



FACULDADE DE VETERINÁRIA

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LICENCIATURA EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL

TRABALHO DE CULMINAÇÃO DE ESTUDO

Tema:

Análise da Eficiência de Produção de Húmus por Minhocas vermelhas (*Eisenia fetida*) e gigantes africanas (*Eudrilus eugeniae*).

Supervisora:

Prof^a. Doutora Dácia Correia

Co- supervisores:

Prof^a. Doutora Laurinda Augusto

Eng. Freitas Garrine

Autora:

Genifer Rieza António Socieche

Maputo, Novembro de 2025

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Genifer Rieza António Socieche**, declaro por minha honra que o trabalho realizado é da minha exclusiva autoria, e da orientação do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, e nas referências bibliográficas. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para a obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, _____ Novembro de 2025

A autora

(Genifer Rieza António Socieche)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com todo amor e gratidão aos meus pais, António Sambo Socieche e Cecília Ernesto Xerinda, que são o meu alicerce. Aos meus irmãos, Deisy Socieche e Marven Socieche, que são parte de mim. Esta conquista é nossa. Tudo que deixo aqui é uma semente daquilo que aprendi convosco "A família é o nosso primeiro e mais precioso porto seguro".

AGRADECIMENTOS

Á Deus, todo poderoso, pela saúde, por ser minha luz nos dias escuros e meu alívio nos momentos de incerteza. Foi na fé que encontrei força para seguir adiante, mesmo quando as dúvidas e o medo de errar ameaçavam vencer. Sem ele este percurso não teria sentido.

Aos meus pais, António Sambo Socieche e Cecília Ernesto Xerinda, que são o meu exemplo de amor incondicional. Obrigada por me ensinarem que os sonhos se constroem com trabalho, humildade e fé. Mesmo nos momentos mais difíceis, souberam estar presentes com gesto e um silêncio cheio de força.

Aos meus irmãos, Deisy Socieche e Marven Socieche, companheiros da vida, que partilharam comigo alegrias, frustrações, e em momentos de dúvidas sempre acreditaram em mim. Obrigada pelo apoio e vossa presença em todos momentos da minha vida.

Aos meus supervisores, Prof.^a Doutora Dácia Correia, Prof.^a Doutora Laurinda Augusto e Eng. Freitas Garrine pela orientação, paciência e exigência equilibrada. Obrigada pelos ensinamentos e por me guiarem com rigor. A vossa confiança e disponibilidade foram essenciais para a conclusão deste estudo.

Á empresa Húmoz Lda., por ter confiado em mim e aberto as portas para a realização deste trabalho. Agradeço pela oportunidade de ter feito parte de uma equipe dedicada á sustentabilidade, e por me permitirem aprender de forma enriquecedora. O vosso acolhimento foi fundamental para a realização deste trabalho.

As minhas amigas, Merlyn Castro, Nónica Timba, e Vanessa Coélio que estiveram comigo nos bastidores, em chamadas de madrugada, nas mensagens de apoio, nos conselhos, nas gargalhadas e até nas lágrimas. Em especial á Adília Tembe que foi mais que uma amiga, foi meu sustento emocional e encorajadora incansável, obrigada.

Aos meus companheiros da caminhada, Adérito Tinosse, Berta Doho, Denise Amone, Élvia Bunguane, Juliana Mendes e Líria Virgílio, que transformaram o percurso académico mais leve. Obrigada pelas partilhas, trabalhos em grupo, entreaajuda, conversas e amizade. Levo cada um de vós no coração.

Por fim, a todos os que de forma directa ou indirecta contribuíram para que esta etapa fosse cumprida. O meu mais profundo e sincero agradecimento.

Muito obrigada.

LISTA DE ABREVIATURAS

ADN- Ácido desoxirribonucleico;

ANOVA- Análise de variância;

C/N- Carbono/ Nitrogénio;

CTC- Capacidade de Troca Catiónica;

Fig.- Figura;

IIAM- Instituto de Investigação Agrária de Moçambique;

Lda.- Limitada;

ME- Microrganismos eficientes;

MO- Matéria Orgânica;

N-P-K- Nitrogénio-Fósforo-Potássio;

pH- Potencial hidrogeniónico;

R- Repetição;

T- Tratamento;

Vs.- *Versus*.

LISTA DE FIGURAS

Figura I- Matrizes de <i>Eisenia fetida</i>	7
Figura II- Matrizes de <i>Eudrilus eugeniae</i>	8
Figura III- Localização geográfica da empresa Húmoz Fertilizantes Lda.....	11
Figura VI- Matrizes de <i>Eisenia fetida</i>	15
Figura VII- Controlo da humidade, usando o método manual.....	16
Figura VIII- Separação das minhocas do húmus e a contagem das mesmas.....	17
Figura IX- Medição do húmus produzido com recurso á balança electrónica.	17
Figura XI- Unidades experimentais do segundo experimento.....	18
Figura XII- Adição do húmus no solo já preparado.	19
Figura XIII- Figuras referentes a adubação complementar no décimo dia de produção.	20

LISTA DE TABELAS

Tabela I- Produção de húmus (kg) em função de tipo de resíduo e tipo de minhoca em todos os tratamentos	23
Tabela II- Produção média de húmus (kg) por tipo de resíduo e tipo de minhoca - estatísticas descritivas.	24
Tabela III- Resultados da ANOVA para avaliar os efeitos do tipo de resíduo, tipo de minhoca e sua interação sobre a produção de húmus (kg).....	25
Tabela IV- Variação percentual do número de minhocas (entrada vs. saída) em função do tipo de resíduo e do tipo de minhoca utilizado durante o experimento.....	26
Tabela V- Altura da alface (cm) ao longo do tempo em diferentes tipos de húmus produzidos por minhocas vermelhas e gigantes africanas alimentadas com excrementos bovinos e de poedeiras.	28
Tabela VI- Altura média da alface (cm) em função do tempo, do tipo de resíduo e do tipo de minhoca - estatísticas descritivas.....	29
Tabela VII- Resultados da ANOVA factorial para avaliar os efeitos do tipo de resíduo, tipo de minhoca e sua interação sobre a altura da alface ao longo do tempo.....	31

