



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA
E TERRITÓRIO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INTERDISCIPLINAR EM ENERGIA E
SUSTENTABILIDADE**

**TORTA DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* Lam. NO ENRIQUECIMENTO DE
BIOFERTILIZANTES VIA VERMICOMPOSTAGEM NO DESENVOLVIMENTO
DA RÚCULA (*Eruca sativa*)**

REGINALDO DOS SANTOS ARAÚJO

Foz do Iguaçu
2025

**TORTA DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* Lam. NO ENRIQUECIMENTO DE
BIOFERTILIZANTES VIA VERMICOMPOSTAGEM NO DESENVOLVIMENTO
DA RÚCULA (*Eruca sativa*)**

REGINALDO DOS SANTOS ARAÚJO

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade do Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.

Área de concentração: Energia e Sustentabilidade

Orientadora: Prof.(a) Dra. Caroline da Costa Silva
Gonçalves

Co-orientadora: Prof.(a) Dra. Priscila Ferri
Coldebella

Catálogo elaborado pelo Setor de Tratamento da Informação
Catálogo de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - CENTRAL

A663

Araujo, Reginaldo Dos Santos.

Torta de sementes de Moringa oleifera lam. no enriquecimento de biofertilizantes via vermicompostagem no desenvolvimento da rúcula (Eruca Sativa) / Reginaldo Dos Santos Araujo. - Foz do Iguaçu, 2025.
63 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território. Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu-PR, 2025.

Orientador: Caroline da Costa Silva Gonçalves.

Coorientador: Priscila Ferri Coldebella.

1. Resíduos vegetais - Reaproveitamento. 2. Eisenia foetida. 3. Sustentabilidade. 4. Vermicompostagem. I. Gonçalves, Caroline da Costa Silva. II. Coldebella, Priscila Ferri. III. Título.

CDU 628.473

**TORTA DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* Lam. NO ENRIQUECIMENTO DE
BIOFERTILIZANTES VIA VERMICOMPOSTAGEM NO DESENVOLVIMENTO DA
RÚCULA (*Eruca sativa*)**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade do Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.

Área de concentração: Energia e Sustentabilidade

Orientadora: Prof.(a) Dra. Caroline da Costa Silva Gonçalves

Co-orientadora: Prof.(a) Dra. Priscila Ferri Coldebella

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



CAROLINE DA COSTA SILVA GONCALVES

Data: 05/05/2025 17:23:44-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora: Prof.(a) Dra. Caroline da Costa Silva Gonçalves

UNILA

Documento assinado digitalmente



PRISCILA FERRI COLDEBELLA

Data: 07/05/2025 10:24:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Coorientadora Prof.(a) Dra. Priscila Ferri Coldebella

UNIOESTE

Documento assinado digitalmente



MARCIA REGINA BECKER

Data: 05/05/2025 17:38:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.(a) Dra. Marcia Regina Becker

UNILA

Documento assinado digitalmente



DANGELA MARIA FERNANDES KITAMURA

Data: 07/05/2025 18:24:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.(a) Dra. Dangela Maria Fernandes Kitamura

UTFPR

Dedico este trabalho a todas e todos
que de alguma forma, estiveram comigo
neste caminho curto que chamamos de vida.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço as coincidências da vida e a gloriosa oportunidade de coexistir com todas as maravilhas que nosso espaço/tempo proporciona.

Agradeço o apoio incondicional, a paciência e a tolerância de minha companheira de vida Daiane e meu filho Arthur.

Agradeço a minha mãe pela luta e garra que sempre a fizeram uma das mulheres mais fortes que já conheci.

Agradeço a minhas orientadoras Prof.(a). Caroline e Prof.(a). Priscila, pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Também agradeço as minhas amigas Fernanda e Kayla, que através do apoio e companheirismo, me possibilitaram perceber sonhos que nem sabia que tinha.

As minhas amigas e amigos Melissa, Izabelle, Kathleen, Celso, Sidney, Bruno, Manoel, Guilherme, Juliane, Raphaella e Maria Odete, pelo apoio e cumplicidade.

A Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA, representadas pelas professoras, professores e técnicos administrativos em educação, no apoio ao aluno em suas políticas humanizadas.

Ao Instituto Federal do Paraná -Campus Foz do Iguaçu, por proporcionar condições logísticas que tornaram possível a realização deste trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, por disponibilizar a Central Analítica Multiusuário de Medianeira (CEANMED), para a realização de análises importantes para a finalização deste trabalho.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por fomentar esta pesquisa.

À Banca Examinadora desta defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.

“Vamos precisar de todo mundo
Um mais um é sempre mais que dois
Pra melhor juntar as nossas forças
É só repartir melhor o pão
Recriar o paraíso agora
Para merecer quem vem depois”

(O sal da Terra - Beto Guedes)

ARAUJO, Reginaldo dos Santos, **Torta de sementes de *Moringa oleifera* Lam. no enriquecimento de biofertilizantes via vermicompostagem no desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa*)** 27/02/2025. 63 folhas. Dissertação (Mestrado em Energia e Sustentabilidade) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu.

RESUMO

A *Moringa oleifera* Lam. é valorizada por suas propriedades nutricionais e farmacológicas, sendo suas sementes fonte de óleo de qualidade, cuja extração gera a torta de moringa (TM), um resíduo rico em nutrientes. Buscando estratégias sustentáveis para a gestão de resíduos e uso de fertilizantes orgânicos, este estudo avaliou a viabilidade da TM no enriquecimento de vermicompostos finais (VCF) e substratos no desenvolvimento da *Eruca sativa* (rúcula). Para isso, o estudo foi iniciado com a estabilização da TM através da vermicompostagem (VC), organizado em delineamento inteiramente casualizado contando com 5 tratamentos em triplicata, contendo 4 doses de TM (T1 - 10% de TM, T2 - 5% de TM, T3 - 2,5% de TM T4 - 1% de TM e T5 – 0% de TM.), mesclados com dejetos bovinos (DB), poda arbórea (PA), folha de bananeira (FB) e resíduo de silagem (RS), com razão C/N inicial de 21/1, povoadas com 15 minhocas adultas da espécie *Eisenia foetida* Foram acompanhados os parâmetros físico-químicos, potencial hidrogeniônico, (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico total (COT) e os nutrientes nitrogênio total (NT) fósforo total (PT) e potássio total (KT) e fitotoxicidade através do índice de germinação (IG). Os resultados mostraram não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém ocorreu a estabilização e a mineralização dos resíduos, confirmados através de redução média do pH (8,70%), SV (10,91%), COT (6,06%), razão C/N (22,51%), e elevação média da CE (8,89%) e aumento nos valores dos macronutrientes NT (0,21%), PT (44,88%), somente o KT reduziu (2,11%), IG (90%) indicando ausência de fitotoxicidade. Na avaliação do desempenho dos VCFs via desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa* (rúcula) contando com o índice de qualidade de Dickson (DQI) como parâmetro avaliativo, com delineamento experimental em blocos ao acaso, contando com 6 tratamentos em triplicata (VCF1, VCF2, VCF3, VCF4, VCF5, VCF6 – test.) com 3 diluições de VCF e areia lavada (AL) (100% VCF, 50% VCF + 50% AL e 25% VCF + AL), onde ao final dos 35 dias, os resultados não demonstraram diferenças entre os tratamentos, somente entre as concentrações, onde os ensaios com 100% de VCF obtiveram melhores índices de qualidade de Dickson (DQI). Quanto ao uso da TM *in natura* mesclada ao substrato (VCF6), com delineamento experimental em blocos ao acaso, com 5 tratamentos em triplicata e 4 doses de TM (TMV1 -10% de TM, TMV2 - 5% de TM, TMV3 - 2,5% de TM, TMV4 - 1% de TM e TMV5 - 0% de TM – test.) diluídas em AL (100% de TMV, 50% TMV + 50% AL e 25% de TMV + AL), apresentou resultados que indicaram diferenças significativas entre os tratamentos e as concentrações, apontando o TMV4 – 1% de TM nas concentrações de 50% com melhores resultados. A TM em concentrações de até 10% não afetaram a sobrevivência das minhocas na vermicompostagem, promovendo a estabilização dos resíduos e gerando VCF ricos em NPK. No cultivo de *Eruca sativa* (rúcula), os tratamentos com 100% de VCF apresentaram melhor desempenho agrônômico. Já a TM *in natura* a 10% mostrou fitotoxicidade, enquanto concentrações menores (1%) favoreceram o desenvolvimento da cultura.

Palavras-chave: Aproveitamento de Resíduos, *Eisenia foetida*, Sustentabilidade, Biocomposto.

ARAUJO, Reginaldo dos Santos, **Torta de semillas de *Moringa oleifera* Lam. en el enriquecimiento de biofertilizantes vía vermicompostaje en el desarrollo de la rúcula (*Eruca sativa*)** 27/02/2025. 63 hojas. Disertación (Maestría en Energía y Sustentabilidad) – Universidad Federal de la Integración Latinoamericana, Foz do Iguaçu.

RESUMEN

La *Moringa oleifera* Lam. es valorada por sus propiedades nutricionales y farmacológicas, siendo sus semillas fuente de aceite de calidad, cuya extracción genera la torta de moringa (TM), un residuo rico en nutrientes. Buscando estrategias sostenibles para la gestión de residuos y el uso de fertilizantes orgánicos, este estudio evaluó la viabilidad de la TM en el enriquecimiento de vermicompostos finales (VCF) y sustratos en el desarrollo de *Eruca sativa* (rúcula). Para ello, el estudio se inició con la estabilización de la TM a través del vermicompostaje (VC), organizado en un diseño completamente aleatorizado con 5 tratamientos en triplicado, conteniendo 4 dosis de TM (T1 - 10% de TM, T2 - 5% de TM, T3 - 2,5% de TM, T4 - 1% de TM y T5 - 0% de TM.), mezclados con estiércol bovino (EB), poda arbórea (PA), hoja de plátano (HP) y residuo de ensilaje (RE), con una relación C/N inicial de 21/1, pobladas con 15 lombrices adultas de la especie *Eisenia foetida*. Se acompañaron los parámetros físico-químicos, potencial hidrogeniónico (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos volátiles (SV), carbono orgánico total (COT) y los nutrientes nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y potasio total (KT) y fitotoxicidad a través del índice de germinación (IG). Los resultados mostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, ocurrió la estabilización y la mineralización de los residuos, confirmadas a través de una reducción media del pH (8,70%), SV (10,91%), COT (6,06%), relación C/N (22,51%), y un aumento medio de la CE (8,89%) y aumento en los valores de los macronutrientes NT (0,21%), PT (44,88%), solamente el KT se redujo (2,11%), IG (90%) indicando ausencia de fitotoxicidad. En la evaluación del desempeño de los VCFs vía desarrollo vegetal de *Eruca sativa* (rúcula) contando con el índice de calidad de Dickson (IQD) como parámetro evaluativo, con diseño experimental en bloques al azar, contando con 6 tratamientos en triplicado (VCF1, VCF2, VCF3, VCF4, VCF5, VCF6 – test.) con 3 diluciones de VCF y arena lavada (AL) (100% VCF, 50% VCF + 50% AL y 25% VCF + AL), donde al final de los 35 días, los resultados no demostraron diferencias entre los tratamientos, solamente entre las concentraciones, donde los ensayos con 100% de VCF obtuvieron mejores índices de calidad de Dickson (IQD). En cuanto al uso de la TM *in natura* mezclada al sustrato (VCF6), con diseño experimental en bloques al azar, con 5 tratamientos en triplicado y 4 dosis de TM (TMV1 -10% de TM, TMV2 - 5% de TM, TMV3 - 2,5% de TM, TMV4 - 1% de TM y TMV5 - 0% de TM – test.) diluidas en AL (100% de TMV, 50% TMV + 50% AL y 25% de TMV + AL), presentó resultados que indicaron diferencias significativas entre los tratamientos y las concentraciones, señalando el TMV4 – 1% de TM en las concentraciones de 50% con mejores resultados. La TM en concentraciones de hasta 10% no afectó la supervivencia de las lombrices en el vermicompostaje, promoviendo la estabilización de los residuos y generando VCF ricos en NPK. En el cultivo de *Eruca sativa* (rúcula), los tratamientos con 100% de VCF presentaron mejor desempeño agronómico. Ya la TM *in natura* al 10% mostró fitotoxicidad, mientras que concentraciones menores (1%) favorecieron el desarrollo del cultivo."

Palabras clave: Aprovechamiento de Residuos, *Eisenia foetida*, Sostenibilidad, Biocompuesto.

ARAUJO, Reginaldo dos Santos, *Moringa oleifera* Lam. seed cake in the enrichment of biofertilizers via vermicomposting in the development of arugula (*Eruca sativa*) 02/27/2025. 63 leaves. Dissertation (Master's in Energy and Sustainability) – Federal University of Latin American Integration, Foz do Iguaçu.

ABSTRACT

Moringa oleifera Lam. is valued for its nutritional and pharmacological properties, with its seeds being a source of quality oil, the extraction of which generates moringa cake (MC), a nutrient-rich residue. Seeking sustainable strategies for waste management and the use of organic fertilizers, this study evaluated the viability of MC in the enrichment of final vermicomposts (FVC) and substrates in the development of *Eruca sativa* (arugula). For this purpose, the study was initiated with the stabilization of MC through vermicomposting (VC), organized in a completely randomized design with 5 treatments in triplicate, containing 4 doses of MC (T1 - 10% MC, T2 - 5% MC, T3 - 2.5% MC, T4 - 1% MC and T5 – 0% MC.), mixed with bovine manure (BM), tree pruning (TP), banana leaf (BL) and silage residue (SR), with an initial C/N ratio of 21/1, populated with 15 adult earthworms of the species *Eisenia foetida*. The physicochemical parameters, hydrogenionic potential (pH), electrical conductivity (EC), volatile solids (VS), total organic carbon (TOC) and the nutrients total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and total potassium (TK) and phytotoxicity through the germination index (GI) were monitored. The results showed no significant difference between the treatments, however, stabilization and mineralization of the residues occurred, confirmed by the average reduction of pH (8.70%), VS (10.91%), TOC (6.06%), C/N ratio (22.51%), and average increase in EC (8.89%) and increase in the values of macronutrients TN (0.21%), TP (44.88%), only TK reduced (2.11%), GI (90%) indicating the absence of phytotoxicity. In the evaluation of the performance of FVCs via plant development of *Eruca sativa* (arugula) using the Dickson quality index (DQI) as an evaluative parameter, with an experimental design in randomized blocks, with 6 treatments in triplicate (FVC1, FVC2, FVC3, FVC4, FVC5, FVC6 – test.) with 3 dilutions of FVC and washed sand (WS) (100% FVC, 50% FVC + 50% WS and 25% FVC + WS), where at the end of 35 days, the results did not show differences between the treatments, only between the concentrations, where the assays with 100% FVC obtained better Dickson quality index (DQI). Regarding the use of *in natura* MC mixed with the substrate (FVC6), with an experimental design in randomized blocks, with 5 treatments in triplicate and 4 doses of MC (MCV1 -10% MC, MCV2 - 5% MC, MCV3 - 2.5% MC, MCV4 - 1% MC and MCV5 - 0% MC – test.) diluted in WS (100% MCV, 50% MCV + 50% WS and 25% MCV + WS), presented results that indicated significant differences between the treatments and concentrations, pointing to MCV4 – 1% MC in the 50% concentrations with better results. MC in concentrations up to 10% did not affect the survival of earthworms in vermicomposting, promoting the stabilization of residues and generating FVC rich in NPK. In the cultivation of *Eruca sativa* (arugula), the treatments with 100% FVC showed better agronomic performance. On the other hand, *in natura* MC at 10% showed phytotoxicity, while lower concentrations (1%) favored the development of the crop."

