste sentido, Souza et al. (2015) constataram que doses crescentes de EB influenciaram de forma significativa a produção de mudas de *M. oleifera*, sendo observado o melhor resultado para altura de planta na dose de 864,0 g vaso⁻¹.

Os efeitos benéficos das concentrações de UH até 5% aplicados nas mudas, estão associados aos nutrientes presentes nesse fertilizante orgânico e aproveitado pelas plantas, como por exemplo, o nitrogênio (N), na forma de ureia, o fósforo (P) como ortofosfato e o potássio (K) como íon livre (LOURO et al., 2012).

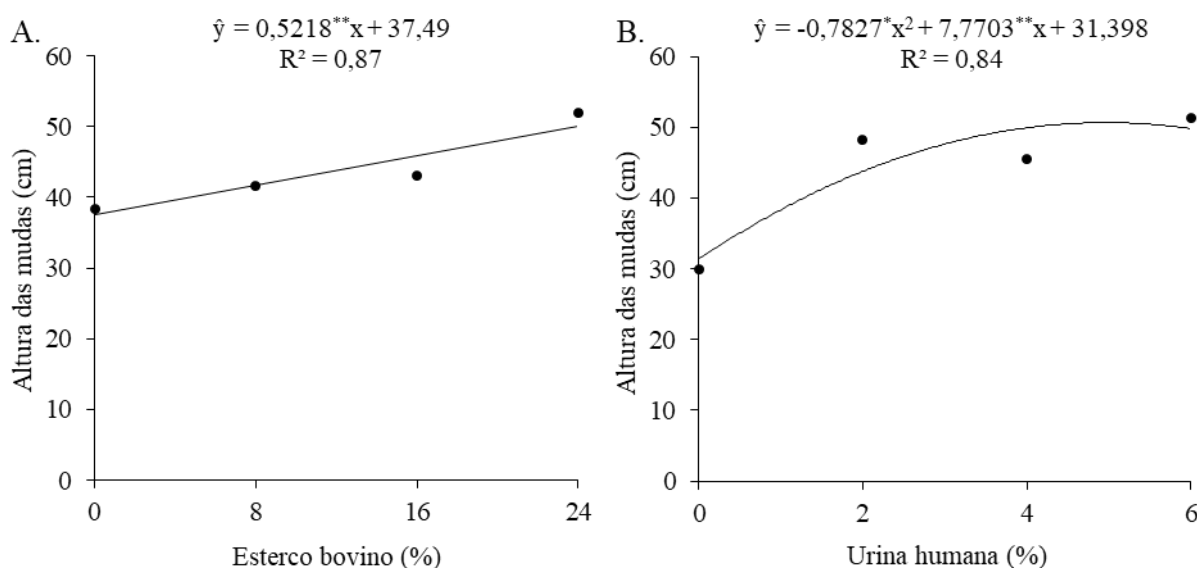


Figura 1. Altura de mudas de *M. oleifera* sob adubação com doses de esterco bovino (A) e fertirrigação com doses de urina humana (B). Lagoa Seca, PB, 2020.

A partir do desdobramento dos efeitos das doses de EB dentro de cada dose de UH, verificou-se que a adubação com EB não promoveu mudanças significativas ($P > 0,05$) no diâmetro do caule das mudas, sendo estimados diâmetros médios de 7,5, 9,6, 9,9 e 10 mm para as doses de 0, 2, 4 e 6% de UH, respectivamente (Figura 2A). No entanto, quando os efeitos das doses de UH foram desdobrados dentro dos efeitos de EB, verificou-se que UH não influenciou o DCA em mudas não adubadas (0%) e adubadas com 8% de EB, com médias estimadas em 9,2 e 9,1 mm, respectivamente. Entretanto, em mudas adubadas com 16% de EB, as doses de UH promoveram aumento médio de 60,4% no DCA quando foram comparados os 6,2 mm obtidos no controle (0% de UH), com 10,9 mm obtidos com a dose estimada de 3,75% de UH, havendo redução para 9,23 mm (15,5%) quando a dose máxima de 6% foi aplicada. Mudas adubadas com 24% de EB tiveram aumento de 53,5% no DCA (11,0 mm) quando foram fertirrigadas com a dose máxima de 6% de UH em relação aos 7,1 mm estimados nas plantas que não receberam UH (Figura 2B).