Índice

RESUMO	ix
1.INTRODUÇÃO	1
2. OBJECTIVOS	3
2.1 Geral:	3
2.2 Específicos:	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Compostagem	4
3.1.1 Fase mesofílica.....	4
3.1.2 Fase termofílica	4
3.1.3 Fase de maturação	5
3.2 Vermicompostagem.....	5
3.2.1 Factores que influenciam a vermicompostagem	6
3.2.1.1 Temperatura	6
3.2.1.2 Potencial de hidrogénio (pH).....	6
3.2.1.3 Aeração	7
3.2.1.4 Relação Carbono e Nitrogénio (C/N).....	7
3.3 Minhocas no processo da vermicompostagem	7
3.3.1 Eisenia fetida	7
3.3.2 Eudrilus eugeniae	8
3.4 Substratos para a vermicompostagem	9
3.5 Efeito do húmus no crescimento alface	9
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1 Local de estudo	11
4.2 Aquisição da matéria-prima	12
4.3 Material e equipamentos	12
4.4 Descrição da montagem de experimentos.....	13
4.4.1 Experimento I – Excrementos de bovinos de corte.....	13
4.4.2 Experimento II – Excrementos de poedeiras	13
4.4.3 Produção de substrato	14
4.4.4 Produção de vermicomposto.....	15
4.4.5 Testagem do húmus	19
4.5 Parâmetros Avaliados	21

4.6 Análise estatística.....	21
5. RESULTADOS.....	23
5.1 Produção de húmus	23
5.1.1 Quantidade de húmus produzido	24
5.1.2 Resultados da ANOVA factorial	25
5.1.3 Proliferação das minhocas	26
5.1.4 Variação da temperatura durante a vermicompostagem.....	27
5.2 Crescimento da alface	28
6. DISCUSSÃO.....	33
6.2 Crescimento da Alface	34
7. CONCLUSÃO	37
8.RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES.....	38
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
10.ANEXOS.....	45

RESUMO

A valorização de resíduos pecuários através de processos biológicos sustentáveis, como a vermicompostagem, representa uma alternativa promissora para a produção agrícola e redução de impactos ambientais. Este estudo avaliou a produção de húmus a partir de resíduos de bovinos e de galinhas poedeiras com duas espécies de minhocas (*Eisenia fetida* e *Eudrilus eugeniae*) e o efeito desse húmus no crescimento de *Lactuca sativa*. O delineamento experimental foi fatorial 2×2, com quatro repetições por tratamento. Os resultados demonstraram que o excremento de poedeiras proporcionou maior quantidade de húmus, atingindo 1,135 kg com *Eisenia fetida* e 1,068 kg com *Eudrilus eugeniae*. No entanto, o húmus derivado do excremento bovino apresentou melhor desempenho agronómico, promovendo maior crescimento da alface. A espécie *Eudrilus eugeniae* destacou-se como a mais eficiente em termos de qualidade do húmus, com altura média de 23,88 cm aos 49 dias no tratamento com excremento de bovino, comparativamente a 22,53 cm quando alimentadas com excremento de poedeiras. Para *Eisenia fetida*, as alturas registadas foram 18,08 cm e 13,60 cm, respetivamente. A análise estatística revelou efeito significativo da espécie de minhoca ($p < 0,05$; $\text{Eta}^2p \geq 0,594$), demonstrando forte influência na resposta da cultura. O tipo de resíduo também apresentou impacto relevante ($\text{Eta}^2p = 0,259-0,418$), embora menos expressivo. Não foi observada interação significativa entre os factores, indicando que o efeito de cada variável actuou de forma independente. Assim, a ausência de interação não invalida a identificação da combinação mais eficiente, mas confirma que o desempenho superior de *Eudrilus eugeniae* e do excremento de bovino é consistente em diferentes condições. Os resultados evidenciam que a combinação *Eudrilus eugeniae* combinado com excremento de bovino é a alternativa mais eficiente para o aproveitamento de resíduos pecuários e produção de biofertilizante, reforçando a vermicompostagem como prática sustentável para sistemas agropecuários integrados.

Palavras-chave: Vermicompostagem, Resíduos pecuários, *Lactuca sativa*, Húmus de minhoca e Produção animal sustentável

1.INTRODUÇÃO

A produção animal é uma actividade económica, que se concentra na criação de animais para a produção de diversos produtos e subprodutos de extrema importância para a vida do Homem (Lourenzi, 2024). No decurso das actividades de produção animal, são gerados vários resíduos pelos próprios animais e pela manipulação dos mesmos, facto este que tem potencial de causar contaminação da própria unidade de produção e do meio ambiente se não forem devidamente tratados (Nicoloso e Brunetto, 2024).

A pecuária desempenha um papel central na segurança alimentar e no desenvolvimento económico, porém contribui significativamente para a emissão de gases com efeito de estufa (GEE). Estima-se que o sector pecuário seja responsável por cerca de 14,5% das emissões globais de GEE, como o metano proveniente da fermentação entérica e do manejo inadequado dos dejectos animais (FAO, 2023). Em sistemas pecuários intensivos, a libertação do metano pode representar até 50–60% das emissões totais da exploração (IPCC, 2022). Em Moçambique, onde o sector agropecuário contribui com cerca de 25% do PIB agrícola e assegura o sustento de mais de 80% das famílias rurais, a gestão ineficiente dos resíduos animais constitui um desafio emergente em termos ambientais e sanitários (MINAG, 2022).

A compostagem e a vermicompostagem surgem como alternativas eficazes na valorização destes resíduos, reduzindo os impactos ambientais e gerando produtos com valor agronómico. Estudos demonstram que a compostagem pode reduzir até 40–70% da massa orgânica original, com simultânea redução de patógenos e transformação de nutrientes em formas assimiláveis pelas plantas (Bernal *et al.*, 2017). A vermicompostagem, quando bem conduzida, pode acelerar o processo de mineralização e aumentar o teor de nutrientes disponíveis, com eficiência de transformação da matéria orgânica que pode atingir 50–80% do peso inicial, dependendo do substrato e da espécie de minhoca utilizada (Domínguez e Aira, 2022). Além disso, a aplicação de húmus tem demonstrado capacidade para aumentar em 20–40% o rendimento de culturas hortícolas, incluindo a alface, quando comparado ao uso isolado de fertilizantes químicos ou esterco cru (Helaly *et al.*, 2021; Juleel *et al.*, 2023).