Keywords: Waste Valorization, *Eisenia foetida*, Sustainability, Biocomposite.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Moringa oleifera</i> Lam.	18
Figura 2 - Torta de sementes de moringa e suas aplicações na agricultura	21
Figura 3 - Delineamento dos ensaios experimentais.....	27
Figura 4 - Beneficiamento dos frutos da <i>Moringa oleifera</i>	28
Figura 5 - Obtenção da torta de moringa	29
Figura 6 - Resíduos orgânicos antes da montagem da vermicompostagem	30
Figura 7 - Fluxograma do processo de vermicompostagem	31
Figura 8 - Processo de vermicompostagem	32
Figura 9 - Processo de coleta das amostras durante a vermicompostagem	33
Figura 10 - Análise de fitotoxicidade dos vermicompostos finais.....	34
Figura 11 - Fluxograma do Desenvolvimento Vegetal com torta de moringa <i>in natura</i>	36
Figura 12 - Evolução do pH durante o processo de vermicompostagem.....	39
Figura 13 - Evolução da CE durante o processo de vermicompostagem.....	41
Figura 14 - Fósforo inicial e final	45
Figura 15 - Potássio inicial e final	46
Figura 16 - Índice de germinação.....	47
Figura 17 - Análise integrativa das variáveis no desenvolvimento vegetal com vermicompostos finais (Dim.1 e Dim. 2).....	48
Figura 18 - - Análise integrativa das variáveis no desenvolvimento vegetal com vermicomposto enriquecido com diferentes doses torta de moringa <i>in natura</i>	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos limitantes para a vermicompostagem.....	25
Tabela 2 - Periodicidade dos parâmetros verificados na vermicompostagem.....	33
Tabela 3 - Caracterização dos resíduos orgânicos nas misturas iniciais.....	38
Tabela 4 - Características físico-químicas das misturas iniciais e do vermicomposto final....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características exigidas para fertilizantes orgânicos	23
Quadro 2 - Metodologias para caracterização da TM, MI e VCF	30
Quadro 3 - Proporções dos resíduos utilizados para formar as MI.....	31
Quadro 4 - Classificação quantitativa relativa a fitotoxicidade	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AL	Areia Lavada
C/N	Relação C/N
CE	Condutividade Elétrica
COT	Carbono orgânico total
CV	Coefficiente de variação
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
DQI	Índice de qualidade de Dickson
H	Altura da planta (cm)
IFPR	Instituto Federal do Paraná
IG	Índice de Germinação
IN	Instrução Normativa
kg	Quilograma
Lam.	Lamarck
MS	Massa Seca
mS cm ⁻¹	Milisiemens por centímetro
MI	Mistura Inicial
Nº	Número
NT	Nitrogênio total
pH	Potencial hidrogeniônico
PT	Fósforo total
RAD	relação da altura parte aérea com o diâmetro do colo
RDM	Massa seca de raiz (g)
RPAR	Relação da matéria seca da parte aérea
SD	Diâmetro do colo (cm)
SDM	Massa seca de parte área (g)
SF	Cinzas
SV	Sólidos Voláteis
KT	Potássio total
TM	Torta de moringa
PT	Fósforo total
U	Umidade
VC	Vermicompostagem
VCF	Vermicomposto final
TMVC	Torta de moringa agregada a vermicomposto

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	13
INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 <i>MORINGA OLEIRA LAMARCK</i>	18
2.1.1 Características gerais	18
2.1.2 Principais formas de uso da <i>Moringa oleifera</i>	19
2.1.3 Torta de sementes de Moringa e suas aplicações	20
2.2 PRODUÇÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE ORIGEM AGROINDUSTRIAL.....	21
2.2.1 Regulamentação para o uso de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes	22
2.2.2 Enriquecimento de biofertilizantes com resíduos orgânicos via vermicompostagem.....	23
2.2.3 Parâmetros condicionais na vermicompostagem.....	24
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
4.2 DELINEAMENTO DO TRABALHO.....	27
4.3 OBTENÇÃO DA TORTA DE <i>M. OLEIFERA</i>	28
4.4 TORTA DE MORINGA NO ENRIQUECIMENTO DE VERMICOMPOSTO.....	29
4.4.1 Caracterização dos resíduos.....	29
4.4.2 Produção de vermicomposto enriquecido com torta de moringa	30
4.4.3 Estudo dos vermicompostos	33
4.5 DESENVOLVIMENTO VEGETAL UTILIZANDO OS VERMICOMPOSTOS FINAIS NO ENRIQUECIMENTO DE SUBSTRATOS	35
4.6 DESENVOLVIMENTO VEGETAL USANDO TORTA DE MORINGA <i>IN NATURA</i>	36
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DOS RESÍDUOS	38
5.2 ESTABILIZAÇÃO DA TORTA DE <i>MORINGA</i> E ENRIQUECIMENTO DE VERMICOMPOSTO	38
5.2.1 <i>Evolução do pH durante o processo de vermicompostagem</i>	39
5.2.2 <i>Evolução da CE durante o processo de vermicompostagem</i>	40
5.2.3 <i>Quantificação dos sólidos voláteis</i>	41
5.2.4 <i>Quantificação do carbono orgânico total</i>	42

5.2.5 <i>Quantificação do nitrogênio total</i>	43
5.2.6 <i>Quantificação da razão C/N</i>	44
5.2.7 <i>Quantificação de fósforo total</i>	44
5.2.8 <i>Teste de Fitotoxicidade</i>	46
5.3 DESENVOLVIMENTO VEGETAL DE RÚCULA (<i>ERUCA SATIVA</i>) UTILIZANDO VERMICOMPOSTO FINAL	47
5.4 DESENVOLVIMENTO VEGETAL DA RÚCULA (<i>ERUCA SATIVA</i>) UTILIZANDO TORTA DE DE <i>MORINGA OLEIFERA IN NATURA</i>	49
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53

INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. (MO) é uma espécie nativa da Índia, amplamente distribuída em diversas regiões do mundo, destacando-se por sua relevância econômica e etnobotânica. Possui ampla gama de propriedades nutracêuticas e farmacológicas, com potencial de aplicação em contextos ambientais, energéticos e industriais, sendo considerada uma espécie multiuso (Mahoto *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2018; Prajapati *et al.*, 2022).

Estudos recentes têm evidenciado o potencial da exploração da cultura da *Moringa oleifera* na geração de renda e empregos, especialmente em comunidades rurais de países pertencentes ao sul global, onde a produção e comercialização de seus produtos podem contribuir para o desenvolvimento econômico e social destas regiões (Coelho *et al.*, 2024; Mahoto *et al.*, 2022).

Das amêndoas da *Moringa oleifera* extrai-se um óleo de alta qualidade e de alto valor econômico (Coelho *et al.*, 2024; Gupta *et al.*, 2018; Karadi *et al.*, 2006). O processo de extração do óleo gera um coproduto conhecido como torta de moringa (TM), material que apresenta altos teores de proteínas, carboidratos e minerais, demonstrando potencial para diversas aplicações, como a clarificação de águas residuais e a adubação orgânica de culturas alimentares (Gharsallaha *et al.*, 2023; Rubio *et al.*, 2024; Emmanuel *et al.*, 2011).

Na agricultura, diversos tipos de coprodutos podem ser utilizados para fins sustentáveis, como a adubação orgânica, proporcionando benefícios econômicos e ambientais à produção agrícola. A substituição de fertilizantes sintéticos por biofertilizantes pode contribuir para o equilíbrio dos processos biológicos que ocorrem no solo, favorecendo aspectos ligados a nutrição, conservação e a melhoria das características físico-químicas do solo, promovendo a transição para modelos produtivos mais sustentáveis (Chhetri *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2023; Nogales *et al.*, 2020).

Os biofertilizantes são produtos que contêm princípios ativos e agentes orgânicos, isentos de substâncias sintéticas, favorecendo, direta ou indiretamente, o desenvolvimento das plantas, aumentando a produtividade. Estudos recentes têm demonstrado que a adição de materiais orgânicos, inorgânicos, compostos bioativos e comunidades microbianas específicas, em os processos de estabilização aeróbios, promove o enriquecimento dos biocompostos gerados (Kiehl, 2006; Dal Basco, 2017; Mago *et al.*, 2021).

Nesse contexto, resíduos orgânicos e coprodutos ricos em nutrientes tornam-se recursos valiosos para o enriquecimento de biocompostos, promovendo um gerenciamento

adequado e ecologicamente sustentável. Além disso, a produção de biofertilizantes enriquecidos agrega valor a esses materiais, fornecendo nutrientes essenciais para a produção de alimentos saudáveis (Kumar, Diksha e Kumar, 2022; Kiehl, 2008; Chhetri *et al.*, 2020).

Nesse cenário, o vermicomposto se destaca como um biofertilizante rico em macro e micronutrientes, amplamente utilizado na produção de alimentos. Este biocomposto é produzido por meio da vermicompostagem, uma tecnologia que utiliza a ação de minhocas associadas a microrganismos capazes de degradar matéria orgânica. Esse processo modifica as características físico-químicas dos materiais, promovendo sua estabilização, recuperação de nutrientes e valorização, associado a uma baixa emissão de gases de efeito estufa (Dominguez *et al.*, 2021; Cotta *et al.*, 2015; Rubio *et al.*, 2024).

Para o êxito de processos de estabilização aeróbio como a vermicompostagem, a seleção da espécie de minhoca é crucial. A literatura aponta as espécies epigeias detritívoras como as mais adequadas para tal processo, destacando-se a *Eisenia foetida*, por tolerar diversos materiais orgânicos, facilidade de manejo e alta taxa de reprodução. (Dionisio, 2022; Dominguez *et al.*, 2012; Gómez-Brandón *et al.*, 2023).

A utilização de bioensaios vegetais na avaliação da qualidade de biofertilizantes, se faz necessário, pois, atende exigências de órgãos governamentais reguladores, confirmando os efeitos bioativos característicos dos biocompostos como o vermicomposto (Pittroff *et al.*, 2024; BRASIL, 2020).

A *Eruca sativa* (rúcula) se apresenta como espécie adequada para a realização dos bioensaios vegetais, por se uma hortaliça folhosa com ciclo produtivo curto, entre 20 e 30 dias e possuir relevância econômica significativa para o setor hortifrúti (Bell *et al.*, 2022; Dijkstra *et al.*, 2017 Pagnotta *et al.*, 2022; Bell *et al.*, 2022).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso da torta de moringa estabilizada em processo de vermicompostagem e em sua forma *in natura* no enriquecimento nutricional de substratos para desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa*, contribuindo para a produção de conhecimento científico voltado a ratificar o potencial econômico e socioambiental desta cultura.

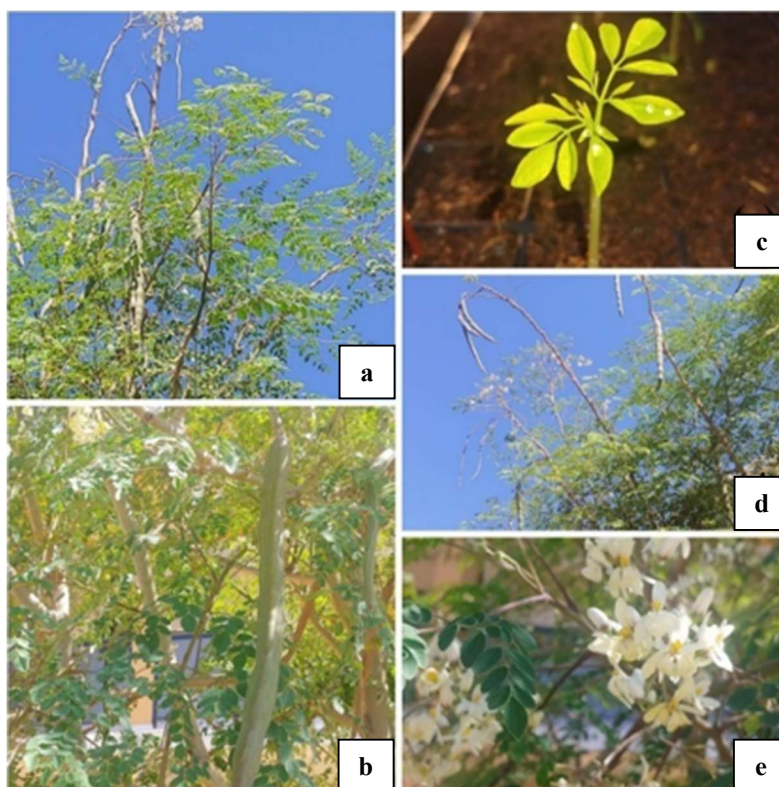
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MORINGA OLEIRA LAMARCK.

2.1.1 Características gerais

A *Moringa oleifera* Lamarck (Figura 1), é uma planta arbórea com apenas uma família, a moringaceae, do gênero “*Moringa*” com 14 espécies catalogadas atualmente (Rathore *et al.*, 2022; Ruiz *et al.*, 2019; Verdcourt, 1985 e Olson, 2002). Possui porte médio, com crescimento rápido, atingindo alturas entre 10 e 12 metros (Arora, Ramawat e Mérillon, 2013; Gupta *et al.*, 2018).

Figura 1 - *Moringa oleifera* Lam.



*(a) - Parte aérea, (b) – Frutos, (c) – Muda de Moringa, (d) – Frutos, (e) – Flores.

Fonte: O autor, 2025

Originária da região ocidental e sub-Himalaia, Índia, Ásia Menor (Arora,

Ramawat e Mérillon, 2013; Gupta *et al.*, 2018; Karadi *et al.*, 2006; Ramachandran, 1980), possui importância etnobotânica registrada na medicina ayurvédica indiana, datada desde 1000 a.C. (Pareek *et al.*, 2023; Tripathi, 1994). Esta planta é reconhecida por diversos nomes, entre eles: “Árvore da Vida”, “Árvore Milagrosa”, Quiabo de Quina, Drumstick (baqueta) e o mais difundido “Moringa”, palavra originária do Malayalam, idioma falado no estado de Kurela, localizado ao sul da Índia (Ramachandran, Peter e Gopalakrishnan, 1980).

Sua distribuição abrange países tropicais, subtropicais e regiões áridas, devido a características relacionadas a adaptabilidade e rusticidade, conseguindo tolerar solos pobres, períodos de estiagem prolongados e climas secos ou temperados (Gupta *et al.*, 2018; Silva e Kerr, 1999). O cultivo da Moringa representa, em algumas regiões, importante estratégia na amenização de problemas socioambientais, atuando como complemento alimentício para populações em situação de vulnerabilidade nutricional (Seifu e Teketay, 2020).

No Brasil, Barbosa *et al.*, (2020); Rodrigues *et al.*, (2016) afirmam que a introdução da moringa se iniciou na década de 1950 como planta ornamental. Contudo existem registros da espécie em terras brasileiras documentadas no museu botânico alemão *Die Botanische Staatssammlung München*, coletadas pelo botânico Carl Friedrich Philipp von Martius, em expedição científica realizada em 1817 (De Moraes *et al.*, 2013; Förther, 1994; Merxmüller, 1969).

Atualmente, a *Moringa oleifera* é encontrada em todo território nacional, no entanto, a região nordeste apresenta maior frequência de áreas cultivadas, tanto para a produção de forragens destinadas à alimentação animal como para a produção de sementes representando fonte alternativa de renda para famílias rurais (Freire *et al.*, 2022; Gualberto *et al.*, 2014).

2.1.2 Principais formas de uso da *Moringa oleifera*

Diversos estudos apontam para as propriedades nutracêuticas, farmacológicas, industriais e ambientais, da Moringa (Makkar. & Becker, 1997; Liu *et al.*, 2018; Prajapati *et al.*, 2022). As folhas são ricas em proteína, aminoácidos, vitaminas e minerais, com propriedades nutricionais apropriadas para alimentação animal e humana. Estudos atuais afirmam que as folhas possuem fitoquímicos e antioxidantes capazes de atuar no controle de diversas doenças, como a diabete, anemia, reumatismo, colites, dores de cabeça,

inchaços, diarreia, inchaço glandular, podendo ser usado como cataplasmas para o tratamento de feridas ou lesões (Mahato *et al.*, 2022; Andrade *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2018).

As raízes proporcionam estabilidade ao solo devido às suas raízes profundas, auxiliando na fixação do nitrogênio. Já as flores são comestíveis, possuindo além de valores nutricionais, propriedades anti-inflamatórias e antibacterianas, funcionando muito bem para formação de flora apícola (Da Silva e Kerr, 1998; Oliveira *et al.*, 2013).

A sementes apresentam moléculas bioativas com funções ligadas ao combate a bactérias, controle de gastrites, febres, doenças de pele e úlceras (Leone *et al.*, 2022; Gharsallah *et al.*, 2023). As sementes trituradas oferecem características interessantes que viabilizam o uso como coagulante no tratamento de águas residuais (Ndabigengesere e Narasiah, 1998; Ribeiro *et al.*, 2019; Mahato *et al.*, 2022; Rubio *et al.*, 2024).

O óleo extraído das sementes possui em torno 70% de ácido oleico, com elevada resistência oxidativa e altos índices de ácidos graxos monoinsaturados, características que tornam a matéria prima excelente para fabricação de biocombustíveis, lubrificantes, fármacos e cosméticos (Seifu e Teketay. 2020; Liu *et al.*, 2018). Após extraído o óleo, gera-se um coproduto chamado de torta de moringa, resíduo que necessita de estabilização e pode ser transformado em recurso valioso para a elaboração de biofertilizantes (Wiltshire *et al.*, 2022; Seifu e Teketay. 2020; Emmanoel *et al.*, 2011).

2.1.3 Torta de sementes de Moringa e suas aplicações

A Torta de Moringa (TM) é um subproduto obtido no processo de extração do óleo contido nas amêndoas, onde aspecto que envolvem rendimento e qualidade nutricional, estão diretamente ligadas a técnica de extração de óleo empregada. A literatura relata que dentre as técnicas de extração mais utilizadas, a prensagem mecânica a frio e o uso de solventes orgânicos como o n-hexano, são as que conseguem obter melhores resultados. Na prensagem, o rendimento de óleo fica em torno de 11,36%, porém, na extração como n-hexano alcança rendimento de 36,42%, restando entre 0,5% e 0,7% do óleo na torta (Hayuningtyas *et al.*, 2024; Abiodun, Adesina e Olusola, 2020; Pereira *et al.*, 2015).

Estudos demonstram que a TM possui aplicabilidade em inúmeros setores produtivos, como no tratamento de efluentes, na fertilização orgânica de culturas alimentares e como agente de controle de pragas e doenças ligadas ao solo (Coelho *et al.*,

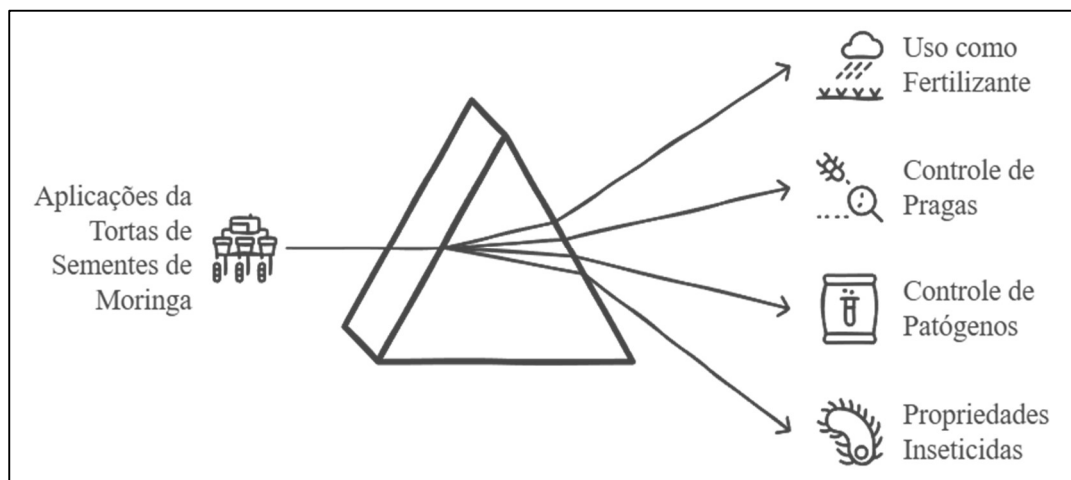
2024; Ortalá *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2020).

Gonçalves Júnior *et al.*, (2012), Saa *et al.*, (2019) e Ortalá *et al.*, (2024), relatam que a TM demonstra propriedades adsorventes capazes de purificação de águas residuais, em acessório, atuando no controle e prevenção doenças em regiões de vulnerabilidade socioeconômica (Zaku *et al.*, 2015; Ortalá *et al.*, 2024 Saa *et al.*, 2019; Ortalá *et al.*, 2024).

A TM pode ser utilizada na agricultura em diversas abordagens práticas (Figura 2). Estudos relatam o valor agrônômico que o material possui para a fertilização orgânica de culturas alimentares. O material disponibiliza nutrientes essenciais como potássio (K), nitrogênio (N), o que colabora para a manutenção de aspectos biológicos do solo e rendimento das culturas (Emmanuel *et al.*, 2011; Coelho *et al.*, 2024).