A ausência de efeito significativo das doses de EB no DCA, possivelmente, ocorreu devido pouco tempo de avaliação, em que a mineralização do fertilizante orgânico não teria ocorrido plenamente, refletindo em baixa liberação de nutrientes e absorção pelas mudas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

Os melhores resultados nas mudas que receberam UH ocorreram devido à presença e ações dos nutrientes nesse fertilizante (principalmente o N), que podem

ser encontrados nas excretas humanas, as quais quando coletadas e submetidas ao tratamento adequado, são fontes seguras de nutrientes (GONÇALVES et al., 2006).

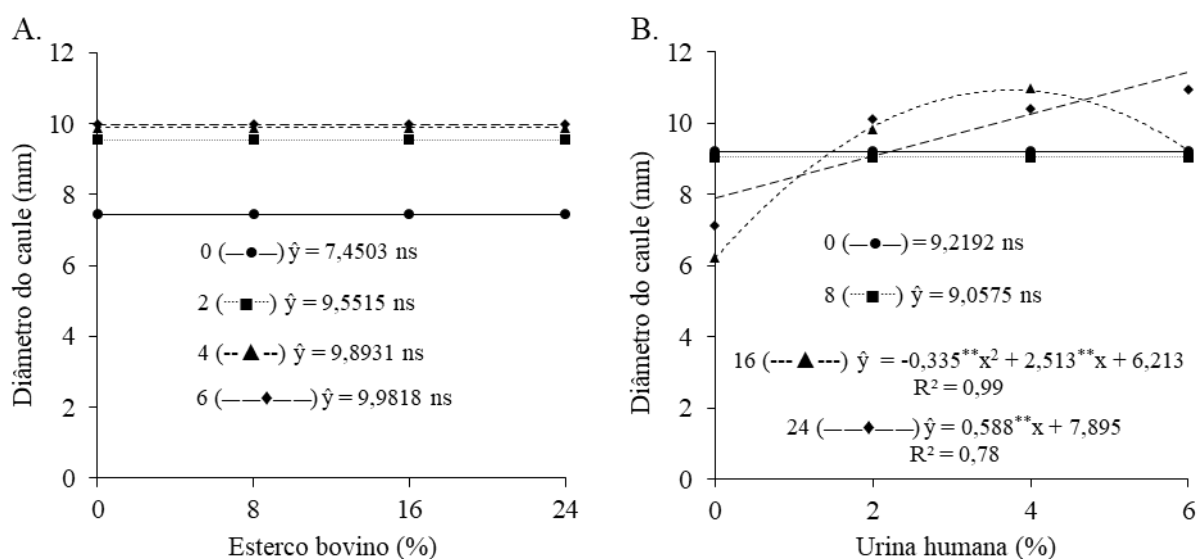


Figura 2. Diâmetro do caule de mudas de *M. oleifera* sob interação da adubação com doses de esterco bovino (A) e fertirrigação com doses de urina humana (B). Lagoa Seca, PB, 2020.

A aplicação de doses crescentes de EB aumentou de forma linear o número de folíolos em mudas de *M. oleifera*, quando sob dose máxima (24%) apresentaram número médio de 568 folíolos, havendo aumento médio significativo ($P < 0,05$) de 53,5% em comparação as mudas cultivadas sem a aplicação de esterco (0%), que apresentavam número médio de 370 folíolos (Figura 3A). Quanto as aplicações de urina humana, as mudas irrigadas com água associada com a dose estimada de 5,2% de urina humana apresentaram em média 572 folíolos, havendo redução significativa ($P < 0,05$) de 58,2% (333 folíolos) quando as mudas foram cultivadas na ausência de UH, as quais obtiveram em média 239 folíolos, mas, por outro lado, reduziu em 1,6% (9 folíolos) com a aplicação da dose máxima de UH (Figura 3B).