A vermicompostagem é um processo biológico aeróbico que utiliza a acção conjunta de minhocas e microrganismos para decompor resíduos orgânicos, como excrementos animais e restos vegetais, transformando-os em húmus, um biofertilizante sólido rico em nutrientes essenciais para as plantas (IBEAS, 2022). As minhocas fragmentam e ingerem a matéria orgânica, promovendo a sua mineralização e humificação, enquanto os microrganismos presentes em seu tracto digestivo

aceleram a decomposição, resultando em um composto estável e de alta qualidade para o uso agrícola (Kavita *et al.*, 2024).

A vermicompostagem é conhecida como uma tecnologia social devido ao seu baixo custo, eficiência comprovada e facilidade de replicação, sendo amplamente aplicada em diversos contextos, desde a agricultura até o uso doméstico, promovendo a gestão adequada de resíduos orgânicos e a produção de adubo (Cadernos de Agroecologia, 2021).

Segundo Ogunmwede *et al.*, (2023), a vermicompostagem em África ainda está numa fase embrionária, embora haja iniciativas crescentes em países como Nigéria, Gana, África do Sul, Uganda e Quênia. Em muitos destes países, a prática é promovida por universidades, ONGs e pequenos empreendedores como forma de reduzir resíduos orgânicos e melhorar a fertilidade dos solos.

Em Moçambique, a actividade de vermicompostagem ainda é pouco explorada e pouco documentada cientificamente. A maior parte das iniciativas conhecidas são pontuais, de base comunitária ou associadas a pequenas empresas, como a Húmoz Fertilizantes Lda., que tem trabalhado na produção de húmus com foco na sustentabilidade e educação ambiental. No entanto, não existem até à data dados estatísticos oficiais nem programas nacionais estruturados de incentivo à produção de húmus de minhoca e havendo muito poucos produtores nas escalas familiares e comerciais, torna-se relevante a realização do presente estudo para que se possa saber qual a eficiência da sua produção como adubo orgânico.

Este estudo poderá fornecer resultados úteis na incentivação e adopção deste método de tratamento e aproveitamento de resíduos na agropecuária, contribuindo para o manejo adequado dos resíduos e busca de soluções mais sustentáveis na produção de insumo agropecuário de baixo custo, alto rendimento impulsionando o desenvolvimento da economia circular.

2. OBJECTIVOS

2.1 Geral:

- Analisar a eficiência de produção de húmus por minhocas vermelhas californianas (*Eisenia fetida*) e gigantes africanas (*Eudrilus eugeniae*) a partir de resíduos de bovinos e de galinhas poedeiras.

2.2 Específicos:

- Comparar a produção de húmus usando as minhocas vermelhas e gigantes africanas;
- Analisar o efeito dos diferentes tipos de resíduos orgânicos na produção de húmus; e
- Acompanhar o desempenho produtivo da cultura de alface fertilizado com húmus de minhoca.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Compostagem

É processo de decomposição biológica dos resíduos orgânicos, efectuado por uma população diversificada de microrganismos, em condições aeróbicas e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que deram origem (CONAMA, 2017).

A compostagem tem por objectivo acelerar a estabilização da matéria orgânica e dessa forma, as características físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos orgânicos podem ser melhoradas. Esse processo aeróbico ocorre de forma natural por meio da acção de microrganismos que degradam a matéria orgânica (Guo *et al.*, 2019).

O processo de compostagem ocorre em três fases distintas, cada fase se caracteriza pelo predomínio de variedade de populações microbianas e diferentes temperaturas (Singh *et al.*, 2021).

3.1.1 Fase mesofílica

A fase inicial, denominada mesofílica, ocorre a temperaturas moderadas (entre 20 °C e 40 °C) e é dominada por bactérias e fungos mesófilos, responsáveis pela degradação rápida de compostos orgânicos solúveis, como açúcares e aminoácidos (Singh *et al.*, 2021). Estes microrganismos produzem ácidos orgânicos, o que pode provocar uma ligeira queda do pH no início do processo (Bernal *et al.*, 2017).

3.1.2 Fase termofílica

Com a acumulação de calor gerado pela actividade metabólica dos microrganismos, a temperatura da pilha eleva-se, dando origem à fase termofílica, que pode atingir entre 50 °C e 70 °C. Neste estágio predominam microrganismos termofílicos, incluindo bactérias, fungos filamentosos, actinomicetos e coliformes termotolerantes, capazes de degradar compostos mais complexos como celulose, hemicelulose e lignina (Bustamante *et al.*, 2016). Esta fase é também essencial para a sanitização do composto, eliminando patógenos e sementes de plantas daninhas (Pereira *et al.*, 2022).

Contudo, é fundamental manter a temperatura abaixo de 60-65 °C, pois valores mais altos reduzem a diversidade microbiana e podem inibir a decomposição, além de favorecer condições anaeróbicas caso não haja oxigenação adequada. A granulometria dos materiais, a humidade e a frequência de revolvimento influenciam directamente a disponibilidade de oxigénio (Santos *et al.*, 2020). Zhou *et al.*, (2020) prediz que a falta de oxigénio pode atrasar o processo de compostagem e provocar odores desagradáveis devido à fermentação anaeróbica.

3.1.3 Fase de maturação

Após a estabilização térmica, inicia-se a fase de maturação, também chamada de resfriamento ou cura, onde a temperatura volta a níveis mesofílicos e ocorre a humificação da matéria orgânica, com formação de ácidos húmicos e fúlvicos. Os microrganismos mesófilos retornam ao processo, continuando a decomposição residual e promovendo a estabilização do composto (Nakasaki *et al.*, 2019).

De acordo com Bernal, Alburquerque e Moral (2017), a duração da compostagem está directamente relacionada com o equilíbrio da relação carbono e nitrogénio, a oxigenação e o manejo adequado da humidade. Com boas práticas, o processo pode ser completado em até oito semanas, especialmente quando se trata de resíduos animais e o composto resultante pode ser usado na vermicompostagem.