O uso como inseticidas e fungicidas também são descritos em outros estudos, onde extratos purificados das sementes, demonstraram eficácia no controle de patógenos de plantas e do solo. (Sousa *et al.*, 2020; Coelho, Pereira e Tavares, 2024). Além disso, as lectinas purificadas da torta apresentaram efeitos inseticidas em larvas, ovos e oviposição de *Aedes aegypti*, o mosquito vetor da dengue, chikungunya e zika (De Oliveira *et al.*, 2016).

Figura 2 - Torta de sementes de moringa e suas aplicações na agricultura



Fonte: O autor, 2025

2.2 PRODUÇÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE ORIGEM AGROINDUSTRIAL

O setor agroindustrial produz inúmeros tipos de resíduos sólidos, com isso, o gerenciamento dos mesmos, representa grande desafio para governos e sociedade (Arora *et al.*,

2023). Alguns resíduos podem ser usados, em sua forma *in natura* na fertilização orgânica de culturas alimentares, no entanto, outros, necessitam passar por um tratamento de estabilização antes de serem utilizados ou descartados (Arora *et al.*, 2023; Kiehl *et al.*, 2008).

A adubação orgânica é caracterizada pelo uso de materiais de origem vegetal, animal e agroindustrial, *in natura* ou resultado de processos de estabilização (Gaete *et al.*, 2020; Saraiva *et al.*, 2018). Esses materiais são ricos em carbono orgânico degradável, capazes de proporcionar melhorias nas estruturas físico-químicas do solo, reduzindo custos de produção e potencializando o desenvolvimento vegetal, com isso, auxiliando na produção de alimentos de forma sustentável (Trani *et al.*, 2013; Nogaroli *et al.*, 2023).

2.2.1 Regulamentação para o uso de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes

No objetivo de regular e fiscalizar a produção, estabilização e destinação final de resíduos sólidos, o Governo Federal instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através do Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022 que regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022). Tal legislação, normatiza aspectos que abrangem a classificação dos resíduos gerados pelas atividades produtivas e domésticas, recomendando a não geração, redução, reciclagem, reuso e estabilização dos resíduos, prevendo sanções legais ao descumprimento das mesmas (Santiago *et al.*, 2023; BRASIL, 2022, Art. 30).

A Instrução Normativa (IN) Nº 61 de 8 de julho de 2020, estabelece as normas e regras a respeito das exigências, especificações, tolerâncias, e garantias, dos fertilizantes orgânicos e biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2020). Segundo a mesma IN, os fertilizantes orgânicos são classificados em:

I - Classe “A”: produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II - Classe “B”: produto que utiliza, em sua produção, quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Parágrafo único. Podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de fertilizante orgânico Classe “A”, os resíduos provenientes de serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, desde que estes serviços contemplem a segregação na fonte geradora e a coleta diferenciada de resíduos em, no mínimo, três frações: resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e rejeitos, evitando qualquer tipo de contaminação sanitária (Brasil 2020).

A IN também estabelece os teores mínimos de nutrientes (Quadro 1) presentes nos produtos comercializados destinados a fertilização agrícola.

Quadro 1 - Características exigidas para fertilizantes orgânicos

Fertilizante simples sólido	UMáx. (%)	pH	C min. (%)	N min. (%)
Humos de minhoca (Vermicomposto)	50	≥ 6,00	10	0,5
Estercos e camas	40		20	1
Tortas e farelos vegetais			30	5

*U - Umidade, pH - Potencial hidrogeniônico, C - Carbono, N- Nitrogênio.

Fonte: Adaptado da IN Nº 61 de 8 de julho de 2020 (Brasil, 2020).

O emprego de técnicas de estabilização como a vermicompostagem, podem trazer inúmeros benefícios sociais, ambientais e econômicos (Do Nascimento *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2018), pois, a produção de vermicompostos, gerado a partir da degradação de resíduos orgânicos utilizando minhocas, resulta em biocompostos ricos e nutrientes, agregando valor aos resíduos, contribuindo para a sustentabilidade da atividade produtiva e a mitigação dos impactos ambientais (Gontard *et al.* 2019; Dal Basco, 2017; BRASIL, 2022).

2.2.2 Enriquecimento de biofertilizantes com resíduos orgânicos via vermicompostagem

A utilização de resíduos orgânicos no enriquecimento de biofertilizantes, representa estratégia importante que contribui na promoção de práticas agrícolas sustentáveis,

incentivando a valoração dos resíduos, assumindo perfis voltados a economia circular e bioeconomia (Dobre Batista *et al.*, 2022; Bhunia *et al.*, 2021). Ambientado a isso, tecnologias de estabilização aeróbia como a vermicompostagem, se destacam pela produção de biocompostos com alto valor agrônômico, capazes de substituir ou suplementar as fertilizações sintéticas (Kumar *et al.*, 2023; Kumar, Diksha e Kumar, 2022).

A valorização dos resíduos através do enriquecimento de biocompostos, proporciona diversas vantagens, dentre elas se destaca a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado (Rubio *et al.*, 2024; Dal Bosco, 2017), promoção da saúde do solo através da utilização de adubação orgânica (Kiehl, 2008; Dionisio, 2021) e a redução da dependência a fertilizantes sintéticos (Bhunia *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2022).

Diversos tipos de resíduos e/ou coprodutos podem ser utilizados em processos de estabilização aeróbio, via vermicompostagem, objetivando o enriquecimento nutricional de biocompostos resultantes (Kiehl, 2008; Cotta *et al.*, 2015; Dionisio, 2021). Estudos anteriores que trabalharam com diversos resíduos como o dejetos bovino (Da Silva *et al.*, 2023), restos de culturas agrícolas (Mago *et al.*, 2021), lodo de esgoto doméstico (Silva *et al.*, 2011), podas arbóreas urbanas (Pereira *et al.*, 2023) e resíduos do beneficiamento de couro animal (Malafaia *et al.*, 2015), evidenciaram que este processo promove a estabilização de resíduos orgânicos com cargas tóxicas, gerando vermicomposto seguros para o uso na fertilização orgânica e rico em nutrientes (Dominguez *et al.*, 2012; Cotta *et al.*, 2015; Dionisio, 2021).

A utilização do vermicomposto na adubação orgânica de culturas alimentares possibilita vantagens interessantes para a atividade produtiva, pois é um composto rico em nutrientes, microrganismos benéficos e substâncias húmicas, propiciando condições favoráveis para a nutrição do solo e para o desenvolvimento de plantas (Elezabethrani *et al.*, 2023; Gong *et al.*, 2023). Estudos recentes associam o uso do vermicomposto a melhoras na estrutura do solo, aeração, capacidade de retenção de água e fertilidade (Velmurugan e Annamalai, 2022; Bhunia *et al.*, 2021).

2.2.3 Parâmetros condicionais na vermicompostagem

O desenvolvimento da vermicompostagem depende de processos complexos, onde a interação harmoniosa entre inúmeros fatores (diversidade de matérias

primas, manejo, espécie de minhocas, parâmetros de sobrevivência das minhocas) garante a obtenção de biocomposto rico em nutrientes e livre de substâncias fitotóxicas. Neste cenário, a caracterização, acompanhamento e controle são ações imprescindíveis para alcançar êxito na vermicompostagem (Pramanik *et al.*, 2007; Dionisio, 2021; Lourenço, 2014; Pereira *et al.*, 2022).

A diversidade de resíduos orgânicos favorece as interações físico-químicas dos materiais, proporcionando ambiente favorável para o desenvolvimento das minhocas e microrganismos que atuam na degradação da matéria orgânica (Bhunja *et al.*, 2021; Lourenço, 2014; Cotta *et al.*, 2015). Parâmetros ligados a umidade, razão carbono orgânico/nitrogênio, condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH), auxiliam na determinação das proporções dos resíduos iniciais, garantindo energia suficiente para a manutenção e reprodução da população endofítica contidas nas misturas iniciais (Dionisio, 2021; Pereira *et al.*, 2022; Rubio *et al.*, 2024; Carmo e Silva, 2012).

Outro fator importante é a escolha da espécie de minhocas que povoará as misturas iniciais. Inúmeros estudos indicam a *Eisenia foetida* como uma das espécies mais adequadas para a vermicompostagem, por possuir características que favorecem a degradação de resíduos orgânicos, porém, é necessário a verificação e manutenção de alguns parâmetros que limitam a sobrevivência e reprodução dessas minhocas (Dominguez *et al.*, 2012; Kauser e Khwairakpam, 2022; Lourenço, 2014).

Na Tabela 1, estão discriminados os parâmetros mínimos e máximos necessários para a manutenção equilibrada do processo de vermicompostagem, limites estes que irão garantir a sobrevivência das minhocas e microrganismos e a produção de vermicomposto de alta qualidade.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos limitantes para a vermicompostagem

Parâmetro	Nível		
	Ótimo	Adequado	Crítico
Umidade (%)	85	70 - 90	<70 e >90
Razão C/N	20/1 – 24/1	15/1 – 35/1	<15/1 e >35/1
Condutividade Elétrica (mScm ⁻¹)	2500	3000	>8000
Potencial hidrogeniônico (pH)	6,5 – 7,5	6,0 – 8,0	<4,5 e >8,5

Fonte: Adaptado de Dionisio (2021); Edwards *et al.*, (2022).

Relacionado a qualidade do vermicomposto, é definida através de características físicas, químicas e biológicas (Pramanik *et al.*, 2007; Lirikum *et al.*, 2022). Para tanto, parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica, razão carbono/nitrogênio, macrominerais (NPK), devem apontar valores de acordo com legislação vigente e recomendações agronômicas específicas (BRASIL, 2020, Keihl, 2008, Dal Basco, 2017).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade do uso da torta de *Moringa oleifera* no processo de vermicompostagem e *in natura* para enriquecimento nutricional de substratos para desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa* (rúcula).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o uso de torta de moringa em processo de vermicompostagem;
- Caracterizar propriedades físico-químicas dos vermicompostos com e sem torta de moringa;
- Verificar a disponibilidade de NPK nos vermicompostos com e sem torta de moringa;
- Avaliar a utilização de substratos enriquecidos com vermicomposto com e sem torta de moringa no desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa* (rúcula);
- Avaliar a utilização de substratos enriquecidos com torta de moringa *in natura* e vermicomposto no desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa*.

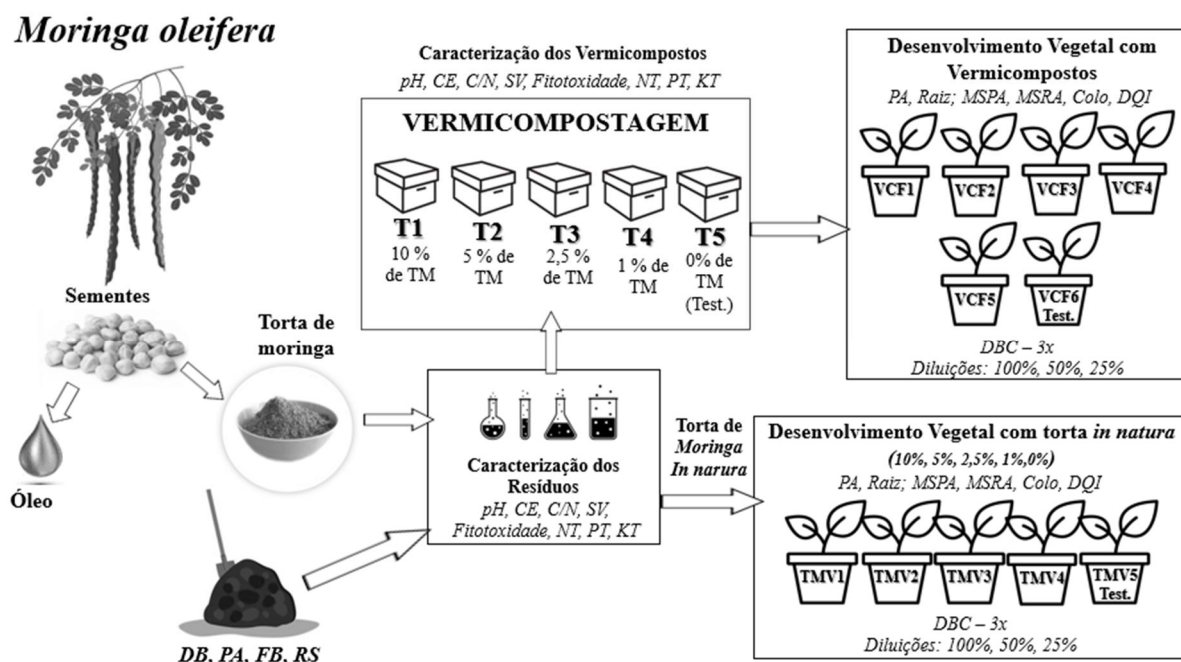
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A parte experimental da pesquisa, vermicompostagem, caracterização dos vermicompostos finais e o desenvolvimento vegetal, foram realizadas nas dependências do Instituto Federal do Paraná - IFPR-Campus Foz do Iguaçu/PR. Para a quantificação de KT (potássio total), as análises foram realizadas na Central Analítica Multiusuário de Medianeira (CEANMED) pertencente a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no município de Medianeira/PR.

4.2 DELINEAMENTO DO TRABALHO

Figura 3 - Delineamento dos ensaios experimentais



*Torta de sementes de moringa (TM), Dejeito bovino (DB), Resíduo de silagem (RS), Poda arbórea (PA), Folhas de bananeira (FB), Potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico total (COT) e razão carbono/nitrogênio (C/N), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), potássio total (KT), vermicomposto final (VCF), torta de moringa mesclada a vermicomposto (TMV), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca da raiz (MSRA), Índice de qualidade de Dickson (DQI), Delineamento em blocos ao acaso (DBC).

Fonte - O autor, 2025

4.3 OBTENÇÃO DA TORTA DE *M. OLEIFERA*

Os frutos de *Moringa oleifera*, necessários para a obtenção das sementes de moringa, foram coletados em 6 espécimes distribuídas no território do município de Foz do Iguaçu/PR, durante a estação verão, entre os meses de janeiro a maio de 2023. Os frutos foram beneficiados para a retiradas das amêndoas (Figura 4), que foram trituradas, peneiradas a 28 mesh e secas em estufa de ar forçado a 40 °C por 48 h (Rubio *et al.*, 2024).

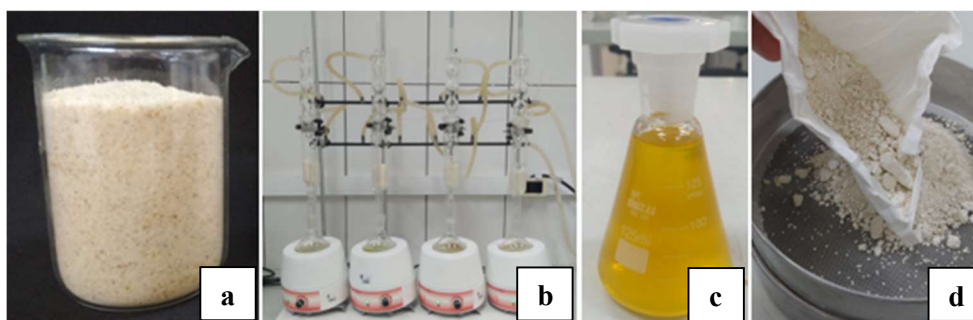
Figura 4 - Beneficiamento dos frutos da *Moringa oleifera*



*(a) – Beneficiamento dos frutos da *Moringa oleifera*, (b) – Sementes e (c) – Amêndoas.
Fonte: O autor, 2025

Na extração do óleo de moringa para obtenção da torta (Figura 5), as amêndoas secas e moídas, foram acondicionadas em cartuchos de material celulósico, depositados em extrator tipo Soxhlet, utilizando n-hexano como solvente orgânico pelo período de 8 ciclos (IUPAC, 2013), assim separando o óleo da torta.

O conteúdo dos cartuchos, foram secos em estufa a 70 °C por 24 h com o objetivo de volatilizar por completo o n-hexano contido na torta. Após seca, a torta de moringa foi armazenada em refrigerador com temperatura média de 5 °C para a conservação de suas propriedades físico-químicas.

Figura 5 - Obtenção da torta de moringa

*(a) – Amêndoas trituradas, (b) – Extrator tipo Soxhlet, (c) – Óleo de *Moringa oleifera* e (d) – Torta de sementes de Moringa.

Fonte: O autor, 2025

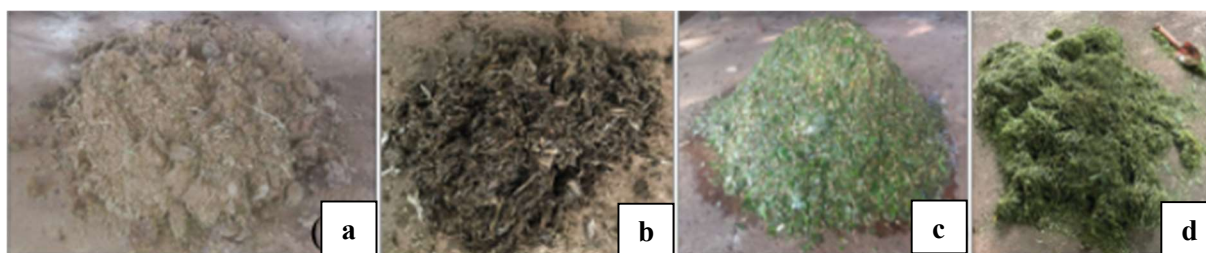
4.4 TORTA DE MORINGA NO ENRIQUECIMENTO DE VERMICOMPOSTO

4.4.1 Caracterização dos resíduos

Para realização da estabilização da torta de moringa via vermicompostagem e a produção de vermicomposto a base de torta de moringa, foram selecionados resíduos encontrados em sistemas agroalimentares. Neste contexto foram utilizados o dejetos bovinos (DB), a poda arbórea (PA), o resíduo de silagem (RS) e as folhas de bananeiras (FB). (Figura 6). O DB e o RS foram obtidos no Centro Estadual de Educação Profissional Manoel Moreira Pena, localizado no município de Foz do Iguaçu-PR, porém a PA e a FB foram obtidas no IFPR-Campus Foz do Iguaçu.

Em se tratando da PA e da FB, ambas foram fragmentadas em triturador de resíduos, com a finalidade de facilitar a mistura dos materiais a aeração. Os resíduos foram armazenados em local protegido do sol e chuva por 15 dias para que houvesse a pré-compostagem dos mesmos, adquirindo, assim, características físico-químicas adequadas para a vermicompostagem. (Rubio *et al.*, 2024; Dionisio, 2021; Cotta *et al.*, 2015; Kielh, 2004).