Os aumentos do número de folíolos observados com o aumento das doses de EB estão relacionados as ações benéficas desse fertilizante orgânico sobre a estrutura do solo e a liberação lenta e gradual de macro e micronutrientes no solo, os quais foram absorvidos pelas raízes das mudas e utilizados para o crescimento (SETYAWAN et al., 2020).

Em relação ao aumento no número de folíolos até a dose ótima de UH (5,2%) e a redução a partir desta dose, provavelmente, está relacionado a quantidade de fertilizante orgânico fornecido as plantas, em que a dose estimada apresentava quantidade suficiente para que as plantas de moringa expressassem o máximo de desenvolvimento foliar, enquanto que em doses maiores houve excesso de nutrientes fornecidos, causando desequilíbrio nutricional nas plantas, resultando na redução de folíolos (LOURO et al., 2012). A relação de dependência entre número de folíolos em função das concentrações de UH aplicadas nas mudas, pode ser verificada pelo ótimo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,90$).

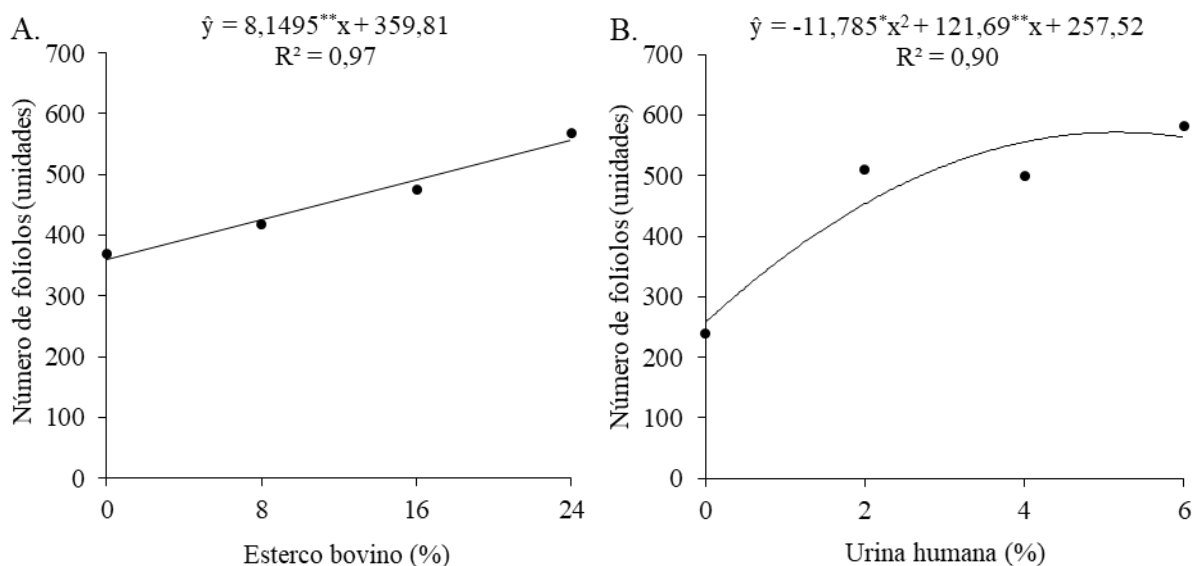


Figura 3. Número de folíolos de mudas de *M. oleifera* sob adubação com doses de esterco bovino (A) e fertirrigação com doses de urina humana (B). Lagoa Seca, PB, 2020.