3.2 Vermicompostagem

A vermicompostagem é um processo controlado que explora a acção conjunta de minhocas e microrganismos eficientes (ME), sob condição aeróbica, e tem por finalidade estabilizar a matéria orgânica, inviabilizando o grau poluente e contaminante dos resíduos (Dal Bosco *et al.*, 2017).

Na literatura é notável diferentes abordagens sobre os estágios ou etapas de formação e desenvolvimento da vermicompostagem.

Segundo Pottipati e Kalamdhad (2022), a vermicompostagem é formada por dois estágios, no primeiro estágio a matéria orgânica é compostada de forma tradicional, a fim de proporcionar a redução de microrganismos patogénicos e a sua estabilização. No segundo estágio, o composto resultante é transferido para vermicomposteiras com posterior inoculação de minhocas, cuja actividade acelera a humificação e produz húmus de elevada qualidade.

A vermicompostagem se divide em três etapas principais:

- (1) Etapa inicial ou de degradação;
- (2) Etapa de colonização dos resíduos por parte das minhocas;
- (3) Etapa de maturação.

Dal Bosco *et al.*, (2017) explicam que na etapa (1) ou etapa de degradação, os microrganismos realizam o "ataque" inicial dos resíduos, ocorrendo os primeiros processos de mineralização.

Já na etapa (2), pela acção dos microrganismos e processo de digestão das minhocas ocorre a transformação das moléculas orgânicas em constituintes mais simples, pois todos os compostos orgânicos são colonizáveis pelas minhocas, em menor ou maior grau, e a dificuldade de colonização advém das características de cada resíduo.

Na etapa de maturação ocorre a mineralização e humificação dos compostos. Nessa etapa (3) se originam “substâncias de elevada estabilidade”.

Segundo Dal Bosco *et al.* 2017, em todas as etapas é imprescindível que as perdas de calor sejam mantidas a níveis constantes e que a humidade seja adequada para garantir a sobrevivência das minhocas, pois tanto a escassez quanto o excesso de humidade podem ocasionar a rápida letalidade.

3.2.1 Factores que influenciam a vermicompostagem

A vermicompostagem é uma tecnologia relativamente simples e se os factores que influenciam o processo forem conhecidos e adequadamente manejados há grandes probabilidades de sucesso no processo (Dal Bosco *et al.* 2017).

Os principais factores que influenciam a vermicompostagem são a temperatura, humidade, teor de oxigênio, pH e relação C/N. Quando todos estes estão em condições ideais, o processo tende a ser rápido. Por outro lado, quando um ou mais factores estão em condições distantes das ideais, o processo se tornará lento (Tiecher, 2016).

3.2.1.1 Temperatura

A temperatura desempenha um papel essencial na vermicompostagem, pois influencia tanto a actividade microbiana quanto o metabolismo das minhocas. O processo é favorecido em faixas mesofílicas (25–35 °C), sendo que temperaturas superiores a 40 °C já começam a ser prejudiciais para espécies como *Eisenia fetida* (Aira *et al.*, 2021).

Embora a termofilia (acima de 50 °C) seja desejável nas primeiras fases da compostagem tradicional, na vermicompostagem, temperaturas superiores a 35 °C podem inibir ou até matar as minhocas. Assim, a manutenção da temperatura entre 15 °C e 30 °C é considerada ideal para a actividade simultânea de minhocas e microrganismos (Lim *et al.*, 2016).

3.2.1.2 Potencial de hidrogénio (pH)

As minhocas toleram uma ampla variação de pH, mas a sua actividade óptima ocorre numa faixa entre 6,0 e 8,0. Resíduos orgânicos agrícolas como esterco, palhas e restos vegetais, quando submetidos à pré-compostagem, tendem naturalmente a estabilizar o pH dentro desta faixa favorável, reduzindo a necessidade de ajustamento químico (Khan *et al.*, 2021). Valores muito ácidos (pH <5) ou muito alcalinos (pH > 8,5) podem provocar fuga ou mortalidade das minhocas.

3.2.1.3 Aeração

A aeração é um dos factores mais críticos na vermicompostagem, pois garante a presença de oxigénio essencial para a respiração aeróbia dos microrganismos e evita a formação de condições anaeróbias, que geram odores desagradáveis e compostos tóxicos. A oxigenação pode ser promovida através da reviragem manual regular ou por métodos mecânicos, sendo recomendado que o teor de oxigénio não desça abaixo de 10% no substrato e uma boa aeração também auxilia no controlo da temperatura e da humidade (Pereira *et al.*, 2022).

3.2.1.4 Relação Carbono e Nitrogénio (C/N)

A proporção entre carbono e nitrogénio (C/N) é determinante para o equilíbrio nutricional do processo. O carbono é a principal fonte de energia para os microrganismos, enquanto o nitrogénio é essencial para a produção de proteínas e enzimas. Uma relação C/N inicial adequada para a vermicompostagem situa-se entre 25:1 e 30:1, sendo que valores muito elevados (acima de 40:1) retardam o processo por falta de nitrogénio, enquanto valores baixos (menores que 15:1) podem causar perdas por volatilização de amónio e acidificação do substrato (Suthar, 2019; Lim *et al.*, 2016).

3.3 Minhocas no processo da vermicompostagem

3.3.1 *Eisenia fetida*

A espécie *Eisenia fetida* conhecida como minhoca vermelha californiana é a mais utilizada mundialmente, devido a sua ampla adaptabilidade a diferentes condições ambientais, incluindo variações de temperatura (10-32 °C) e níveis de humidade (70-90%), bem como á sua elevada resistência ao maneo e eficiência na conversão de resíduos orgânicos (Suthar e Singh, 2022). A escolha das minhocas é um aspecto importante na evolução da tecnologia de vermicompostagem.