Figura 6 - Resíduos orgânicos antes da montagem da vermicompostagem



*(a) – Dejeito bovino, (b) – Resíduo de silagem, (c) – Poda arbórea e (d) – Folhas de bananeira.

Fonte: O autor, 2025

Todos os resíduos trabalhados neste estudo foram caracterizados utilizando os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico total (COT) e razão carbono/nitrogênio (C/N), também foram verificados os seus macronutrientes: nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), utilizando as metodologias apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Metodologias para caracterização da TM, MI e VCF

Parâmetro	Metodologia	Referência
pH e CE	Com potenciômetro de bancada em extrato aquoso preparado com 10 g de amostra diluída em 50 mL de água destilada com 15 min. de agitação e 30 min em repouso.	Tedesco, (1995)
U, ST	Por gravimetria após secagem a 105 °C por 24 h, de 5 g de amostras até peso constante.	Teixeira <i>et al.</i> , (2019)
SV	Por gravimetria após incineração da amostra seca em mufla a 550 C° durante 6 h.	Carmo e Silva (2012)
COT	Multiplicação do SV por 1,8	Teixeira <i>et al.</i> , (2019)
Razão C/N	A razão C/N foi obtida pela divisão dos resultados em porcentagem mássica obtidos para o carbono orgânico total e o nitrogênio Kjeldahl total.	Teixeira <i>et al.</i> , (2019)
NT	Digestão sulfúrica seguida de destilação e titulação.	Tedesco, (1995)
PT	Digestão sulfúrica seguida de destilação e aferimento através de espectrofotômetro.	Teixeira <i>et al.</i> , (2019)
KT	Fotômetro de chama após digestão nitro perclórica.	Teixeira <i>et al.</i> , (2019)

*Torta de moringa (TM), misturas iniciais (MI), vermicomposto final (VCF), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), umidade (U), sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico total (COT) e razão carbono/nitrogênio (C/N), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), potássio total (KT).

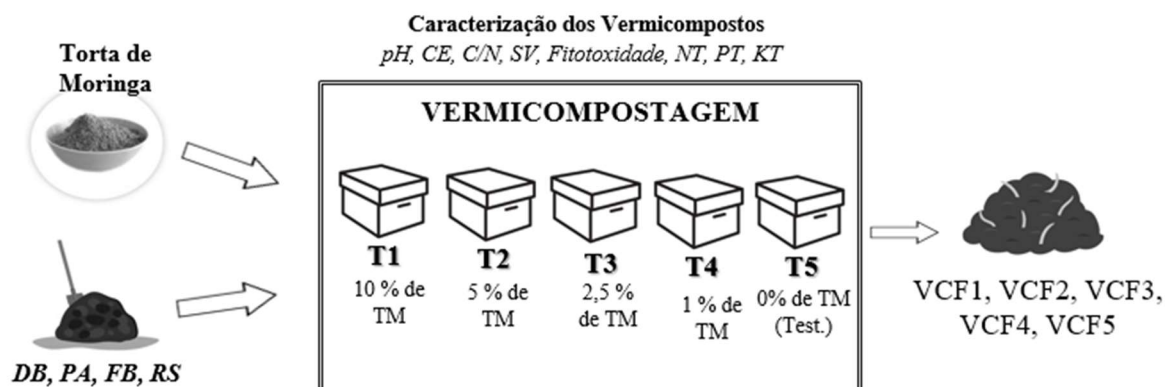
Fonte: O autor, 2025

4.4.2 Produção de vermicomposto enriquecido com torta de moringa

O processo de vermicompostagem que produziu os vermicompostos finais enriquecidos com torta de moringa (Figura 7), foi organizado em 5 tratamentos com 4 replicatas, usando delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dosagens de TM,

distribuídas entre os tratamentos nas seguintes proporções: T1-10% de TM, T2-5% de TM, T3-2,5% de TM, T4-1% de TM e T5-0% de TM (testemunha), mesclados aos resíduos orgânicos (DB, FB, RS e PA) com proporções descritas no Quadro 3, para formar as misturas iniciais (MI), com razão C/N média inicial de 21/1, contendo 1,5 kg de sólidos totais (ST).

Figura 7 - Fluxograma do processo de vermicompostagem



*Torta de sementes de moringa (TM), Dejeito bovino (DB), Resíduo de silagem (RS), Poda arbórea (PA), Folhas de bananeira (FB), Potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico total (COT) e razão carbono/nitrogênio (C/N), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), potássio total (KT), índice de qualidade de Dickson (DQI).

Fonte: O autor, 2025

Seguindo recomendações de Gomes, Silva e Silva, (2001) e Rubio *et al.*, (2024) as proporções utilizadas para formar as misturas iniciais (MI) quanto aos teores de sólidos totais (ST) e razão C/N estão demonstrados no Quadro 3.

Quadro 3 - Proporções dos resíduos utilizados para formar as MI

Resíduo	T1	T2	T3	T4	T5 (Test.)
TM	10%	5%	2,5%	1%	0%
DB	20%	20%	20%	20%	20%
PA	3%	20%	25%	30%	40%
FB	65%	45%	35%	29%	20%
RS	2%	10%	17,5%	20%	20%

*Torta de moringa (TM), dejeito bovino (DB), poda arbórea (PA), folha de bananeira (FB), resíduos de silagem (RS), Razão carbono/nitrogênio (C/N) e sólidos totais (ST).

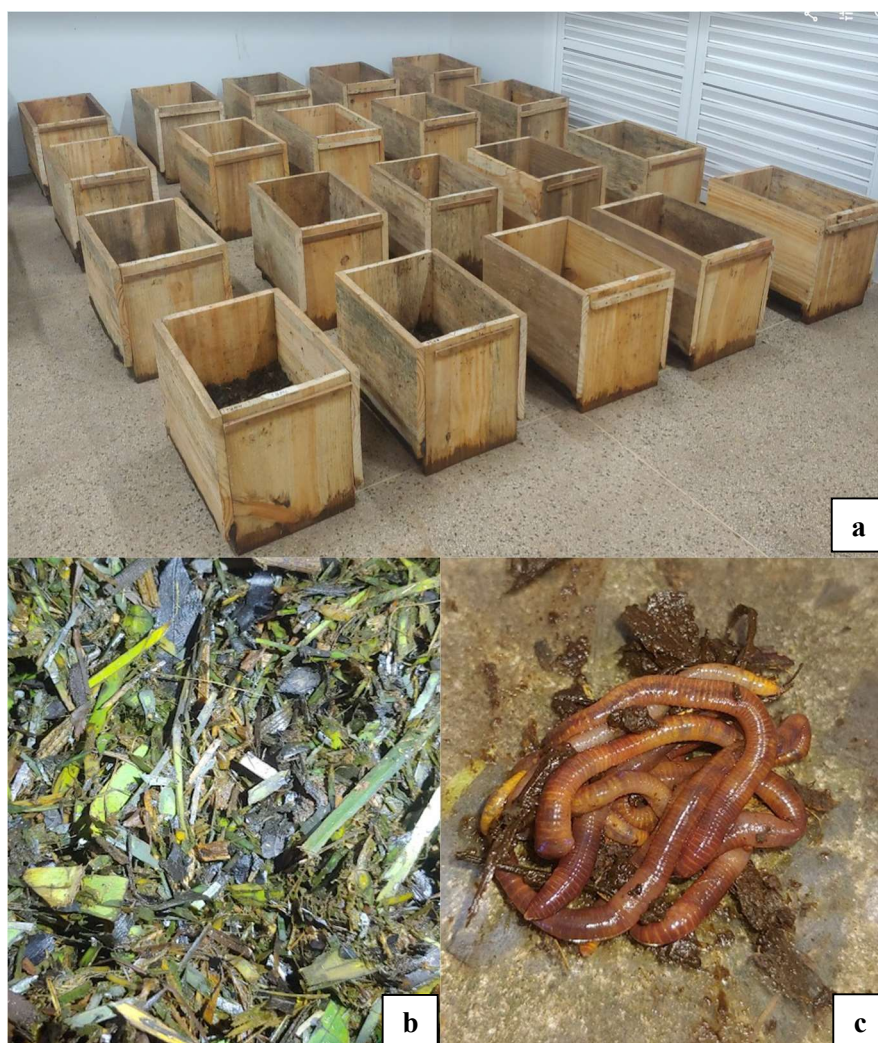
Fonte: O autor, 2025

Foram construídos 20 vermireatores (Figura 8a) confeccionados em madeira sem tratamento nas dimensões: 45 x 30 x 30 cm, com volume total 40 cm³, instalados em local protegido de sol, chuva e ventos. Os vermireatores receberam as misturas iniciais (Figura 8b), onde após 7 dias, foram povoadas com 15 minhocas cliteladas da espécie *Eisenia foetida* (Figura 8c), mesma espécie utilizada por Rubio *et al.*, 2024, Mago *et al.*, 2021.

As misturas iniciais (MI) receberam manejo diário com a inspeção da

permanência das minhocas e a irrigação controlada utilizando regador manual, realizado quando necessário, objetivando manter os substratos, entre 70% e 90% umidade (U) (Edwards, 2022; Dionisio, 2021).

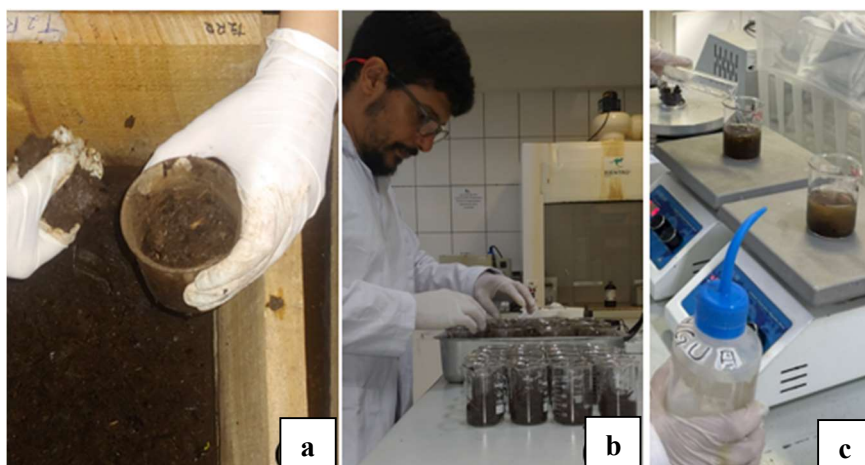
Figura 8 - Processo de vermicompostagem



*Vermirreadores (a), Mistura inicial – T1 (b) e Minhocas da espécie *E. foetida* (c).
Fonte: O autor, 2025

As coletas posteriores foram realizadas em intervalos de 15 dias, sendo as amostras retiradas de cada replicata em regiões aleatórias do substrato, identificadas e levadas ao laboratório para que fossem separadas em dois lotes. No primeiro lote eram realizadas as análises físico-químicas para a caracterização das misturas iniciais e dos vermicompostos quanto aos valores de pH, CE, SV e COTI, e o segundo armazenado sob refrigeração a 5°C para demais análises (C/N, NT, PT e KT) (Figura 9).

Figura 9 - Processo de coleta das amostras durante a vermicompostagem



*(a) – Coleta das amostras, (b) – Separação das amostras em Laboratório, (c) – Caracterização físico-química.

Fonte: O autor, 2025

4.4.3 Estudo dos vermicompostos

4.4.3.1 Caracterização dos vermicompostos

Ao longo dos 105 dias que compreenderam o processo de vermicompostagem, foram realizadas diferentes análises na caracterização dos resíduos, nas coletas quinzenalmente e no início em final do ensaio. Os parâmetros e suas periodicidades em que foram verificados, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Periodicidade dos parâmetros verificados na vermicompostagem

Parâmetro	Periodicidade	Material
SV%, COT, NT e Razão C/N	Montagem da Vermicompostagem	TM, DB, PA, FB e RS
pH, CE, SV%, COT	(Coletas quinzenais)	Processo de Vermicompostagem
Razão C/N, NT, PT, KT	Início e Final da vermicompostagem	MI e VCF

*Potencial hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Voláteis (SV), Carbono Orgânico Total (COT) e Razão Carbono/Nitrogênio (C/N), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Potássio Total (KT).
Fonte: O autor, 2025

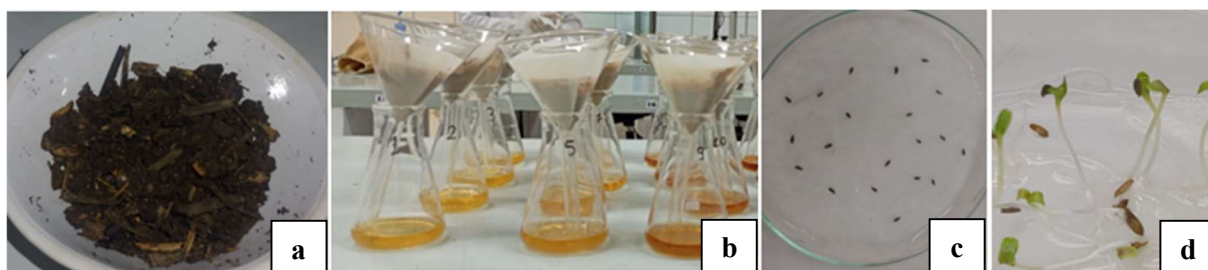
4.4.3.2 Fitotoxicidade dos vermicompostos

Todos os vermicompostos finais (VC1, VC2, VC3, VC,4 e VC5) foram avaliados quanto a grau de fitotoxicidade (Figura 10), para tanto, 5 amostras passaram por processo de secagem ao ar livre em temperaturas médias entre 20 °C e 25 °C durante 7 dias (Teixeira *et al.*, 2017). Posteriormente, foi realizada a diluição de 5 g de cada amostra em 50 mL de água destilada a 60 °C e a homogeneização com um agitador magnético, por 30 minutos. As soluções foram então filtradas em papel filtro para obtenção de 5 extratos. Para o extrato testemunha, foi utilizado água destilada.

Os ensaios de germinação com os 6 extratos foram realizados em triplicata, necessitando o preparo prévio em autoclave de 60 placas petri contendo papel filtro. Após frias, receberam individualmente, 20 sementes de alface comum (*Lactuca sativa*) mais 6mL dos extratos obtidos na etapa anterior. Todas as placas foram embaladas em papel filme e acondicionadas em câmara de germinação programada oferecendo luz por 48 h.

Após este período, foram avaliados o número de sementes germinadas e o tamanho das suas radículas para o cálculo de índice de germinação (Zuconi *et al.*, 1981).

Figura 10 - Análise de fitotoxicidade dos vermicompostos finais



*(a) – Amostra seca, (b) – Obtenção de extrato aquoso, (c) – Placa petri com sementes de *L. sativa* e (d) – Sementes germinadas.

Fonte: O autor, 2025

O Índice de Germinação (IG) (Equação 1), foi utilizado como parâmetro para determinar o grau de fitotoxicidade de vermicompostos. Os índices utilizados como referência estão descritos no Quadro 4 (Nascimento *et al.*, 2022; Trautmann, Krasny, 1997).

$$IG = \frac{NGext \cdot LRext}{NGcont \cdot LRcont} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde: NGext: número de sementes germinadas no extrato, NGcont: número de sementes germinadas no controle, LRext: comprimento médio das radículas do extrato, e LRcont: comprimento médio das radículas do controle.

Quadro 4 - Classificação quantitativa relativa a fitotoxicidade

% de Germinação	Classificação do Material Analisado
>100	O material potência a germinação e o crescimento da raiz das plantas
80-100	Não fitotóxico; composto maturado
60-80	Moderadamente fitotóxico
<30	Muito fitotóxico

Fonte: Adaptado de Trautmann, Krasny (1998)

4.5 DESENVOLVIMENTO VEGETAL UTILIZANDO OS VERMICOMPOSTOS FINAIS NO ENRIQUECIMENTO DE SUBSTRATOS

Para o desenvolvimento vegetal (DV) da rúcula (*E. sativa*), foi utilizado os vermicompostos finais (VCF) (Figura 7), os ensaios foram organizados em delineado com blocos ao acaso (DBC) e configurado em 6 tratamentos em triplicata, (VCF1, VCF2, VCF3, VCF4, VCF5 e VCF6 – test.). Os tratamentos VCF1 ao VCF5 utilizaram respectivamente os VCFs produzidos no processo de vermicompostagem, no entanto, o T6 (testemunha) utilizou vermicomposto comercial.

Os vermicompostos finais (VCF) foram diluídos com areia lavada (AL) em três diferentes proporções: 100% VCF, 50% VCF + 50% AL e 25% VCF + 75% AL, usando o índice de massa seca dos materiais como referência para a gravimetria dos substratos. Durante o período de cultivo, as plantas receberam irrigação duas vezes ao dia até completarem 35 dias de cultivo. Foram realizadas duas coletas, com 15 dias, para caracterizar o desenvolvimento inicial (DI) e com 35 dias para caracterização do desenvolvimento final (DF).

Durante as coletas, apenas um indivíduo era retirado por interior (parte aérea e sistema radicular) para aferição das características necessárias para realizar o cálculo do Índice de qualidade de Dickson (Dickson *et al.* 1960; Meng *et al.*, 2018; Ripp *et al.*, 2020), por meio da Equação 2.