Nesse estudo a área foliar das mudas de *M. oleifera* aumentou de forma linear com a aplicação das crescentes doses de EB, observando-se na dose 24% AF média de 3.552 cm², com aumento significativo ($P < 0,05$) de 105,8% (1.826 cm²) em comparação as mudas cultivadas na ausência de EB, quando apresentaram AF média de 1.726 cm² (Figura 4A). Avaliando-se os tratamentos referente as aplicações de urina humana, observa-se resposta quadrática, onde as mudas irrigadas com água juntamente com a dose estimada de 4,6% de UH obtiveram AF máxima de 3.317,1 cm², ocorrendo aumento significativo ($P < 0,05$) de 135,4% (1.907,9 cm²) em relação as mudas cultivadas sem aplicação de UH (1.409,2). Em contrapartida, houve redução de 5,2% (172,5 cm²) com a aplicação da dose de UH de 6% (Figura 4B).

A resposta linear das doses de EB sobre a AF das mudas, de certa forma, já era esperada em virtude do aumento crescente do número de folíolos em função da adubação orgânica (Figura 3A). Esse efeito deve-se aos benefícios da utilização de fertilizantes orgânicos como o EB, que melhoram as propriedades do solo e fornecem nutrientes, principalmente, 3% de N, 2% de P e 1% de K para as plantas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009; SETYAWAN et al., 2020).

O efeito quadrático e o alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,86$), denotam que as concentrações de UH promovem acréscimos na AF das mudas até certo limite, que nesse estudo foi de 4,6%, havendo reduções em concentrações maiores, demonstrando o decréscimo no aproveitamento dos nutrientes presentes nesse fertilizante orgânico (VINNERÅS et al., 2004).

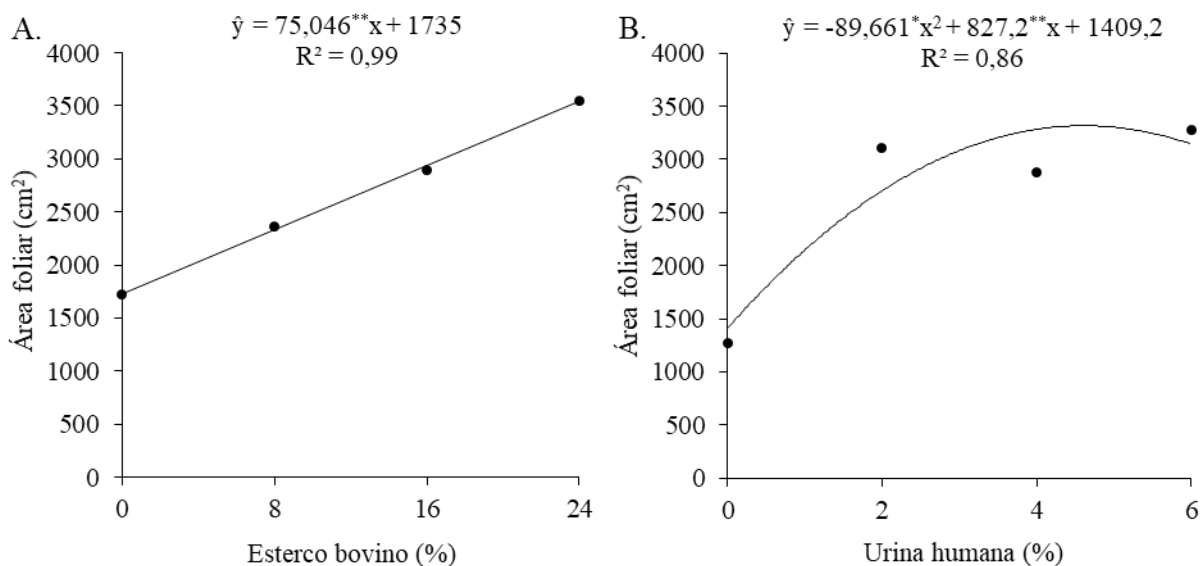


Figura 4. Área foliar de mudas de *M. oleifera* sob adubação com doses de esterco bovino (A) e fertirrigação com doses de urina humana (B). Lagoa Seca, PB, 2020.