Esta minhoca possui um ciclo de vida curto, uma taxa de crescimento acelerada e uma capacidade reprodutiva elevada, características que á tornam ideal para sistemas comerciais de vermicompostagem (Garg e Gupta, 2020). Além disso, a minhoca californiana consegue decompor matéria orgânica relativamente fresca, o que a distingue de outras espécies que necessitam de resíduos parcialmente decompostos para se desenvolverem (Lim *et al.*, 2016).



Fig. I: Matrizes de *Eisenia fetida*.

3.3.2 *Eudrilus eugeniae*

Esta espécie é vulgarmente conhecida como "minhoca gigante africana", destaca-se pela sua elevada taxa de consumo de resíduos, sendo capaz de ingerir diariamente uma quantidade equivalente ao seu próprio peso corporal, sendo esta de grande interesse comercial. Apresenta também uma taxa de crescimento muito acelerada, o que a torna atrativa para produção intensiva do vermicomposto, especialmente em climas tropicais (Aira *et al.*, 2021). No entanto a minhoca gigante africana é mais sensível a baixas temperaturas, pelo que o seu uso é geralmente limitado a regiões de clima quente ou ambientes controlados.

Em sistemas de vermicompostagem a escolha das minhocas depende das condições ambientais locais, do tipo de resíduo a ser processado e dos objectivos do produtor, sendo ambas altamente eficientes quando utilizadas de forma adequada.



Fig. II: Matrizes de *Eudrilus eugeniae*.

3.4 Substratos para a vermicompostagem

O uso de esterco de origem animal, como os de bovinos, aves, ovinos, caprinos, suínos e equinos, continua a ser uma prática amplamente difundida na vermicompostagem, representando uma solução sustentável e economicamente viável para o reaproveitamento de resíduos agropecuários. Estudos recentes indicam que esses resíduos, quando correctamente manejados, oferecem nutrientes adequados ao desenvolvimento das minhocas e à produção de húmus de alta qualidade (Lim *et al.*, 2016; Shah *et al.*, 2020).

Embora diferentes tipos de esterco possam ser utilizados com sucesso, o esterco de bovino mantém-se como o mais comum, sobretudo pela sua maior disponibilidade e pelo equilíbrio da sua relação C/N, favorecendo o desenvolvimento das minhocas (Khan *et al.*, 2021).

Importa destacar que a utilização de matéria orgânica fresca não é recomendada, uma vez que o seu elevado teor de carbono, associado à presença de compostos orgânicos potencialmente tóxicos, pode inibir o crescimento das minhocas ou até provocar a sua mortalidade (Garg *et al.*, 2019).

As minhocas alimentam-se preferencialmente de resíduos com maior teor de nitrogénio proteico, razão pela qual mostram melhor desempenho com resíduos de origem animal em detrimento dos vegetais. Os resíduos com excesso de proteína devem ser evitados, pois a fermentação excessiva no tracto digestivo das minhocas pode gerar condições anaeróbicas prejudiciais (Surthar e Singh, 2022).

3.5 Efeito do húmus no crescimento alface

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortícola de grande importância económica e nutricional, cultivada e consumida em diversas regiões do mundo devido ao seu ciclo produtivo curto, elevado valor comercial e elevado teor de fibras, vitaminas e minerais (Souza *et al.*, 2021). É uma cultura com uma boa capacidade de adaptação e requer pouca manutenção, podendo ser cultivada ao longo de todo o ano em sistemas protegidos ou a céu aberto, com transplântio ou sementeira directa no solo. Desenvolve-se melhor em condições de humidade fria. A temperatura ideal para o seu cultivo oscila entre 13 a 25°C durante o dia e 10 a 15°C durante a noite (IIAM, 2017).

Tradicionalmente, a fertilização da alface baseia-se no uso de adubos minerais, sobretudo com fontes de nitrogénio e fósforo, que proporcionam rápido crescimento vegetativo (Durak *et al.*, 2017). Contudo, o uso intensivo de fertilizantes sintéticos tem sido associado à degradação da qualidade do solo e à contaminação ambiental, o que tem incentivado a procura por alternativas sustentáveis, como os fertilizantes orgânicos (Veras *et al.*, 2021).

Entre as fontes orgânicas, o húmus de minhoca proveniente da vermicompostagem tem-se destacado pela sua riqueza em nutrientes disponíveis, elevado teor de matéria orgânica estável, presença de microrganismos benéficos e substâncias húmicas que melhoram a estrutura do solo, a retenção de água e a capacidade de troca catiónica (Oliveira *et al.*, 2021; Aira *et al.*, 2021). Além do fornecimento de macro e micronutrientes, o húmus actua como bioestimulante natural, favorecendo o enraizamento e aumentando a absorção de elementos essenciais como o nitrogénio, fósforo e potássio (Azevedo *et al.*, 2020).

Estudos indicam que a aplicação de húmus de minhoca pode melhorar significativamente o desenvolvimento morfológico e produtivo da alface. Resultados obtidos por (Silva *et al.*, 2023) demonstraram que canteiros de alface cultivados com 20-40% de húmus incorporado ao solo apresentaram maior massa fresca e seca, além de folhas mais largas e coloração mais intensa, em comparação com plantas cultivadas com fertilizantes sintéticos.

De forma semelhante Adiloğlu *et al.*, (2018), observaram aumentos significativos no número de folhas, diâmetro da copa e peso seco de alfaces cultivadas com doses crescentes de húmus até 12 000 kg/ha. Em estudo realizado por Tran *et al.*, (2024) registaram produtividades máximas de 20,3–22,7 t/ha com a aplicação de 12–15 t/ha de húmus derivado de esterco bovino, associado a melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo.

A dose ideal de húmus pode variar de acordo com o tipo de solo e o sistema de cultivo. De forma geral, recomenda-se a aplicação entre 20% e 50% do volume do substrato ou entre 5 a 10 t/ha em campo aberto (Oliveira *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023). Estudos que compararam diferentes fontes de fertilização verificaram que, embora fertilizantes químicos promovam respostas rápidas, o húmus proporciona efeitos mais duradouros, melhorando simultaneamente a saúde do solo e a qualidade nutricional da alface (Besas *et al.*, 2020; Veras *et al.*, 2021).