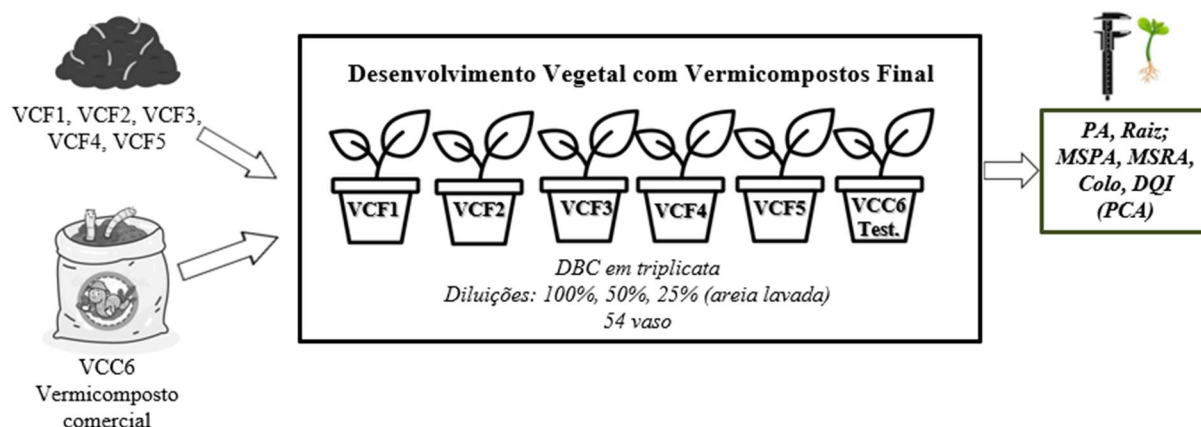
$$DQI = \frac{TDM}{\left(\frac{H}{SD}\right) + \left(\frac{SDM}{RDM}\right)} \quad (2)$$

Onde: DQI: índice de qualidade de Dickson; H: altura da planta (cm); SD: diâmetro do colo (cm); SDM: massa seca de parte área (g); RDM: massa seca de raiz (g); TDM: massa seca total (g).

4.6 DESENVOLVIMENTO VEGETAL USANDO TORTA DE MORINGA *IN NATURA*

No desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa* utilizando substratos enriquecidos com TM *in natura*, descrito na Figura 11, foram utilizadas diferentes doses de torta de moringa, mescladas ao vermicomposto final T5 (TMV). Os ensaios foram organizados em delineamento em blocos ao acaso com 5 tratamentos em triplicatas (TMV1 -10% de TM, TMV2 - 5% de TM, TMV3 - 2,5% de TM, TMV4 - 1% de TM e TMV5 - 0% de TM – test.) com 3 diluições com areia lavada (AL) nas seguintes concentrações: 100% de TMV, 50% de TMV + 50% de AL e 25% de TMV + 75% de AL.

Figura 11 - Fluxograma do Desenvolvimento Vegetal com torta de moringa *in natura*



*Torta moringa (TM), vermicomposto final (VCF), vermicomposto comercial (VCC), delinhamento em blocos ao acaso (DBC), tamanho da parte aérea (PA), tamanho da raiz (raiz), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRA), diâmetro do colo (colo) índice de qualidade de Dickson (DQI) e análise dos componentes principais (PCA).

Fonte: O autor, 2025

Foram preenchidas 45 células que receberam 5 sementes de rúcula (*Eruca sativa*) cada, acondicionadas em casa de vegetação, recebendo duas regas diárias. Foram realizadas duas coletas para caracterizar o DI (15 dias) e o DF (35 dias) para calcular o DQI (Equação 2).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

As variáveis dependentes (pH, CE, SV, COT, NT, C/N, IG, PT) para a

vermicompostagem, assim como para o desenvolvimento vegetal (número de folhas, diâmetro da folha, tamanho da raiz, diâmetro do colo, massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MAS), massa seca total (MST), relação da altura da planta com o diâmetro do colo (RAD), relação da matéria seca da parte aérea (RPAR), Índice de qualidade de Dickson (DQI), foram avaliadas em relação aos seus respectivos tratamentos, por meio da Análise de Variância (ANOVA) Fator Único, quando os dados se encontravam em normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Teste de Bartlett).

Em caso de significância estatística ($p > 0,05$), foram realizadas comparações múltiplas das médias por meio do teste de acompanhamento (post-hoc test) de Tukey-HSD (*Honestly significant difference*). As variáveis cujos pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram confirmados, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste de acompanhamento de Dunn.

Considerando que variáveis de desenvolvimento vegetal são todas relacionadas ao padrão de crescimento da planta, realizou-se análise integrativa multivariada por meio da Análise Multivariada de Componentes Principais (PCA). Os valores da variação entre os períodos finais e iniciais das variáveis de desenvolvimento foram calculados para os resultados dos dois experimentos.

A qualidade dos dados foi avaliada por meio do método de Kaplan-Meyer-Olkin (KMO), utilizando-se a matriz de variáveis apenas com valores de KMO superiores a 0,5. As cargas fatoriais foram extraídas, sendo consideradas como variáveis latentes e comparadas por meio da Análise da Variância fator duplo, utilizando como fatores fixos no Processo de Vermicompostagem, no desenvolvimento vegetal, com diferentes concentrações de torta de *M. oleifera* (10%, 5%, 2,5, 1% e 0%) em diluições com areia lavada (100%, 50% e 25%). Em caso de significância estatística ($p > 0,05$), foi utilizado o teste Tukey-HSD.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R-studio® versão 4.4.2, porém para a tabulação dos dados se utilizou o software Excel 360® versão 2501.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DOS RESÍDUOS

Os resíduos utilizados na vermicompostagem foram caracterizados quanto aos teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e a razão carbono/nitrogênio (C/N), conforme apresentado na Tabela 3.

Todos os resíduos demonstraram características relacionadas ao COT, NT e razão C/N adequados para serem utilizados em processos de vermicompostagem (Dionísio, 2021, Dal Basco, 2017). Estudos anteriores, utilizando a TM em processos de fertilização orgânica, encontraram teores COT de 26,90%, NT a 3,8% e razão C/N 7/1, dados que se assemelham aos encontrados neste estudo (El-Hadidy *et al.*, 2022).

Tabela 3 - Caracterização dos resíduos orgânicos nas misturas iniciais

Resíduos	COT (%)	NT (%)	C/N
Torta de Moringa	52,08 ± 1,41	9,45 ± 0,20	5/1 ± 2,25
Dejeto Bovino	34,39 ± 0,00	1,69 ± 0,17	20/1 ± 0,09
Poda Arbórea	49,28 ± 0,45	2,62 ± 0,30	19/1 ± 2,24
Folha de Bananeira	50,10 ± 0,10	1,45 ± 0,10	34/1 ± 2,29
Resíduo de Silagem	48,80 ± 0,61	2,50 ± 0,44	18/1 ± 2,38

* Resultados expressos por média seguida de desvio padrão, Porcentagem de carbono orgânico total (COT), Porcentagem de nitrogênio total (NT) e Razão carbono/nitrogênio (C/N).

Fonte: O autor, 2025

5.2 ESTABILIZAÇÃO DA TORTA DE *MORINGA* E ENRIQUECIMENTO DE VERMICOMPOSTO

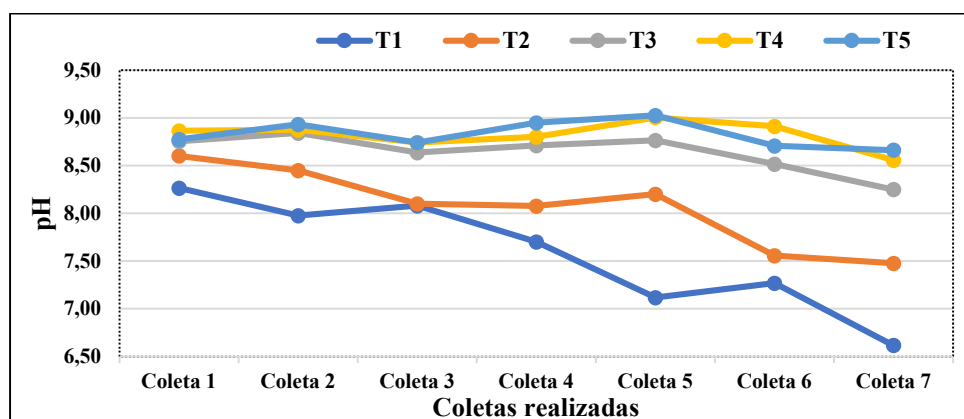
No processo de vermicompostagem, houve aceitação, por parte das minhocas de todos os tratamentos contendo as diferentes doses de torta de moringa, não sendo registrados mortandades ou fuga, o que demonstra que os resíduos utilizados, não ofereceram condições tóxicas que comprometessem a permanência e sobrevivência das minhocas (Cotta *et al.*, 2015; Dionísio, 2021).

5.2.1 Evolução do pH durante o processo de vermicompostagem

O potencial hidrogeniônico (pH) influencia diretamente na sobrevivência das minhocas e nas atividades microbianas, pois ambos, minhocas e comunidade microbiana, preferem ambientes com valores próximos a neutralidade (Gonçalves *et al.*, 2022; Dionisio, 2021). Este parâmetro pode estar relacionado a disponibilidade de nutrientes no solo, pois aqueles com pH muito ácido, nutrientes como fósforo e molibdênio são imobilizados, enquanto outros, como alumínio e manganês, chegam a atingir níveis tóxicos (Cotta *et al.*, 2015; Gonçalves *et al.*, 2022; Dionisio, 2021).

Conforme apresentado na Figura 12, todos os tratamentos na vermicompostagem apresentaram inicialmente pH alcalino com valores de tanto a tanto, contudo, após os 105 dias de estabilização, os vermicompostos finais apresentaram redução nos valores para tanto a tanto. A maior redução foi observada no T1 (19,93%) quando comparado aos valores iniciais, confirmados com as análises estatísticas ($F_{4,30} = 17,283$; $p < 0,0001$), que indicaram que o T1 diferiu estatisticamente dos tratamentos T3, T4 e T5, com exceção do T2, segundo tratamento com maior redução (13,07%). Os tratamentos T1 e T2, apresentaram pH próximo a 7,00.

Figura 12 - Evolução do pH durante o processo de vermicompostagem



*Teste de Tukey (p-valor= 0,037), T1 – 10% de TM, T2 – 5% de TM, T3 – 2,5% de TM, T4 – 1% de TM e T5 – 0% de TM (Testemunha).

Fonte: O autor, 2025

Segundo Cotta *et al.*, (2015), Gonçalves *et al.*, (2022) e Dal Basco, (2017) vermicompostos com valores próximos pH 7,00 (neutro), são os mais equilibrados para serem utilizados como fertilizantes orgânicos.

A diminuição de pH está ligada a bioprocessos desempenhados pela ação

conjunta das minhocas e dos microrganismos que transformam compostos orgânicos complexos em formas mais simples, dinamizando processos de humificação (Kocaman *et al.*, 2023 e Mago *et al.*, 2021). A diminuição dos valores de pH pode também estar ligada a formação de ácidos orgânicos e fenólicos (Kiehl, 1985; Pramanik *et al.*, 2007), o que contribui na acidificação do meio quando comparados aos níveis encontrados no início dos processos de estabilização anaeróbia. Outro fator que provoca a acidificação dos compostos é a transformação do Nitrogênio e Fósforo em nitratos e ortofosfatos no decorrer da vermicompostagem (Rai e Suthar, 2020; Unuofin e Siswana, 2019; Lumactud *et al.*, 2022).

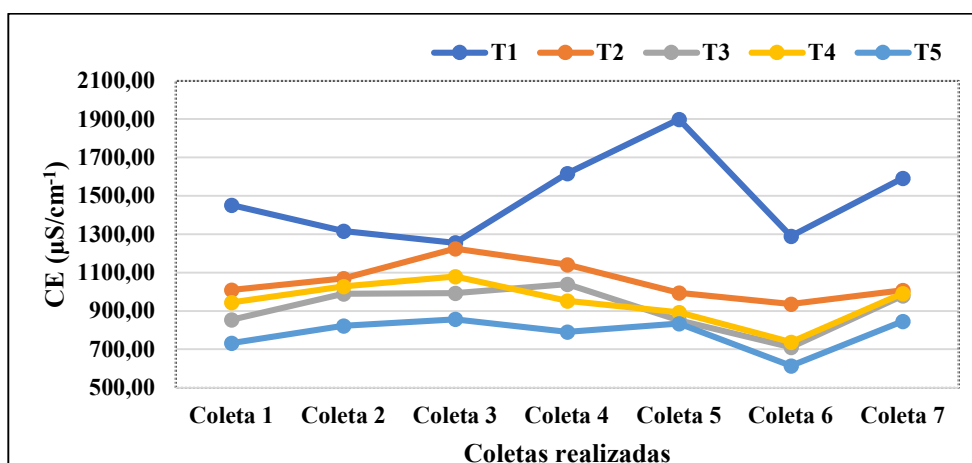
Trabalhos anteriores também relataram a redução dos níveis de pH em vermicompostos produzidos com resíduos de origem vegetal e dejetos animais (Kocaman *et al.*, 2023; Mago *et al.*, 2021).

5.2.2 Evolução da CE durante o processo de vermicompostagem

A condutividade elétrica (CE) representa parâmetro importante na vermicompostagem, pois indica o grau de mineralização ocorridos no processo de estabilização e o estado de maturação dos biocompostos, assim como a concentração de sais solúveis contidos no vermicomposto (Kiehl, 1985; Kocaman *et al.*, 2023). Índices acima de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, inviabilizam a utilização do vermicomposto na adubação orgânica, pois proporcionam meio fitotóxico para as plantas (Soumaré *et al.*, 2002; Dal Basco, 2017).

As medidas iniciais da CE demonstradas na Figura 13, apresentaram valores entre 1.451,28 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1} \pm 85,30$ (T1) a 733,03 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1} \pm 13,18$ (T5), aumentando, no final do processo para 1.592,03 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1} \pm 534,59$ (T1) a 845,03 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (T5) $\pm 292,54$ (8,89% médio), demonstrando diferenças estatísticas entre os tratamentos ($F_{4, 30} = 26,45$; $p < 0,0001$). O T1 apresentou a maior CE, distinguindo-se dos demais tratamentos.

Figura 13 - Evolução da CE durante o processo de vermicompostagem



* Teste de Tukey (p-valor= 0,037), T1 – 10% de TM, T2 – 5% de TM, T3 – 2,5% de TM, T4 – 1% de TM e T5 – 0% de TM (Testemunha).

Fonte: O autor, 2025

Os vermicompostos finais apresentaram valores de CE abaixo de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, com isso, encontram-se dentro dos níveis permitidos para seu uso como biofertilizantes (Soumaré *et al.*, 2002). O aumento dos valores desse parâmetro, apresentado na Figura 13, está relacionado as biotransformações que nutrientes sofrem devido a ação das minhocas e microrganismos, que os liberam em forma de íons (Kocaman *et al.*, 2023; Turp *et al.*, 2023 Gupta e Garg, 2008). Estudos realizados por Rubio *et al.*, (2024), Filipovic *et al.*, (2023) e Kocaman *et al.*, (2023), também apresentaram elevação da CE ao final da vermicompostagem.

5.2.3 Quantificação dos sólidos voláteis

Os sólidos voláteis representam a fração orgânica perdida em processo de decomposição em altas temperaturas, volatilizando-se em forma de água, dióxido de carbono (CO_2) e outros gases. A redução desse parâmetro indica a estabilidade do material orgânico e a maturidade do vermicomposto (Nogales *et al.*, 2023; Cotta *et al.*, 2015; Kielh, 2004).

Analisando os sólidos voláteis (SV) (Tabela 5), os ensaios indicam um decréscimo médio de 10,91% ao final da vermicompostagem, não demonstrando diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 4 - Características físico-químicas das misturas iniciais e do vermicomposto final

Tratamento	SV%	COT%	NT%	C/N
Misturas Iniciais				
T1	72,82 ± 6,34	40,46 ± 2,52	2,23 ± 0,26	18,37 ± 3,04
T2	78,08 ± 3,65	43,38 ± 2,03	2,45 ± 0,14	17,78 ± 1,81
T3	78,92 ± 4,05	43,84 ± 2,25	2,36 ± 0,18	18,66 ± 2,05
T4	75,55 ± 3,44	41,97 ± 1,91	2,36 ± 0,10	17,77 ± 0,36
T5	75,02 ± 2,14	41,68 ± 1,19	2,23 ± 0,30	19,47 ± 2,50
Vermicompostos Finais				
T1	64,09 ± 2,56	35,60 ± 1,42	2,58 ± 0,17	13,85 ± 1,28
T2	67,42 ± 2,60	37,46 ± 1,44	2,58 ± 0,09	14,51 ± 0,34
T3	65,03 ± 2,77	36,13 ± 1,54	2,58 ± 0,09	14,00 ± 0,35
T4	64,99 ± 3,94	36,11 ± 2,19	2,49 ± 0,09	14,51 ± 1,30
T5	64,31 ± 3,16	35,73 ± 1,75	2,45 ± 0,14	14,36 ± 1,57
p - valor	0,46	0,57	0,40	0,73

*Resultados expressos por média seguida de desvio padrão (\pm), p-valor de médias de comparação (Tukey), T1 – 10% de TM, T2 – 5% de TM, T3 – 2,5% de TM, T4 – 1% de TM e T5 – 0% de TM (Testemunha), SV% - Porcentagem de sólidos voláteis, COT% - Porcentagem de carbono orgânico total, NT% - Porcentagem de nitrogênio total, C/N – Razão carbono/nitrogênio, PT% - Porcentagem de Fósforo total, \pm - Desvio Padrão.

Fonte: O autor, 2025

A diminuição dos sólidos voláteis, observada neste estudo pode estar relacionada a bioprocessos sofridos pela matéria orgânica durante a estabilização do composto, devido a ação das minhocas combinada com microrganismos, provocando a degradação do material orgânico, melhorarias na qualidade nutricional do composto e determinando o grau de maturidade do vermicomposto (Bhunja *et al.*, 2021; Huang *et al.*, 2004; Elango *et al.*, 2009). Estudos anteriores relatam a redução dos sólidos voláteis em processos de vermicompostagem utilizando resíduos orgânicos de origem vegetal e esterco bovino (Mago *et al.*, 2021; Rubio *et al.*, 2024).

5.2.4 Quantificação do carbono orgânico total

O carbono orgânico desempenha papel primordial no processo de vermicompostagem, atuando como principal fonte de energia para as minhocas e microrganismos envolvidos na decomposição da matéria orgânica (Lei *et al.*, 2024; Quedar *et al.*, 2022; Carmo e Silva, 2012).

O carbono orgânico total (COT) (Tabela 5), apresentou valores iniciais entre 43,84% \pm 2,25 (T3) e 40,46% \pm 3,52 (T1), com uma redução média de 22,51% de COT, após a vermicompostagem, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos.

A redução do COT está associada a ação das minhocas, que utilizam parte da matéria orgânica como fonte de energia, convertendo-a em biomassa corporal e CO₂ e água (Velmurugan e Annamalai, 2022; Dores-Silva *et al.*, 2011). A mineralização do carbono orgânico também é responsável pela diminuição desse parâmetro nos processos de vermicompostagem (Hussai *et al.*, 2016; Sharma e Garg, 2018). Reduções teores de COT também foram relatadas em estudo realizado por Sharma e Garg, (2019), com valores entre 17% e 58% de redução.