A adubação das mudas de *M. oleifera* com esterco bovino promoveu acréscimos lineares significativos ($P < 0,05$) sobre a matéria seca da parte aérea, observando-se produção máxima da MSPA de 8 g sob dose máxima de EB (24%), sendo constatado aumento de 60% em relação as 5 g de MSPA produzida na ausência do adubo orgânico (Figura 5A). Quanto a adição de urina humana na água de irrigação, constatou-se que as mudas apresentaram MSPA máxima sob a dose estimada de 5,4% promovendo produção média estimada de 8 g, havendo aumento significativo ($P < 0,05$) de 128,6% (4,5 g) quando as mudas foram cultivadas sem aplicação da UH (3,5 g), seguido de redução a partir da dose estimada de UH (Figura 5B).

Os resultados positivos das doses de EB sobre a produção de fitomassa das mudas, ratificam as ocorrências desse efeito na AMU (Figura 1A), NFO (Figura 3A) e AF (Figura 4A). Os benefícios do EB sobre essas variáveis indicam um solo melhor estruturado, com fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas, aumento de matéria orgânica, e por consequência, melhorias na infiltração de água, capacidade de troca de cátions (CTC), pH e saturação por bases (HOFFMAN et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2009).

Com relação aos resultados positivos da UH na MSA observado nesse estudo, os mesmos corroboram com aqueles apresentados por Vinnerås et al. (2004), quando relatam que a UH é um fertilizante orgânico que tem potencial para ser utilizado na agricultura, em decorrência das concentrações significativas de nutrientes, que podem complementar e/ou substituir os fertilizantes químicos. Além disso, os nutrientes presentes na UH tem a vantagem de estarem presentes na forma de fácil assimilação pelas plantas (GONÇALVES et al., 2006).