Além do incremento na produtividade, a aplicação de húmus de minhoca está associada à redução da incidência de pragas e doenças, devido à presença de compostos antimicrobianos e microrganismos antagonistas (Dimas *et al.*, 2019). Este efeito pode reduzir a necessidade de defensivos químicos, promovendo sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis.

Assim, o húmus de minhoca apresenta-se não apenas como um insumo orgânico eficiente para a alface, mas também como uma ferramenta estratégica na agricultura sustentável, alinhada com os princípios da economia circular e da gestão adequada de resíduos pecuários.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

A Húmoz Fertilizantes Lda., está situada na cidade da Matola, província de Maputo, mais concretamente na Avenida Joaquim Chissano, Nr 12279, R/C, Q13 (**fig. III** abaixo). A sua localização estratégica facilita o acesso a resíduos orgânicos provenientes do matadouro e a distribuição de fertilizantes orgânicos para produtores locais e regionais.

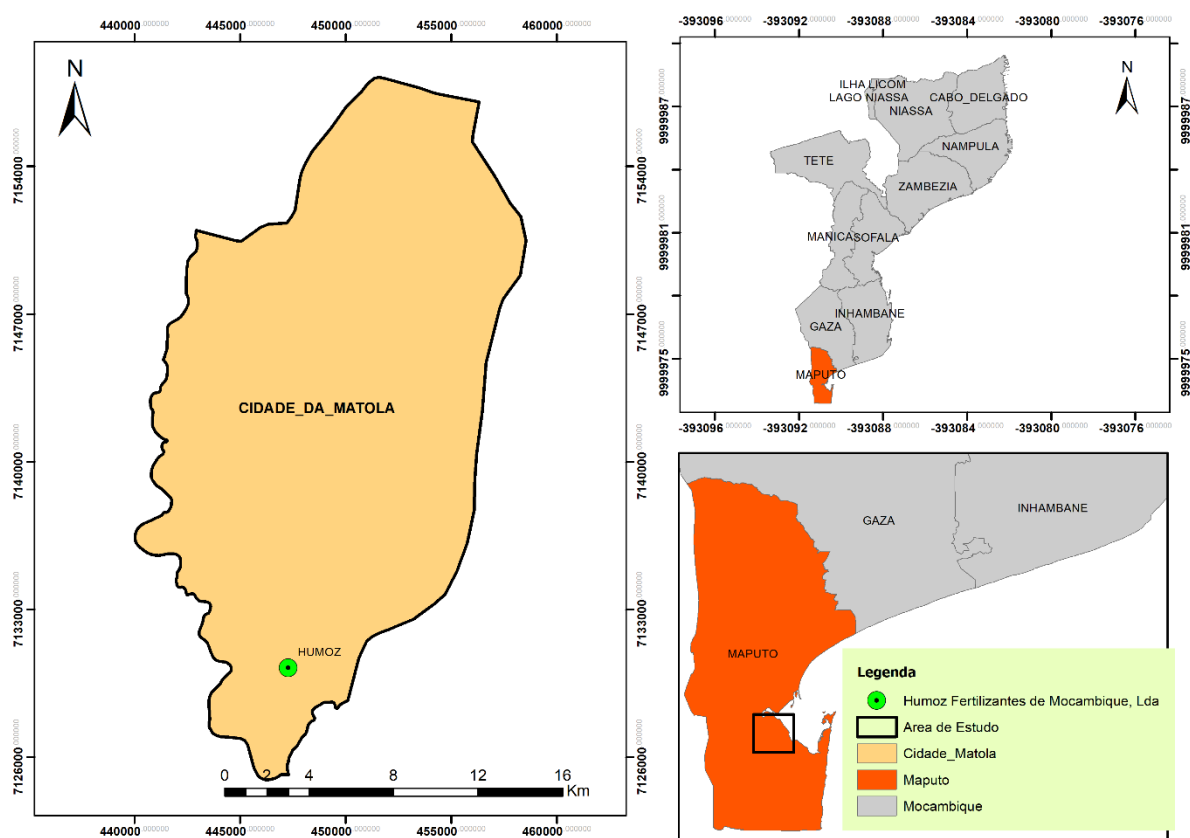


Figura III- Localização geográfica da empresa Húmoz Fertilizantes Lda

Fonte: Adília Tembe, 2025.

O clima da região é do tipo tropical seco, com duas estações bem definidas: a estação quente e chuvosa, de Novembro a Abril, e a estação seca e fria, de Maio a Outubro. A precipitação anual varia entre 750 e 800 mm, concentrando-se sobretudo nos meses de Dezembro a Março. A humidade relativa média situa-se nos 66%, com máximos de cerca de 71% em Março e mínimos próximos de 63% em Junho. As temperaturas médias variam entre 18,8 °C em Julho e 26,8 °C em Janeiro,

condições favoráveis à actividade microbiológica e à decomposição da matéria orgânica durante o processo de vermicompostagem (Pimentel, 2013; Climate-Data, 2023).

A Húmoz Fertilizantes Lda. é uma empresa moçambicana especializada na produção de fertilizantes orgânicos, com enfoque no húmus de minhoca, utilizando técnicas de vermicompostagem para transformar resíduos agropecuários em insumos agrícolas de elevado valor nutricional. Fundada em 2019, a empresa actua com uma abordagem ecológica, promovendo práticas sustentáveis e regenerativas no sector agrícola.

A Húmoz dispõe de uma equipa multidisciplinar, integrando técnicos em agronomia, engenharia ambiental, química e marketing. Para além da produção e comercialização de húmus, disponibiliza também sementes biológicas e estruturas de estufa. Colabora com instituições de ensino, centros de investigação e produtores rurais, com o objectivo de promover a fertilização natural, a educação ambiental e a gestão sustentável de resíduos em Moçambique.

4.2 Aquisição da matéria-prima

Os excrementos de poedeiras foram obtidos frescos na faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane e excrementos de bovinos foram obtidos secos numa exploração pecuária em Moamba e as minhocas no minhocário da Húmoz.