5.2.5 Quantificação do nitrogênio total

O nitrogênio é um macronutriente essencial para vários processos fisiológicos, moleculares e metabólicos nas plantas, e a vermicompostagem potencializa a transformação e enriquecimento do nitrogênio, contidos nos materiais orgânicos estabilizados (Quedar *et al.*, 2022; Mago *et al.*, 2021).

Os teores de nitrogênio total (NT) aferidos inicialmente e após o processo de vermicompostagem, apresentados na Tabela 5, demonstram elevação média de 0,21%, partindo de 2,23% de NT para 2,58% de NT final, no entanto, não foi observado diferença significativa entre os tratamentos.

O sutil incremento de NT verificados nos vermicompostos finais podem ser atribuídos a secreções nitrogenadas excretadas pelas minhocas, em forma de muco e hormônios estimulantes de crescimento (Tripathi e Bhardwaj, 2004; Quedar *et al.*, 2022, Charma e Garg, 2019). Já a existência de aminoácidos nos resíduos de origem vegetal como a poda arbórea e as folhas de bananeira, favorecem a potencialização dos processos de mineralização dos nutrientes (Grzyb, Wolna-Maruwka e Niewiadomska., 2021; Zayed *et al.*, 2023). Trabalhos anteriores que realizaram vermicompostagem utilizando resíduos de origem vegetal mesclado a dejetos bovinos, também verificaram a permanência dos teores de nitrogênio ao final do processo de vermicompostagem (Mago *et al.*, 2021; Thamizharasan., *et al* 2024).

5.2.6 Quantificação da razão C/N

A razão carbono/nitrogênio é fator determinante na vermicompostagem, pois define inúmeros aspectos relacionados a eficiência do processo de estabilização e a qualidade dos biocompostos gerados ao final do process, onde o carbono atua como principal fonte de energia para as minhocas e microrganismos, enquanto o nitrogênio, está associado ao crescimento e a sua reprodução (Chen *et al.*, 2023; Charma e Garg, 2019; Pramanik *et al.*, 2007).

Valores iniciais apresentaram razão C/N entre $19,47:1 \pm 2,50$ a $17,77:1 \pm 0,36$ reduzindo para $14,51:1 \pm 0,34$ a $13,85:1 \pm 1,28$ (Tabela 5), fato que confirma a maturidade do vermicomposto (Velmurugan e Annamalai, 2022; Cotta *et al.*, 2015). A razão C/N representa fator determinante em processos de estabilização aeróbia como a vermicompostagem e compostagem, determinando o estado de maturação do composto (Rubio *et al.*, 2024).

A diminuição da razão C/N possivelmente está associada a dois fenômenos simultâneos que ocorrem na vermicompostagem, representados pela volatilização do carbono em forma de CO₂, via respiração das minhocas e a adição de substâncias nitrogenadas excretadas pelas minhocas (Dionisio, 2021; Suthar, 2008). Estudos que utilizaram a vermicompostagem para estabilizar resíduos orgânicos, também relatam a diminuição da razão C/N (Rubio *et al.*, 2024; Mago *et al.*, 2021; Raza., *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2022).

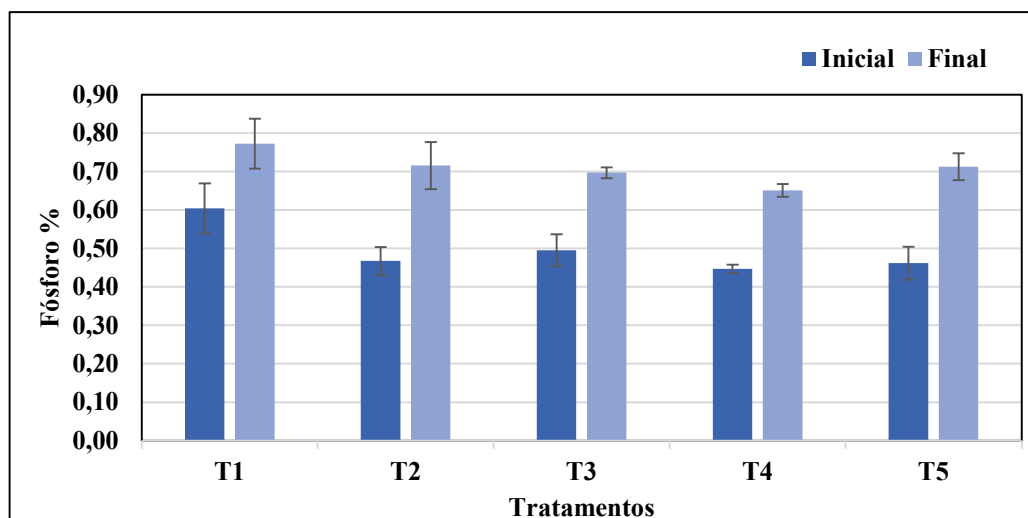
A presença do macronutriente fósforo em biofertilizantes como o vermicomposto, representa característica essencial para a qualidade do material, pois tal macronutriente é vital para o crescimento das plantas, atuando em processos metabólicos chave, como fotossíntese, transferência de energia e síntese de ácidos nucléicos e proteínas (Pereira *et al.*, 2022; Turp *et al.*, 2023).

5.2.7 Quantificação de fósforo total

Na quantificação do fósforo total (PT) (Figura 14), destacou-se teores iniciais entre $0,60\% \pm 0,07$ (T1 - 10% TM) a $0,45\% \pm 0,01$ (T4 - 1% TM), após o processo de vermicompostagem, os níveis variaram de $0,77\% \pm 0,06$ (T1 - 10% TM) a $0,65\% \pm 0,02$

(T4 - 10% TM), com média de elevação de 44,88%. As análises estatísticas não demonstraram diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Figura 14 - Fósforo inicial e final



*T1 - 10% de TM, T2 - 5% de TM, T3 - 2,5% de TM, T4 - 1% de TM e T5 - 0% de TM (Testemunha)

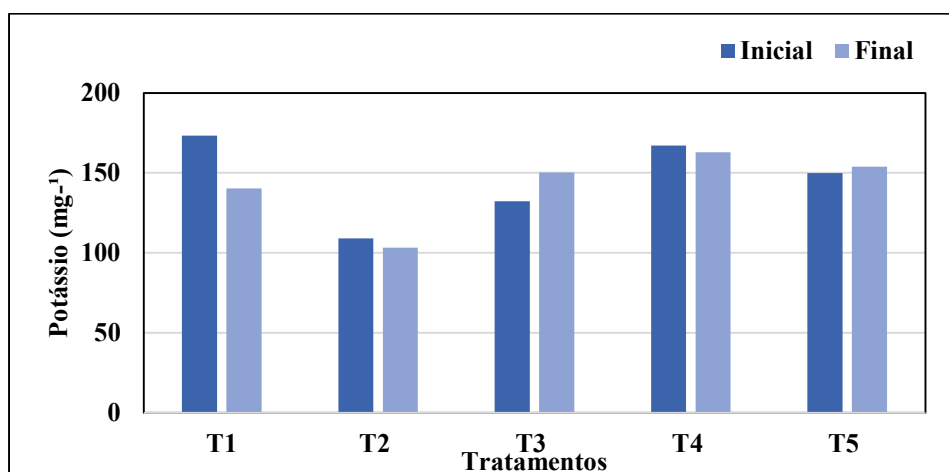
Fonte: O autor, 2025

Assim como acontece com o nitrogênio total (NT), o fósforo total (PT) também sofre processos de mineralização via ação das minhocas e microrganismos que atuam na fragmentação e degradação da matéria orgânica, aumenta a área de superfície das partículas, favorecendo a atuação de microrganismos. Outro motivo relatado pela literatura é a respeito da presença de enzimas fosfatases no trato digestório das minhocas, que possibilitam a solubilização do P, aumentando sua disponibilidade destes nutrientes nos vermicompostos (Sharma e Garg, 2019; Turp., *et al* 2023).

A presença adequada de potássio total (KT) contribui para a obtenção de vermicomposto rico em nutrientes, capaz de promover o desenvolvimento saudável de plantas e aumentar a produtividade das culturas, pois, assim como acontece com os outros macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, o potássio também sofre processos de mineralização tornando-o disponível para as plantas (Bhunia *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2023).

A evolução do potássio total (KT), (Figura 15) manteve teores finais próximos aos iniciais, onde apenas os tratamentos T3 e T5 tiveram acréscimo sutil, no entanto os tratamentos T1, T2 e T4, apresentaram decréscimo, sendo possível ter ocorrido retenção do nutriente demonstrando redução média de 2,11%.

Figura 15 - Potássio inicial e final



*T1 – 10% de TM, T2 – 5% de TM, T3 – 2,5% de TM, T4 – 1% de TM e T5 – 0% de TM (Testemunha)

Fonte: O autor, 2025

Assim como os nutrientes N e P, o potássio (K) sofre processo de mineralização durante a vermicompostagem, onde enzimas existentes nos intestinos das minhocas, proporcionam condições favoráveis para as biodisponibilidades do nutriente, elevando ou imobilizando os teores (Turp *et al.*, 2023). Porém, quando se observa reduções, fatores ligados as interações químicas e aos níveis de alcalinidade dos materiais, pode provocar a formação de compostos menos solúveis.

No estudo de Raza *et al.*, 2019, trabalhando com a estabilização aeróbia de diversos resíduos do cultivo de trigo, os autores perceberam que a palha de trigo foi menos eficaz na captura de K, quando comparados a tratamentos que utilizaram a palha de milho. Ainda, Suthar (2008) e Garg e Gupta (2011) atribuíram a redução do potássio a lixiviação resultante da irrigação realizada nos vermirreatores, necessário para a manutenção da umidade nos resíduos.

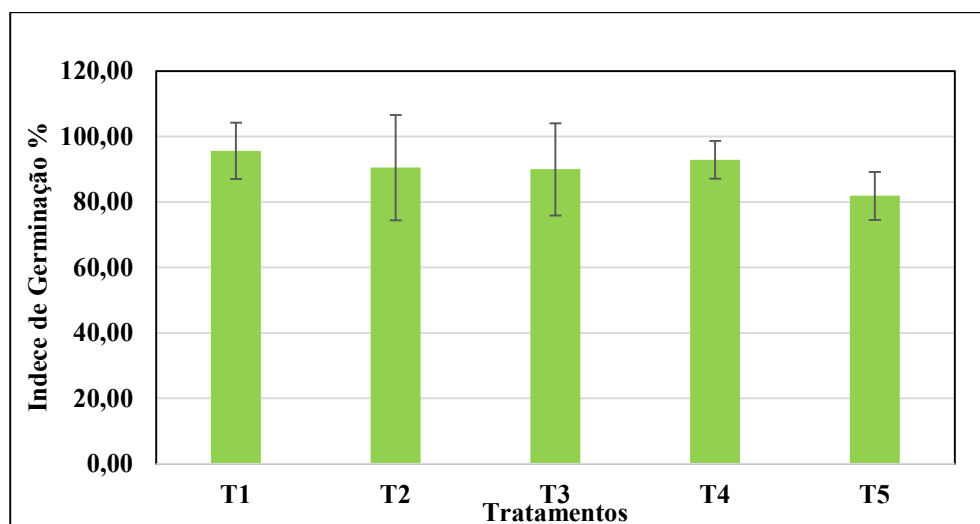
5.2.8 Teste de Fitotoxicidade

A fitotoxicidade é definida como a capacidade que uma substância ou material possui de comprometer o crescimento e o desenvolvimento das plantas, tornando-se parâmetro crítico na determinação da biossegurança dos biofertilizantes. Neste cenário, a avaliação da fitotoxicidade, baseados em teste de germinação de sementes, assegura a confiabilidade para o uso dos vermicompostos produzidos (Nascimento *et al.*, 2022;

Zucconi *et al.*, 1988; EPA, 2014).

Nos resultados obtidos no teste de fitotoxicidade, os vermicompostos finais (Figura 16), apresentaram Índice de Germinação (IG) com valores entre $95,65\% \pm 8,61$ e $81,86\% \pm 7,34$.

Figura 16 – Índice de germinação



* Resultados expressos por média, T1 – 10% de TM, T2 – 5% de TM, T3 – 2,5% de TM, T4 – 1% de TM e T5 – 0% de TM (Testemunha)

Fonte: O autor, 2025

Todos os vermicompostos apresentaram IG acima de 80%, valores que às recomendações da *Environmental Protection Agency* (EPA, 2014) que reconhece como seguros, biofertilizantes com IG superiores a 80% na germinação com hortaliças. Outros autores afirmam que IG acima de 80%, indicando presença significativos de nutrientes e alto nível de maturação dos vermicompostos (Zucconi *et al.*, 1988; De Sousa *et al.*, 2021), além da ausência de substâncias fitotóxicas (Trautmann, Krasny. 1997).

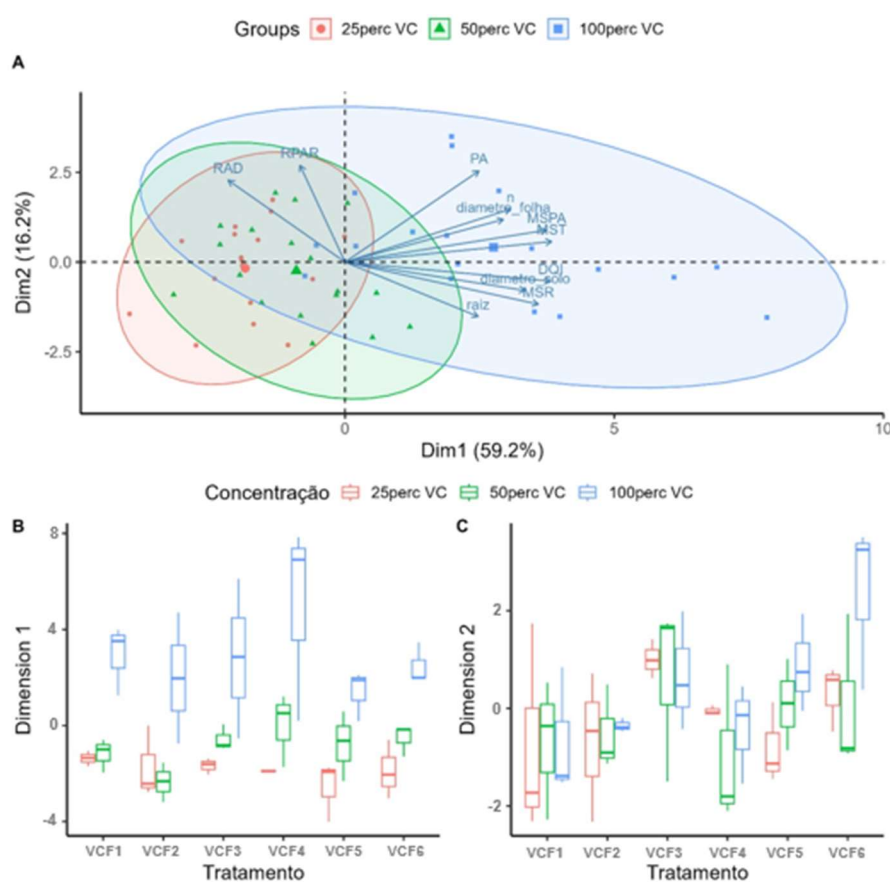
5.3 DESENVOLVIMENTO VEGETAL DE RÚCULA (*ERUCA SATIVA*) UTILIZANDO VERMICOMPOSTO FINAL

Os ensaios que envolvem o desenvolvimento vegetal configuram-se como métodos para determinar o impacto de biofertilizantes como o vermicomposto no crescimento e na saúde das plantas, somando-se a outras análises igualmente importantes para o estudo da qualidade do biofertilizante (Segura-Castruita *et al.*, 2024; Ripp *et al.*, 2020; Dickson *et al.* 1960).

Nos resultados obtidos no desenvolvimento vegetal da rúcula (*Eruca sativa*) utilizando vermicomposto a base de torta de moringa, configuradas nos Tratamentos: VCF1, VCF2, VCF3, VCF4, VCF5 e VCF6 test. – com vermicomposto comercial, nas concentrações 100%, 50% e 25%, diluídas com areia lavada (AL), com coletas inicial (15 dias) e final (35).

Verificou-se na Figura 17A que a interação dos fatores concentração, tratamento e tempo, não apresentaram diferenças estatísticas significativas, indicando que o padrão de desenvolvimento foi similar apesar de haver diferenças significativas quando avaliado o fator concentração isoladamente ($p < 0,05$).

Figura 17 - Análise integrativa das variáveis no desenvolvimento vegetal com vermicompostos finais (Dim.1 e Dim. 2)



*VCF – Vermicomposto final, VCF6 (test.) – Vermicomposto comercial testemunha.
Fonte: O autor, 2025

Ao realizar a avaliação integrativa das características das variáveis relativas ao desenvolvimento vegetal em diferentes tratamentos e diferentes concentrações de vermicomposto final, verificou-se que o primeiro componente principal (Dimensão 1 - Dim.1) apresentou maior contribuição associada à massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (DQI), massa seca da parte aérea (MAS), massa seca da raiz (MSR), diâmetro do colo, número de folhas, diâmetro de folha, com variável latente gerada na Dimensão 1 (Autovalor =

6,51; Variância = 59,21%).

O segundo componente principal (Dimensão 2 – Dim.2), exposto na Figura 17A apresentou maior contribuição apenas nas variáveis altura da planta (PA), comprimento da raiz, relação da altura da planta com o diâmetro do colo (RAD) e relação da matéria seca da parte aérea (RPAR). (Autovalor = 1,78; Variância = 16,19%). A Dimensão 1, possui em suas cargas fatoriais positivas (Figura 17B), a demonstração de maiores valores de MST, DQI, MSR, MSPA, diâmetro do colo, número de folhas e diâmetro de folha. Ao realizar a comparação das cargas fatoriais foi possível detectar que houve diferença estatística significativa apenas entre as concentrações ($F_{2, 36}=37,210$; $p<0,0001$), não havendo diferenças entre os tratamentos ($F_{5, 36}=1,275$; $p=0,29597$).

Na Dimensão 2, mostradas em suas cargas fatoriais positivas (Figura 17C), os maiores valores de PA e RAD, mas menores valores de RPAR. Ao realizar a comparação das cargas fatoriais de Dimensão 2, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($F_{5, 36}=2,72685$; $p=0,03447$), mas sem diferenças significativas entre as concentrações ($F_{2, 36}=1,43495$; $p=0,25142$) e interação dos fatores ($F_{10, 36}=0,69116$; $p=0,72572$).