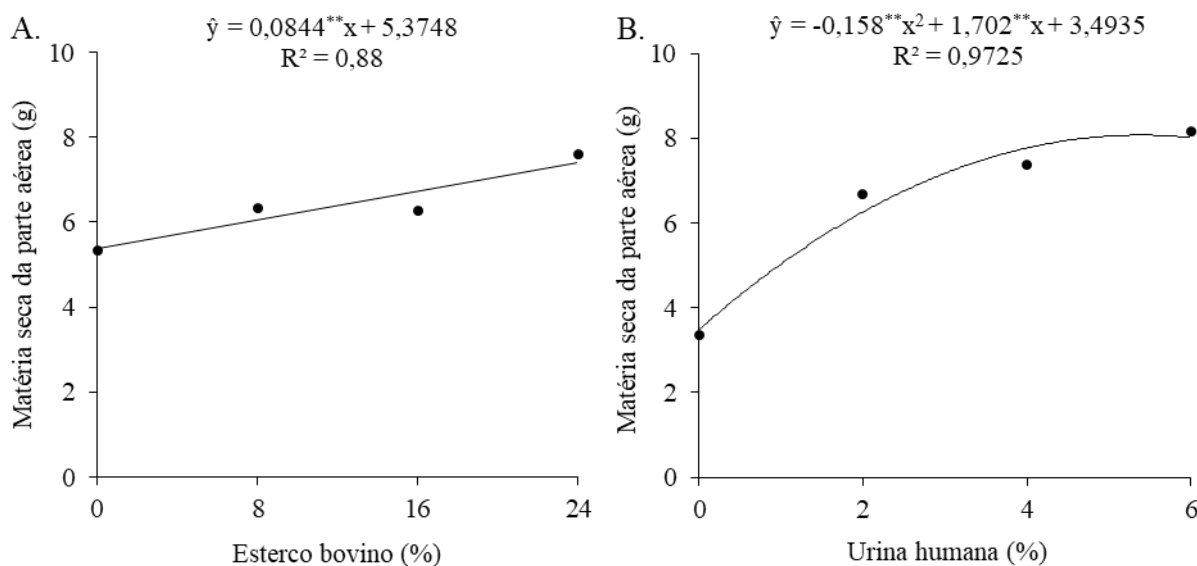


Figura 5. Matéria seca da parte aérea de mudas de *M. oleifera* sob adubação com doses de esterco bovino (A) e fertirrigação com doses de urina humana (B). Lagoa Seca, PB, 2020.

Os resultados do desdobramento dos efeitos das doses de esterco bovino dentro de cada dose de UH, demonstrou que a adubação com EB promoveu efeitos deletéricos significativos ($P < 0,05$) na taxa de assimilação líquida apenas quando as mudas foram cultivadas na ausência de UH, havendo reduções até a dose estimada de 17,8% de EB (Figura 6A). Quando os efeitos das doses de UH foram desdobrados dentro dos efeitos de esterco bovino, foi verificado que a UH influenciou a TAL em mudas não adubadas (0%), em que as doses de UH reduziram a taxa de assimilação até a dose estimada de 4% (Figura 6B).

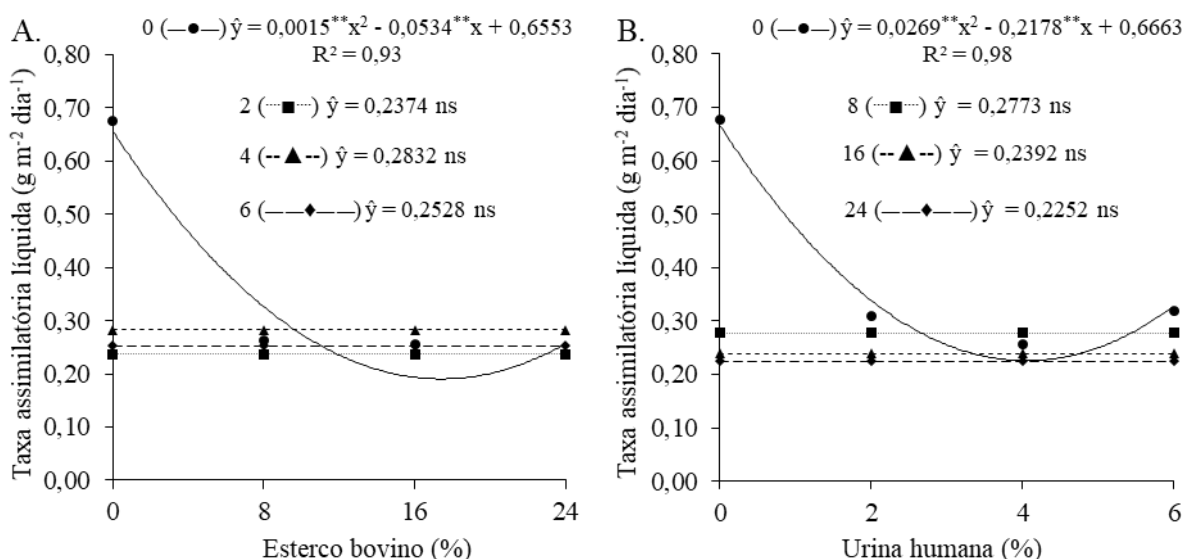


Figura 6. Taxa assimilatória líquida de mudas de *M. oleifera* sob interação da adubação com doses de esterco bovino (A) e fertirrigação com doses de urina humana (B). Lagoa Seca, PB, 2020.

4 CONCLUSÃO

O crescimento e a qualidade de mudas de *Moringa oleifera* foram aumentados em função da adubação com esterco bovino e fertirrigação com urina humana, sendo recomendada adição de 24% de esterco bovino ao substrato e fertirrigação com 4% de urina humana durante o período de formação das mudas.