4.3 Material e equipamentos

- Minhocas vermelhas californianas (*Eisenia fetida*);
- Minhocas africanas (*Eudrilus eugeniae*);
- Mudanças de alface (*Lactuca sativa*);
- Excrementos de bovinos;
- Excrementos de frangos de corte;
- Balança;
- 16 Baldes de 5 litros;
- Luvas plásticas;
- Tesoura;
- Plásticos;
- Caixas plásticas;
- Enxada;
- Rede;
- Régua;
- Termómetro;

- Fita métrica; e
- Marcador de tinta permanente.

4.4 Descrição da montagem de experimentos

O período de experimentação foi de Dezembro de 2023 á Março de 2024, com o objectivo de avaliar o desempenho de duas espécies de minhocas, vermelha californiana e gigante africana no processo de produção de húmus de dois tipos distintos de resíduos orgânicos de origem animal: excrementos de bovinos de corte e excrementos de galinhas poedeiras. Para tal, foram realizados dois experimentos independentes, organizados de forma semelhante quanto à estrutura de tratamentos e repetições.

Cada experimento foi instalado com dois tratamentos e quatro repetições por tratamento, perfazendo um total de oito unidades experimentais por experimento e dezasseis parcelas experimentais no total.

4.4.1 Experimento I – Excrementos de bovinos de corte

Neste primeiro ensaio, utilizou-se excremento de bovinos de corte como substrato para vermicompostagem. Foram aplicados os seguintes tratamentos:

- Tratamento 1 (T1): Utilização da espécie minhoca vermelha californiana;
- Tratamento 2 (T2): Utilização da espécie minhoca gigante africana.

Cada tratamento foi replicado quatro vezes (R1 a R4), resultando em oito parcelas experimentais

4.4.2 Experimento II – Excrementos de poedeiras

O segundo ensaio teve como substrato o excremento proveniente de galinhas poedeiras, submetido aos mesmos tratamentos anteriores:

- Tratamento 1 (T1): Utilização da espécie minhoca vermelha californiana;
- Tratamento 2 (T2): Utilização da espécie minhoca gigante africana.

Da mesma forma, cada tratamento foi replicado quatro vezes (R1 a R4), totalizando outras oito parcelas experimentais.

Os experimentos foram conduzidos em 3 etapas:

- ✓ Produção do substrato (Pré-compostagem);

- ✓ Vermicompostagem (Produção de húmus); e
- ✓ Testagem do húmus produzido.

4.4.3 Produção de substrato

Os excrementos de poedeiras foram adquiridos frescos numa quantidade de 50 kg por isso tiveram que passar por um processo de pré-compostagem para diminuir a carga microbiológica e garantir a sua estabilização. Os excrementos foram colocados em leira (**fig. IV**), onde eram revirados e humedecidos duas vezes por semana, preservando as condições ideais de aeração e humidade durante a pré-compostagem. Este processo durou em torno de 45 dias.



Figura IV- (A) - Preparação do substrato com excrementos de poedeiras; (B) - Leira de substrato de poedeiras.

Fonte: Genifer Socieche, 2023.

Os excrementos de bovinos foram adquiridos secos, numa quantidade de 50 kg, não foi necessário realizar a pré-compostagem. Os excrementos passaram por um processo de trituração (**fig. VA**), para reduzir o seu tamanho. Em seguida, foi feita a peneiração (**fig. VB**), para a uniformização do material. Antes do armazenamento em uma caixa plástica, o material foi humedecido (**fig. VC**), para garantir que a humidade estivesse em um nível adequado para o uso subsequente.



Figura V- (A) - Trituração dos excrementos de bovinos; (B) - Processo de peneiração; (C) - Rega do material para o posterior armazenamento

Fonte: Genifer Socieche, 2023.

4.4.4 Produção de vermicomposto

A produção do vermicomposto foi uma etapa essencial, uma vez que visava transformar o substrato anteriormente produzido em húmus de elevada qualidade através da acção das minhocas. Para tal, foram utilizadas matrizes de *Eisenia fetida* e *Eudrilus eugeniae*, espécies reconhecidas na literatura pela sua eficiência no processo de decomposição da MO e conversão em vermicomposto. A **fig. VI** ilustra a imagem das matrizes de minhocas vermelhas usadas para a realização do ensaio.



Figura III- Matrizes de *Eisenia fetida*.

Fonte: Genifer Socieche, 2023.

Para o **primeiro experimento** foram colectadas 1760 minhocas, das quais 880 eram vermelhas californianas e as restantes 880 gigantes africanas separadas manualmente, e distribuídas em número igual em 8 baldes de plástico de 5l (cada balde representava uma repetição) contendo o substrato de bovino anteriormente preparado. Cada balde continha 2kg do substrato e 220 minhocas. A vermicompostagem teve início no dia 8 de Dezembro de 2023.

As actividades rotineiras consistiam em medir a temperatura com recurso ao termómetro, controlar a humidade e fazer o reviramento do vermicomposto (**fig. VII**), para garantir a homogeneização do mesmo. Para controlar a humidade usou-se o método manual, que consistia em comprimir o vermicomposto na mão, quando libertasse muita água significava que a humidade estava em excesso e para regular adicionava-se um pouco do substrato. E quando apresentava-se seco procedia-se a rega do vermicomposto até que adquirisse uma textura húmida. O ponto adequado é quando é comprimido e não liberta água e não está seco.



Figura IIIII- Controlo da humidade, usando o método manual.

Fonte: Genifer Socieche, 2023.

Passados os 45 dias de decomposição do material e com o vermicomposto já pronto, seguiu-se a separação das minhocas do húmus e a contagem das mesmas (**fig. VIII**). Em seguida peneirou-se o húmus para retirar as partículas indesejáveis e a posterior foi pesado (**fig. IX**) e embalado em plásticos (**fig. X**), e armazenados num local arejado e limpo.



Figura IV- Separação das minhocas do húmus e a contagem das mesmas.

Fonte: Genifer Socieche, 2024.



Figura VX- Medição do húmus produzido com recurso à balança electrónica.

Fonte: Genifer Socieche, 2024.



Figura X- Húmus já pronto e embalado

Fonte: Genifer Socieche, 2024.