Foi possível verificar que todos os tratamentos com a concentração de 100% vermicomposto final, apresentaram os maiores valores das variáveis em questão.

Em estudos realizados por Segura-Castroita *et al.*, (2024), os autores observaram que o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.), evoluiu em função da concentração do biofertilizante mesclado a areia de rio, onde tratamentos que continham maiores concentrações de vermicomposto demonstraram melhores índices de desenvolvimento vegetal, o que corrobora com os resultados encontrados por este estudo. Kiran (2019) relata que o uso de vermicomposto no cultivo da alface (*Lactuca sativa* var. *crispa*), propiciou condições nutricionais que favoreceram características com peso fresco, peso seco do broto, teor relativo de água e clorofila-A, também notando o aumento significativo de carotenoides.

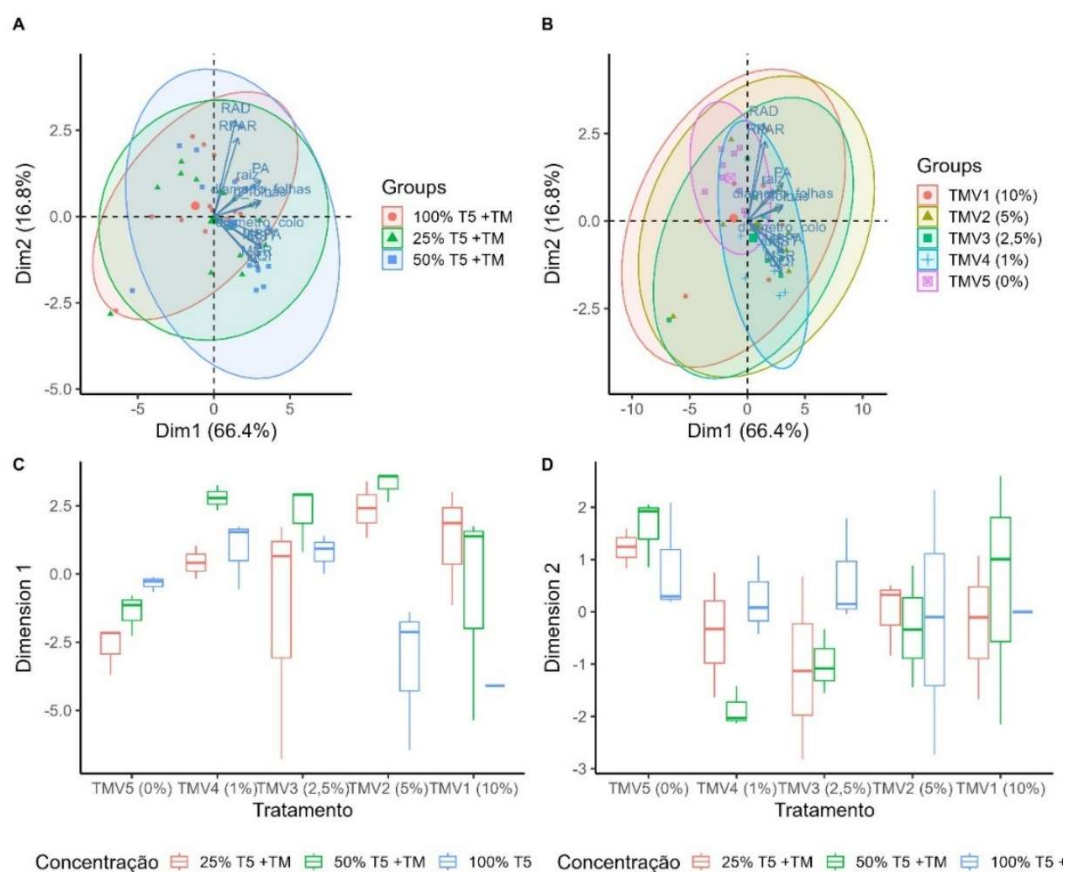
5.4 DESENVOLVIMENTO VEGETAL DA RÚCULA (*ERUCA SATIVA*) UTILIZANDO TORTA DE DE *MORINGA OLEIFERA IN NATURA*

Nos resultados obtidos no desenvolvimento vegetal da rúcula (*Eruca sativa*) utilizando diferentes doses de torta de moringa *in natura* (T1 - 10%, T2 - 5%, T3 - 2,5%, T4 -

1% e T5 - 0% testemunha), mesclada a vermicomposto nas concentrações 100%, 50% e 25%, diluídas com areia lavada, com coleta inicial (15 dias) e final (35 dias), foi possível verificar que a interação dos fatores dos tratamentos e concentração dos substratos diluídos em areia, geraram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$).

Ao realizar a avaliação integrativa das características das variáveis relativas ao desenvolvimento vegetal em diferentes tratamentos e diferentes diluições com areia, foi verificado que o primeiro componente principal (Dimensão 1 – Dim.1) (Figura 18A) apresentou maior contribuição associada à massa seca total (MST), massa seca da parte aérea (MSPA), diâmetro de folha, altura da planta (PA), número de folhas, Diâmetro do colo, índice de qualidade de Dickson (DQI), massa seca da raiz (MSR) e comprimento da raiz, sendo que a variável latente gerada na Dimensão 1 (Autovalor = 7,30; Variância = 66,41%).

Figura 18 - - Análise integrativa das variáveis no desenvolvimento vegetal com vermicomposto enriquecido com diferentes doses torta de moringa *in natura*



*Torta de Moringa (TM), torta de moringa + vermicomposto (TMV), Vermicomposto (T5).

Fonte: O Autor, 2025

A dimensão 1, apresentou em suas cargas fatoriais positivas (Figura 18C), valores maiores nos parâmetros relacionados a massa seca total, (MST), massa seca

da parte aérea (MSPA), diâmetro de folha, altura da parte aérea (PA), diâmetro do colo, índice de qualidade de Dickson (DQI), número de folhas, massa seca da raiz (MSR) e comprimento de raiz. Quando realizado a comparação entre as cargas fatoriais foi possível detectar que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos com diferentes concentrações de torta de moringa ($F_{4, 30}=3,7828$; $p=0,01318$). Registrou-se diferenças entre as diferentes concentrações do substrato com areia ($F_{2, 30}=5,9501$; $p=0,0067$), bem como houve diferenças na interação dos fatores ($F_{8, 30}=3,7708$; $p=0,0036$).

A dimensão 2, mostra nas cargas fatoriais positivas (Figura 18D), os maiores valores de RAD, RPAR. Ao realizar a comparação das cargas fatoriais de Dim. 2, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($F_{4, 30}=3,1010$; $p=0,030$), mas sem diferenças significativas entre as concentrações do substrato com areia ($F_{2, 30}=0,7047$; $p=0,5023$) e interação dos fatores ($F_{8, 30}=0,9326$; $p=0,5047$; Figura 0). Foi possível verificar que o uso de 0% de torta de moringa apresentou maior variação de desenvolvimento de RAD, RPAR e comprimento de raiz.

Foi possível verificar que o tratamento TMV4 com 1% de TM, em concentrações de 50% com areia lavada, apresentou maior variação de desenvolvimento nas variáveis que contribuem na dimensão 1, apontando como o tratamento com melhor desempenho agrônômico.

Os tratamentos que continham 100% de vermicomposto enriquecido com 10% de torta de moringa *in natura*, (TMV1 – concentração de 100%) desfavoreceram a germinação de sementes, impossibilitando a coleta dos dados para avaliação. Provavelmente, misturas contendo 10% de torta de moringa, interagiram de maneira negativa no desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa*, reduzindo o efeito a medida que era reduzida as doses (5%, 2,5%, 1% e 0%).

Segundo estudos realizados por Kiehl, (2008) e Cerri *et al.*, (2008), efeitos deletérios possibilitados por resíduos orgânicos utilizados na fertilização podem estar ligados ao grau de maturidade, concentrações do material e presença de metais pesados. Resíduos e compostos não estabilizados adequadamente ou com presença de metais pesados, podem comprometer a germinação e o desenvolvimento de plantas, alterando a qualidade do solo, reduzindo a concentração de oxigênio e nitrogênio e estimular a proliferação de bactérias.

Bernal *et al.* (2009) relatam que elevados teores de ácidos orgânicos, amônia e compostos solúveis em compostos imaturos, limitando a germinação e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento deste estudo, a torta de moringa em concentrações de 10%, 5%, 2,5% e 1%, compondo misturas iniciais em processos de vermicompostagem, não ofereceram riscos a sobrevivência e permanência das minhocas, possibilitando a estabilização dos resíduos orgânicos trabalhados, confirmado pela verificação do decréscimo valores em parâmetros como o pH, carbono orgânico total, sólidos voláteis e razão C/N, após 105 dias do processo.

Os vermicompostos finais apresentaram teores de macronutrientes (NPK) satisfatórios, o que confirma o potencial da vermicompostagem em mineralizar nutrientes, tornando-os disponíveis para o desenvolvimento eficiente de plantas, se mostrando como alternativa na substituição de fertilizantes sintéticos, fomentando modelos sustentáveis de produção.

O uso dos vermicompostos finais no desenvolvimento vegetal da *Eruca sativa* foram satisfatórios, no entanto, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, porém os ensaios com 100% de vermicomposto apresentaram melhor desempenho agrônômico parados as demais concentrações (50% e 25%).

No uso da torta de moringa *in natura*, foi observado que os tratamentos que utilizaram substratos com 10% de torta de moringa (TMVC1), sem diluição com areia, foram fitotóxicos para o cultivo da *Eruca sativa*, porém o tratamento TMVC4, que continha 1% de torta de moringa em concentrações de 50%, se destacou como melhor desempenho agrônômico no desenvolvimento da espécie cultivada.

Estudos futuros podem testar maiores concentrações de torta de moringa em processo de vermicompostagem para avaliar os limites tolerados pelas minhocas e suas implicações, assim como a torna em sua forma *in natura*, em diferentes doses, na adubação orgânica de outras culturas hortícolas.

REFERÊNCIAS

Abiodun O, Adesina A, & Olusola A 2020 Comparative Analysis of Hexane, Methanol and Ethanol for Moringa Seed Oil Extraction. **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**. 2 125-132

ARORA, Daljit Singh; ONSARE, Jemimah Gesare; KAUR, Harpreet. Bioprospecting of Moringa (Moringaceae): microbiological perspective. **Journal of pharmacognosy and phytochemistry**, v. 1, n. 6, p. 193-215, 2013.

ARORA, DALJIT SINGH; ONSARE, JEMIMAH GESARE; KAUR, HARPREET. Bioprospecting of Moringa (Moringaceae): microbiological perspective. **Journal of pharmacognosy and phytochemistry**, v. 1, n. 6, p. 193-215, 2013.

ARORA, Jaya; RAMAWAT, K. G.; MÉRILLON, Jean-Michel. Disposal of agricultural waste and its effects on the environment, production of useful metabolites and energy: potential and challenges. In: **Agricultural Waste: Environmental Impact, Useful Metabolites and Energy Production**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 3-20.

ARORA, JAYA; RAMAWAT, K. G.; MÉRILLON, JEAN-MICHEL. Disposal of agricultural waste and its effects on the environment, production of useful metabolites and energy: potential and challenges. In: **Agricultural Waste: Environmental Impact, Useful Metabolites and Energy Production**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 3-20.

BARBOSA, MILSON S. *et al.* Nutritional Quality of Moringa oleifera Seeds and Physicochemical Properties of Its Crude Oil. **The Brazilian Journal of Bioengineering and Technology Applied to Health**, v. 3, n. 4, p. 341-346, 2020.

BARLAS, Neriman Tuba; IRGET, Mehmet Eşref; TEPECİK, Mahmut. Mineral content of the rocket plant (*Eruca sativa*). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 64, p. 14080-14082, 2011.

BELL, Luke et al. Quantitative trait loci analysis of glucosinolate, sugar, and organic acid concentrations in *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*. **Molecular Horticulture**, v. 2, n. 1, p. 23, 2022.

BERNAL, M. P^ñ; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, Raúl. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009.

BHUNIA, Shantanu et al. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. **Agronomy**, v. 11, n. 5, p. 823, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 jan. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 61, de*

8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília, DF: Instrução Normativa SDA/MAPA 61/2020b.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 22 jul. 2024.

BRASIL. **Resolução-RE nº 1.478, de 3 de junho de 2019**. Diário oficial da união, 4 jun. 2019. Seção 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 22 jul. 2024.

CALVIN, Katherine et al. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. **(No Title)**, 2023.

CÁRCELES RODRÍGUEZ, BELÉN *et al.* Conservation agriculture as a sustainable system for soil health: A review. **Soil Systems**, v. 6, n. 4, p. 87, 2022.

CARMO, Davi Lopes do; SILVA, Carlos Alberto. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1211-1220, 2012.

CERRI, C. E. P.; OLIVEIRA, E. C. A. de; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba- SP, 2008. 19 p.

CHHETRI, Ravi Kumar et al. Agro-based industrial wastes as potent sources of alternative energy and organic fertilizers. In: **Current developments in biotechnology and bioengineering**. Elsevier, 2020. p. 121-136.

COELHO, Nuno; PEREIRA, Alice S.; TAVARES, Pedro. Moringa oleifera Seed Cake: A Review on the Current Status of Green Nanoparticle Synthesis. **Applied Biosciences**, v. 3, n. 2, p. 197-212, 2024.

COELHO, Nuno; PEREIRA, Alice S.; TAVARES, Pedro. Moringa oleifera Seed Cake: A Review on the Current Status of Green Nanoparticle Synthesis. **Applied Biosciences**, v. 3, n. 2, p. 197-212, 2024.

COTTA, Jussara Aparecida de Oliveira et al. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015.

DA SILVA, Adelmo Resende; KERR, Warwick Estevam. **Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil**. UFU/DIRIU, 1999.

DA SILVA, Larissa F. et al. Potential of vermicomposting with mixtures of animal manure and vegetable leaves in the development of *Eisenia foetida*, microbial biomass, and enzymatic activity under semi-arid conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 330, p. 117169, 2023.

- DAL BOSCO, Tatiane Cristina. Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas. **São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda**, 2017.
- DE MORAES, P. L. *et al.* On Some Brazilian Plants Distributed by Martius in 1827 and Published by Colla in 1833. **Harvard Papers in Botany**, v. 18, p. 23-36, 2013.
- DE OLIVEIRA, Ana Patrícia Silva *et al.* Biotechnological value of Moringa oleifera seed cake as source of insecticidal lectin against Aedes aegypti. **Process Biochemistry**, v. 51, n. 10, p. 1683-1690, 2016.
- DE OLIVEIRA, L. B. *et al.* Manual de métodos de análise de solo. 1979.
- DE SOUZA MONTEIRO, ERICLISON WILLIAN *et al.* Estudo fitoquímico do extrato etanólico das folhas de moringa oleifera lam. in: plantas medicinais do estado do amapá: dos relatos da população à pesquisa científica. **Editora Científica Digital**, p. 137-152, 2021.
- DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, **West Mattawa**, v. 36, p. 10-13, 1960.
- DICKSON, Alexander; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- DIJKSTRA, Dirk Daniel *et al.* Cultivo de Eruca sativa sob diferentes manejos nutricionais. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 61-69, 2017.
- DIONÍSIO, Jair Alves. **Vermicompostagem**. Clube de Autores, 2021.
- DO NASCIMENTO, AMANDA CAMILA MERCADO *et al.* Avaliação de composto orgânico obtido por compostagem na produção de mudas de hortaliças: Assessment of organic compost obtained by composting in the production of vegetable seedlings. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 76368-76383, 2022.
- DOBRE BATISTA, Lorena Gonzaga; LORENZO MONTERO, Leda; SHINZATO, Mirian Chieko. Millipedes and earthworms: a comparison of their efficiency and the quality of the resulting products. **Environmental Technology**, v. 45, n. 3, p. 569-580, 2024.
- DOMÉNECH ASENSI, GUILLERMO; DURANGO VILLADIEGO, ALBA MANUELA; ROS BERRUEZO, GASPAR. Moringa oleifera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 67, n. 2, p. 86-97, 2017.
- DOMÍNGUEZ, JORGE *et al.* Earthworms drastically change fungal and bacterial communities during vermicomposting of sewage sludge. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 15556, 2021.
- DOMÍNGUEZ, JORGE; GÓMEZ-BRANDÓN, MARÍA. Vermicomposting: composting with earthworms to recycle organic wastes. **Management of Organic Waste**, p. 29-48, 2012.
- DORES-SILVA, PAULO R.; LANDGRAF, MARIA DIVA; REZENDE, MARIA OLÍMPIA DE O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química nova**, v. 36, p. 640-645, 2013.
- DOS SANTOS PESSOA, Rosa Maria *et al.* Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e12111334257-e12111334257,

2022.

DOS SANTOS, ARIADNA FERNANDA ROCHA *et al.* Elaboração e caracterização física e físico-química de um brownie enriquecido com farinha da folha de Moringa (Moringa oleífera). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e101973927-e101973927, 2020.

EDWARDS, Clive Arthur *et al.* **Biology and ecology of earthworms**. New York: Springer, 2022.

ELANGO, D. *et al.* Thermophilic composting of municipal solid waste. **Applied Energy**, v. 86, n. 5, p. 663-668, 2009.

ELEZABETHRANI, D. *et al.* Bioconversion of agro, cattle waste and blended soil into manure by vermicomposting technology. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-8, 2023.

EL-HADIDY, GEHAN ABD EL-MALEK *et al.* Effect of organic fertilization with Moringa oleífera seeds cake and compost on storability of valencia orange fruits. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 65, n. 2, p. 659-667, 2022.

EMMANUEL, S. A. *et al.* Moringa oleífera seed-cake, alternative biodegradable and biocompatibility organic fertilizer for modern farming. **Magnesium**, v. 203, p. 0-08, 2011.

EPA, Environmental Protection Agency. A food and drug administration, organization foreconomic cooperation and developed, 2014. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pesticides>>. Acesso em 17 de set. 2024.

FERREIRA, PAULO MICHEL PINHEIRO *et al.* Moringa oleífera: bioactive compounds and nutritional potential. *Revista de Nutrição*, v. 21, p. 431-437, 2008.

FILIPOVIĆ, Adrijana *et al.* Characterization and Evaluation of Vermicomposting Materials. **Ekológia (Bratislava)**, v. 42, n. 2, p. 101-107, 2023.