REFERÊNCIAS

AFZAL, S.; NAWAZ, M. F.; QADIR, I.; GUL, S.; YASIN, G.; AHMAD, I. Variability in leaf mineral composition of *Moringa oleifera* in irrigated plains of Pakistan. **South African Journal of Botany**, v. 129, p. 442-447, 2020.

ALEMAYEHU, Y. A.; ASFAW, S. L.; TERFIE, T. A. Nutrient recovery options from human urine: A choice for large scale application. **Sustainable Production and Consumption**, v. 24, p. 219-231, 2020b.

ALEMAYEHU, Y. A.; DEMOZ, A. A.; DEGEFU, M. A.; GEBREEYESSUS, G. D.; DEMESSIE, S. F. Effect of human urine application on cabbage production and soil characteristics. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, v. 10, p. 262-275, 2020a.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington: APHA, 2005.

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. B. S.; RODRIGUES, A. C. L. Crescimento e proteína bruta de forragem hidropônica de milho fertilizado com urina humana e manipueira. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, p. 721-735, 2020.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação Agronômica & AgroEstat**: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Funep, 2015.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas**: Noções Básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BUONO, D. D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. **Science of The Total Environment**, v. 751, p. e141763, 2021.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of White spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FERNANDES, A.; BANCESSI, A.; PINELA, J.; DIAS, M. I.; LIBERAL, A.; CALHELHA, R. C.; ĆIRIĆ, A.; SOKOVIĆ, M.; CATARINO, L.; FERREIRA, I. C. F. R.; BARROS, L. Nutritional and phytochemical profiles and biological activities of *Moringa oleifera* Lam. edible parts from Guinea-Bissau (West Africa). **Food Chemistry**, v. 341, p. e128229, 2021.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects splitplot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

GONÇALVES, R. F.; ALVES, W. C.; ZANELLA, L. Conservação de Água no Meio Urbano. In: GONÇALVES, R. F. (Ed.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

GRANELLA, S. J.; BECHLIN, T. R.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M.; PAZ, C. H. O. An approach to recent applications of *Moringa oleifera* in the agricultural and biofuel industries. **South African Journal of Botany**, v. 137, p. 110-116, 2021.

GUIMARÃES, M. M. B.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, F. X.; XAVIER, J. F.; LUCENA, A. M. A. Produção de muda de mamoneira em substratos contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizante mineral. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 2006. CD-Rom.

GUZMÁN-ALBORES, J. M.; MONTES-MOLINA, J. A.; CASTAÑÓN-GONZÁLEZ, J. H.; ABUD-ARCHILA, M.; GUTIÉRREZ-MICELI, F. A.; RUÍZ-VALDIVIEZO, V. M. Effect of different vermicompost doses and water stress conditions on plant growth and biochemical profile in medicinal plant, *Moringa oleifera* Lam. **Journal of Environmental Biology**, v. 41, p. 240-246, 2020.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U.B. MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.86, n.3, p.263-275, 2001.

KRISHNAMOORTHY, N.; DEY, B.; ARUNACHALAM, T.; PARAMASIVAN, B. Effect of storage on physicochemical characteristics of urine for phosphate and ammonium recovery as struvite. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 153, p. e105053, 2020.

LOURO, C. A. L.; VOLSCHAN JÚNIOR, I.; ÁVILA, G. M. Sustentabilidade ambiental: Estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. **Sistemas & Gestão**, v.7 p.440-447, 2012.

MACÁRIO, A. P. S.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; BRITO NETO, J. F.; MELO, A. S.; DANTAS NETO, J. Allometric models for estimating *Moringa oleifera* leaflets área. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e005220, 2020.

MISHRA, A.; BRUNO, E.; ZILBERMAN, D. Compound natural and human disasters: Managing drought and COVID-19 to sustain global agriculture and food sectors. **Science of The Total Environment**, v. 754, p. e142210, 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; SOUTO, P. C.; MAIOR JÚNIOR, S. G. S. Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.1, p.125-134, 2009.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Caatinga**, v.22, n.1, p.206-211, 2009.

PEREIRA, K. T. O.; CAVALCANTE, A. L. G.; DANTAS, R. P.; LIMA, L. A.; GOMES, L. P.; OLIVEIRA F. A. Efeito de níveis de fertilizantes na produção de mudas de moringa. In: Inovagri International Meeting, 2., 2014, Fortaleza - CE. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014.

PINTO, M. G. C. **Adubação orgânica no crescimento de plantas, produção de frutos e sistema radicular de *Moringa oleifera* Lam.** 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2018.

SETYAWAN, H.; ROHMIYATI, S. M.; PURBA, J. H. Application of cow manure, urea and npk fertilizer combination on the growth of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq) in pre-nursery. **Agro Bali: Agricultural Journal**, v.3, n.1, p.74-83, 2020.

SHAKOOR, A.; SHAKOOR, S.; REHMAN, A.; ASHRAF, F.; ABDULLAH, M.; SHAHZAD, S. M.; FAROOQ, T. H.; ASHRAF, M.; MANZOOR, M. A.; ALTAF, M. M.; ALTAF, M. A. Effect of animal manure, crop type, climate zone, and soil attributes on greenhouse gas emissions from agricultural soils—A global meta-analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, p. e124019, 2021.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika Trust**, v. 52, p. 591-609, 1965.

SILVA, A. E.; FERRAZ, R. L. S.; SILVA, J. P.; COSTA, P. S.; VIÉGAS, P. R. A.; BRITO NETO, J. F.; MELO, A. S.; MEIRA, K. S.; SOARES, C. S.; MAGALHÃES, I. D.; MEDEIROS, A. S. Microclimate changes, photomorphogenesis and water consumption of *Moringa oleifera* cuttings under different light spectrums and exogenous phytohormone concentrations. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, n.5, p.751-760, 2020.

SILVA, V. F.; BEZERRA, C. V. C.; NASCIMENTO, E. C. S.; FERREIA, T. N. F.; LIMA, V. L. A.; ANDRADE, L. O. Production of chili pepper under organic fertilization and irrigation with treated wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 84-89, 2019.

SOUZA, T. M. A.; SOUSA, T. A.; OLIVEIRA NETO, H. T.; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. A.; MEDEIROS, A. C. Crescimento e desenvolvimento inicial da cultura da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetida à fertilização orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.5 (Especial), p.103-107, 2015.

VINNERÅS, B.; JÖNSSON, H.; SALOMON, E.; STINTZING, A.R. Tentative guidelines for agricultural use of urine and faeces. In: International Symposium on Ecological Sanitation, 2., 2003, Lübeck. **Proceedings...** Lübeck, Germany: GTZ/IWA, 2004. Disponível em: <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9258.htm>.

YAMAGUCHI, N. U.; CUSIOLI, L. F.; QUESADA, H. B.; FERREIRA, M. E. C.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VIEIRA, A. M. S.; GOMES, R. G.; VIEIRA, M. F.; BERGAMASCO, R. A review of *Moringa oleifera* seeds in water treatment: Trends and future challenges. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 147, p. 405-420, 2021.

AGRADECIMENTOS

Ao meu amado Deus que sempre esteve comigo em todos os momentos bons e ruins da minha vida.

À minha esposa Leidy, pela dedicação, força e companheirismo e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

À minha mãe, meus filhos e irmãos, por me ajudarem a seguir nesse objetivo.

Ao meu orientador Rener Ferraz e a minha coorientadora Patrícia Costa, pela confiança e dedicação depositada em mim.

Aos meus amigos de luta Aguinildo, Josean e Deibson, e a todos que de alguma maneira contribuíram para o meu sucesso, a todos um muito obrigado.