FINZI-QUINTÃO, CRISTIANE MEDINA *et al.* Biodegradation of Moringa oleífera's polymer blends. **Environmental technology**, v. 40, n. 4, p. 508-517, 2019.

FOLEY, JONATHAN A. *et al.* Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, 2011.

FONTE, Steven J.; HSIEH, Marian; MUELLER, Nathaniel D. Earthworms contribute significantly to global food production. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 5713, 2023.

FÖRTHNER, H. Die Geschichte des Martius-Herbariums: seine Brasilienkollektion und Empfehlungen zur Typuswahl. **Sendtnera**, v. 2, p. 5-24, 1994.

FREIRE, Estevão *et al.* Desafios e Oportunidades para a Produção de Bioplásticos a Partir de Moringa Oleífera: Uma Abordagem Sistêmica. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 3, 2022.

FSIN and Global Network Against Food Crises. 2024. *GRFC 2024*. Rome.

FURLAN, F. L.; CONSOLIN FILHO, N.; CONSOLIN, M. F. B.; GONÇALVES, M. S.; VALDERRAMA, P.; GENENA, A. K. Use of agricultural and agroindustrial residues as alternative adsorbents of manganese and iron in aqueous solution. **Ambiente & Água**, v. 13, n. 2, p. 1-12, 2018.

GAO, Mengchun et al. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**, v. 78, n. 5, p. 614-619, 2010.

GARG, V. K.; GUPTA, Renuka. Optimization of cow dung spiked pre-consumer processing vegetable waste for vermicomposting using *Eisenia fetida*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 74, n. 1, p. 19-24, 2011.

GASPAR, L. M. R.; INÁCIO, C. T.; QUINTAES, B. R.; CARVALHO, L. S. Q.; PERES, A. A. C. Análise econômica-financeira do gerenciamento dos resíduos sólidos orgânico em uma agroindústria de processamento mínimo de hortaliças. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 477-488, 2020

GHARSALLAH, Karima et al. Moringa oleifera: Processing, phytochemical composition, and industrial application. **South African Journal of Botany**, v. 160, p. 180-193, 2023.

GILLER, Ken E. *et al.* The future of farming: Who will produce our food?. **Food Security**, v. 13, n. 5, p. 1073-1099, 2021.

GOMES, T.C.A.; SILVA, J.A.M.; SILVA, M.S.L. Preparo de composto orgânico na pequena propriedade rural. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 53).

GÓMEZ-BRANDÓN, MARÍA; LORES, MARTA; DOMÍNGUEZ, JORGE. Recycling and valorization of distilled grape marc through vermicomposting: a pilot-scale study. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 25, n. 3, p. 1509-1518, 2023.

GONÇALVES JUNIOR, Affonso C. et al. Applicability of Moringa oleifera Lam. pie as an adsorbent for removal of heavy metals from waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 94-99, 2013.

GONÇALVES JUNIOR, AFFONSO C. *et al.* Applicability of Moringa oleifera Lam. pie as an adsorbent for removal of heavy metals from waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 94-99, 2013.

GONÇALVES, José et al. Vermicompostagem de substratos com lamas de ETAR: efeitos em *Eisenia fetida*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 45, n. 4, p. 492-495, 2022.

GONG, Xiaoqiang et al. Biochar improves compost humification, maturity and mitigates nitrogen loss during the vermicomposting of cattle manure-maize straw. **Journal of Environmental Management**, v. 325, p. 116432, 2023.

GONTARD, NATHALIE *et al.* A research challenge vision regarding management of agricultural waste in a circular bio-based economy. **Critical reviews in environmental science and technology**, v. 48, n. 6, p. 614-654, 2018.

GRZYB, Aleksandra; WOLNA-MARUWKA, Agnieszka; NIEWIADOMSKA, Alicja. The significance of microbial transformation of nitrogen compounds in the light of integrated crop management. **Agronomy**, v. 11, n. 7, p. 1415, 2021.

GUALBERTO, André Ferrari *et al.* Características, propriedades e potencialidades da moringa, Moringa oleifera Lam.: aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 4, 2014.

- GUPTA, RENUKA; GARG, V. K. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. **Journal of hazardous materials**, v. 153, n. 3, p. 1023-1030, 2008.
- GUPTA, RENUKA; GARG, V. K. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. **Journal of hazardous materials**, v. 162, n. 1, p. 430-439, 2009.
- GUPTA, SWATI *et al.* Nutritional and medicinal applications of *Moringa oleifera* Lam. Review of current status and future possibilities. **Journal of Herbal Medicine**, v. 11, p. 1-11, 2018.
- HAYUNINGTYAS, I. R. *et al.* Assessing solvent impact on *Moringa oleifera* seed cake nutrition: towards sustainable food and feed production. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2024. p. 012015.
- HUANG, G. F. *et al.* Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. **Waste management**, v. 24, n. 8, p. 805-813, 2004.
- HUSSAIN, Nazneen *et al.* Excellent N-fixing and P-solubilizing traits in earthworm gut-isolated bacteria: a vermicompost based assessment with vegetable market waste and rice straw feed mixtures. **Bioresource Technology**, v. 222, p. 165-174, 2016.
- IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry, 2013. Disponível em: <<http://www.iupac.org/home/about.html>>. Acesso em: 02 fev. 2024.
- JIMÉNEZ, EMETERIO IGLESIAS; GARCÍA, VÍCTOR PÉREZ. Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. **Bioresource Technology**, v. 41, n. 3, p. 265-272, 1992.
- KARADI, R.V.; GADGE, N. B.; ALAGAWADI, K. R.; SAVADI, R. V. Effect of *Moringa oleifera* Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, p. 306-311, 2006.
- KAUSER, Heena; KHWAIRAKPAM, Meena. Organic waste management by two-stage composting process to decrease the time required for vermicomposting. **Environmental Technology & Innovation**, v. 25, p. 102193, 2022.
- KIEHL, E. J. (1985). **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 492.
- KIEHL, E. J. (2008). **500 perguntas e respostas** (1aed.). Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda, 227.
- KIEHL, E. J. (2004). **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto** (4a ed.). Piracicaba. 173.
- KIRAN, Sevinç. Effects of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical parameters of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under drought stress. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 2, p. 352-358, 2019.
- KOCAMAN, AYHAN *et al.* Development of plant-friendly vermicompost using novel biotechnological methods. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 25, n. 5, p. 2925-2936, 2023.

- KUMAR SARANGI, Prakash et al. Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 4, p. 8526-8539, 2023.
- KUMAR, Satish et al. Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. **Current Research in Microbial Sciences**, v. 3, p. 100094, 2022.
- LARA, Carlos Aurelio et al. PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTO E VERMICOMPOSTO UTILIZANDO CAPIM ELEFANTE, TORTA DE MAMONA E ESTERCO BOVINO. **Desenvolvimento, tecnologia & meio ambiente**, 2023.
- LEI, Xuyang et al. How do earthworms affect the pathway of sludge bio-stabilization via vermicomposting?. **Science of The Total Environment**, v. 916, p. 170411, 2024.
- LEONE, ALESSANDRO *et al.* Moringa oleifera seeds and oil: Characteristics and uses for human health. **International journal of molecular sciences**, v. 17, n. 12, p. 2141, 2016.
- LIRIKUM et al. Vermicomposting: an eco-friendly approach for waste management and nutrient enhancement. **Tropical Ecology**, v. 63, n. 3, p. 325-337, 2022.
- LIU, YANG *et al.* Values, properties and utility of different parts of Moringa oleifera: An overview. **Chinese Herbal Medicines**, v. 10, n. 4, p. 371-378, 2018.
- LOURENÇO, Nelson. **Manual de Vermicompostagem e vermicultura para a agricultura orgânica**. Nelson Lourenço, 2014.
- LUMACTUD, RHEA AMOR; GORIM, LINDA YUYA; THILAKARATHNA, MALINDA S. Impacts of humic-based products on the microbial community structure and functions toward sustainable agriculture. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, p. 977121, 2022.
- MAGO, Monika et al. Management of banana crop waste biomass using vermicomposting technology. **Bioresource Technology**, v. 326, p. 124742, 2021.
- MAHATO, DIPENDRA KUMAR *et al.* Ethnopharmacological properties and Nutraceutical potential of Moringa oleifera. **Phytomedicine plus**, v. 2, n. 1, p. 100168, 2022.
- MAKKAR, H. & K. BECKER. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the Moringa oleifera tree. **J Agric Sci**. 128: 311-322.
- MALAFAIA, G. *et al.* Vermicompostagem de lodo de curtume em associação com esterco bovino utilizando Eisenia fetida. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 709-716, 2015.
- MENG, Xingyao et al. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. **Journal of Environmental Management**, v. 216, p. 62-69, 2018.
- MERXMÜLLER, H. (1969). **Carl Friedrich Philipp von Martius. Öffentlicher Vortrag zum 100. Todestag des bayerischen Naturforschers**. Bayer. Akad. Wiss. Math. - Naturwiss. Kl., Sitzungsber.
- NDABIGENGESERE, ANSELME; NARASIAH, K. SUBBA. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. **Water research**, v. 32, n. 3, p. 781-791, 1998.

NEPOMOCENO, TAIANE APARECIDA RIBEIRO; PONTAROLO, EDIMAR LIA. Panorama brasileiro do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos para a geração de biogás em áreas de aterro sanitário. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2022.

NOGALES, R., FERNÁNDEZ-GÓMEZ, M.J., DELGADO-MORENO, L. *et al.* Eco-friendly vermitechnological winery waste management: a pilot-scale study. **SN Appl. Sci.** 2, 653 (2020).

NOGAROLI, Jéssica Alves *et al.* Efeito da fertilização orgânica no crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.) e atividade microbiológica em Cambissolo Háptico Distrófico. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 11, p. e02121143467-e02121143467, 2023.

O'DONOGHUE, Tom; MINASNY, Budiman; MCBRATNEY, Alex. Regenerative agriculture and its potential to improve farmscape function. **Sustainability**, v. 14, n. 10, p. 5815, 2022.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. *et al.* Utilização de sementes de moringa oleífera lam como alternativa para produção de biodiesel. *Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias*, Aracaju, v. 3, n. 2, p. 12-25, 2013.

OLSON, M. E. (2002). **Combining data from DNA sequences and morphology for a phylogeny of Moringaceae**. *Syst. Bot.* 27: 55-73.

ORTOLÁ, M. D. *et al.* Characterization of partially defatted moringa seed flour obtained at different temperatures. **LWT**, v. 198, p. 115901, 2024.

PAGNOTTA, Eleonora *et al.* Bioactive compounds from *Eruca sativa* seeds. **Encyclopedia**, v. 2, n. 4, p. 1866-1879, 2022.

PAREEK, Ashutosh *et al.* Moringa oleifera: An updated comprehensive review of its pharmacological activities, ethnomedicinal, phytopharmaceutical formulation, clinical, phytochemical, and toxicological aspects. **International journal of molecular sciences**, v. 24, n. 3, p. 2098, 2023.

PEREIRA, Kleane Targino Oliveira *et al.* Germinação e vigor de sementes de Moringa oleifera Lam. em diferentes sustratos e temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 92-99, 2015.

PEREIRA, Maysa Mathias Alves *et al.* Cultivating biodiversity to harvest sustainability: Vermicomposting and inoculation of microorganisms for soil preservation and resilience. **Agronomy**, v. 13, n. 1, p. 103, 2022.

PITTROFF, Sabrina M. *et al.* Novel rapid screening assay to incorporate complexity and increase throughput in early-stage plant biological testing. **Rhizosphere**, v. 30, p. 100897, 2024.

PRAJAPATI, CHIRAG *et al.* Moringa oleifera: Miracle plant with a plethora of medicinal, therapeutic, and economic importance. **Horticulturae**, v. 8, n. 6, p. 492, 2022.

PRAMANIK, P. *et al.* Changes in organic-C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. **Bioresource technology**, v. 98, n. 13, p. 2485-2494, 2007.

PRAMANIK, P. *et al.* Changes in organic-C, N, P and K and enzyme activities in

vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. **Bioresource technology**, v. 98, n. 13, p. 2485-2494, 2007.

QUADAR, Jahangeer et al. Characterization of vermicompost of coconut husk mixed with cattle dung: physicochemical properties, SEM, and FT-IR analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 58, p. 87790-87801, 2022.

RAI, RANI; SUTHAR, SURINDRA. Composting of toxic weed *Parthenium hysterophorus*: Nutrient changes, the fate of faecal coliforms, and biopesticide property assessment. **Bioresource Technology**, v. 311, p. 123523, 2020.

RAMACHANDRAN, C.; PETER, K. V.; GOPALAKRISHNAN, P. K. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. **Economic botany**, p. 276-283, 1980.

RASMUSSEN, Laura Vang et al. Social-ecological outcomes of agricultural intensification. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 6, p. 275-282, 2018.

RATHORE, JYOTI; DAS, CHINMOYEE RANI. *Moringa oleifera*: a review of phytochemicals constituents and medicinal properties as a future source of new drugs. **International Journal of Health Sciences**, n. 1, p. 6952-6976, 2022.

RAZA, SYED TURAB *et al.* Vermicomposting by *Eisenia fetida* is a sustainable and eco-friendly technology for better nutrient recovery and organic waste management in upland areas of China. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 51, n. 3, p. 1027, 2019.

RIBEIRO, J. V. M.; ANDRADE, P. V.; REIS A. G. *Moringa oleifera* seed as a natural coagulant to treat low-turbidity water by in-line filtration. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 6, p. e2442, 2019.

RIPP, Paula G. et al. Composting process in the production of lettuce seedling substrates: effect of covering and turning frequency. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 5, p. 562-570, 2020.

RODRIGUES, LUCIANA APARECIDA *et al.* Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 63, p. 545-552, 2016.

ROZAN, Mahmoud Abd Al-Galil; BORIY, Esmail Galal. Chemical composition, phytochemical Profile, antioxidant activity of *Eruca sativa* seeds, and utilization of defatted seeds in the production of functional biscuits. **Egyptian Journal of Food Science**, v. 50, n. 1, p. 99-115, 2022.

RUBIO, Fernanda et al. Sustainable valorization of *Moringa oleifera* Lam. co-products and zoo waste. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB)**, v. 59, p. e1816-e1816, 2024.

RUIZ, ANA I. *et al.* Anatomía e histoquímica foliar y caulinar de *Moringa oleifera* (Moringaceae). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 54, n. 3, p. 20-30, 2019.

SAA, ROMUALD WILLY *et al.* Treatments and uses of *Moringa oleifera* seeds in human nutrition: A review. **Food science & nutrition**, v. 7, n. 6, p. 1911-1919, 2019.

SANTIAGO, CRISTINE DINIZ *et al.* Política Nacional de Resíduos Sólidos: perspectivas após um decênio de sua promulgação. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 62, p. 152-177, 2023.

SARAIVA, Bianka Rocha et al. Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. **Pubsaúde**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018.

SARAIVA, BIANKA ROCHA *et al.* Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. **Pubsaúde**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018.

SEGURA-CASTRUITA, Miguel Ángel et al. Influence of Vermicompost on the Concentration of Exogenous Indole-3-Acetic Acid and Its Effect on the Development of Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* L.). **Agronomy**, v. 14, n. 6, p. 1311, 2024.

SEIFU, Eyassu; TEKETAY, Demel. Introduction and expansion of *Moringa oleifera* Lam. in Botswana: Current status and potential for commercialization. **South African Journal of Botany**, v. 129, p. 471-479, 2020.

SHARMA, KAVITA; GARG, VINOD KUMAR. Recycling of lignocellulosic waste as vermicompost using earthworm *Eisenia fetida*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 14024-14035, 2019.

Silva, A. R.; Kerr, W. E. (1999). *Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil*. Uberlândia: UFU/DIRIU, 95 p

SILVA, P. R.; LANGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Avaliação do potencial agrônomo de vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 565-571, 2011

SOUMARÉ, M. et al. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. **Bioresource Technology**, v. 81, n. 2, p. 97-101, 2002.

SOUSA, ANTÔNIO JS *et al.* Scanning electron microscopy reveals deleterious effects of *Moringa oleifera* seed exuded proteins on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* eggs. **International journal of biological macromolecules**, v. 154, p. 1237-1244, 2020.

SUTHAR, Surendra. Bioremediation of aerobically treated distillery sludge mixed with cow dung by using an epigeic earthworm *Eisenia fetida*. **The Environmentalist**, v. 28, n. 2, p. 76-84, 2008.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017.

THAMIZHARASAN, A.; AISHWARYA, M.; GAJALAKSHMI, S. Utilizing leaf litter of *Azadirachta indica* for generation of microbial enriched vermicompost. **Bioresource Technology Reports**, v. 26, p. 101839, 2024.

TRAUTMANN, Nancy M.; KRASNY, Marianne E. **Composting in the classroom: Scientific inquiry for high school students**. Kendall/Hunt Publishing Company, 1998.

TRIGO, Carla et al. *Moringa oleifera*: An unknown crop in developed countries with great potential for industry and adapted to climate change. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 31, 2020.

TRIPATHI, G.; BHARDWAJ, P. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). **Bioresource technology**, v. 92, n. 3, p. 275-283, 2004.

TURP, GÜLDANE ASLI *et al.* Role of vermicomposting microorganisms in the conversion of biomass ash to bio-based fertilizers. **Sustainability**, v. 15, n. 11, p. 8984, 2023.

United Nations Environment Programme (2024). **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste** – Turning rubbish into a resource. Nairobi.

VELMURUGAN, K.; ANNAMALAI, V. First report on toddy palm shell-based vermicompost by *Eisenia fetida*. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 20, n. 10, p. 11061-11074, 2023.

WILTSHIRE, FLÁVIA MICHELLE SILVA *et al.* Influence of seasonality on the physicochemical properties of *Moringa oleifera* Lam. Seed oil and their oleochemical potential. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 4, p. 100068, 2022.

WWF. (2022). Relatório Planeta Vivo 2022 – **Construindo uma sociedade positiva para a natureza**. Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suíça.

ZAKU, S. G. *et al.* *Moringa oleifera*: An underutilized tree in Nigeria with amazing versatility: A review. **African Journal of Food Science**, v. 9, n. 9, p. 456-461, 2015.

ZAYED, Omar *et al.* Nitrogen journey in plants: From uptake to metabolism, stress response, and microbe interaction. **Biomolecules**, v. 13, n. 10, p. 1443, 2023.

ZUCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M. BERTOLDI, M. (1981): Evaluating toxicity of immature compost. **Biocycle Março-Abril**.