Para o **segundo experimento (fig. XI)**, seguiram-se os mesmos procedimentos realizados no primeiro experimento, a única diferença registrada foi a data de início que foi em 25 de Janeiro de 2024. As minhocas utilizadas foram as mesmas do primeiro experimento, após a separação do húmus, foram recolhidas e reintroduzidas nos novos substratos. Este reaproveitamento não comprometeu o processo, já que as espécies escolhidas apresentam elevada resistência ao manuseio e rápida adaptação a diferentes tipos de resíduos orgânicos, o que as torna ideais para este tipo de estudo (Quintela-Sabarís *et al.*, 2022). O processo também durou 45 dias.



Figura VII- Unidades experimentais do segundo experimento

Fonte: Genifer Socieche, 2024.

4.4.5 Testagem do húmus

O processo de cultivo de alface iniciou-se com a preparação do solo, onde foram estabelecidos quatro canteiros com dimensões de 80 cm de comprimento e 50 cm de largura. Cada canteiro foi subdividido em quatro partes iguais, totalizando 16 parcelas experimentais, correspondentes às 16 amostras de húmus produzido. Após a preparação dos canteiros, procedeu-se à adubação do solo com 125 g de húmus por parcela (**fig. XII**), seguida de irrigação inicial.



Figura VIII- Adição do húmus no solo já preparado.

Fonte: Genifer Socieche, 2024.

No dia subsequente, realizou-se o transplante das mudas de alface, com irrigação feita duas vezes ao dia, uma pela manhã e outra no final da tarde. A **fig. XIII** ilustra o desenvolvimento inicial das mudas dez dias após o transplante, momento em que foi feita a primeira adubação complementar com fertilizante. Na **fig. XIV** temos a apresentação do aspecto da cultura no 49º dia de produção, evidenciando folhas bem desenvolvidas. O ciclo total de produção foi de 49 dias.



Figura VIII-III- Figuras referentes a adubação complementar no décimo dia de produção.

Fonte: Genifer Socieche, 2024.

- A-** Fertilizado com húmus produzido á base de excrementos de bovinos-minhocas vermelhas.
- B-** Fertilizado com húmus produzido á base de excrementos de bovinos-minhocas gigantes africanas.
- C-** Fertilizado com húmus produzido á base de excrementos de galinhas poedeiras-minhocas vermelhas.
- D-** Fertilizado com húmus produzido á base de excrementos de galinhas poedeiras-minhocas gigantes africanas.



Figura XIV- As figuras ilustram a alface fertilizada com húmus produzido a base de excrementos de bovino com minhocas gigantes africanas no último 49º dia de produção.

Fonte: Genifer Socieche, 2023.

4.5 Parâmetros Avaliados

Durante o período de vermicompostagem e crescimento da alface foram avaliados os seguintes parâmetros:

- **Quantidade de húmus** (kg por repetição);
- **Eficiência de conversão (%)**= $\text{Massa de húmus produzido} / \text{Massa inicial de substrato} * 100$
- **Proliferação das minhocas** (biomassa e número final de indivíduos);
- **Temperatura durante a vermicompostagem**;
- **Altura da alface** (em cm).

4.6 Análise estatística

A análise dos dados foi feita utilizando o programa **IBM SPSS Statistics®**, versão 25. O objectivo foi verificar se o tipo de resíduo utilizado e o tipo de minhoca influenciaram de forma significativa a produção de húmus e o crescimento da alface ao longo do tempo.

Para isso, foi aplicada a ANOVA factorial, considerando dois factores fixos: o tipo de resíduo e o tipo de minhoca. A análise foi feita separadamente para cada tempo de avaliação (7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias). Ou seja, para cada um desses dias, foi verificado se o tipo de resíduo, o tipo de minhoca ou a combinação dos dois influenciaram significativamente os resultados. Dessa forma, foi possível identificar em que momentos do experimento os tratamentos causaram diferenças estatisticamente significativas na produção de húmus ou no crescimento da alface.

Foi considerado um resultado estatisticamente significativo quando o valor de **p** for menor que 0,05. Além disso, foi calculado o tamanho do efeito (η^2 parcial) para indicar o quanto cada factor contribui para as diferenças observadas. Os tamanhos de efeito serão classificados como: **pequeno** (entre 0,01 e 0,05), **moderado** (entre 0,06 e 0,13) e **grande** (acima de 0,14).

Também foram apresentadas médias e desvios padrão para cada grupo experimental. Esses dados descritivos ajudaram a interpretar melhor os resultados e comparar o desempenho dos diferentes tipos de resíduos e minhocas ao longo do tempo.

5. RESULTADOS

Nesta secção são apresentados os resultados dos dados colhidos durante a produção de húmus e o teste do húmus na cultura de alface.

5.1 Produção de húmus

A **Tabela I** apresenta os dados referentes á quantidade de húmus produzido (kg) em função de dois factores, tipo de minhoca e tipo de resíduo. Estes dados sugerem que o excremento de poedeiras proporcionou maior produção, em especial quando associado às minhocas vermelhas. Contudo este aumento não se refletiu em maior qualidade agronómica do húmus produzido avaliado pelo desempenho na produção de alface.

Tabela I- Produção de húmus (kg) em função de tipo de resíduo e tipo de minhoca em todos os tratamentos

Tipo de Minhoca		Tipo de Resíduo	Quantidade de húmus produzido (Kg)
Minhocas vermelhas		Excremento de Bovino	0.93
Minhocas vermelhas		Excremento de Bovino	0.82
Minhocas vermelhas		Excremento de Bovino	0.65
Minhocas vermelhas		Excremento de Bovino	0.56
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento de Bovino	0.85
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento de Bovino	0.89
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento de Bovino	0.8
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento de Bovino	0.95
Minhocas vermelhas		Excremento de Poedeira	1.21
Minhocas vermelhas		Excremento de Poedeira	0.96
Minhocas vermelhas		Excremento de Poedeira	1.23

		Poedeira		
Minhocas vermelhas		Excremento Poedeira	de	1.14
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento Poedeira	de	0.95
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento Poedeira	de	1.23
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento Poedeira	de	1.1
Minhocas Africanas	gigantes	Excremento Poedeira	de	0.99

5.1.1 Quantidade de húmus produzido

Os dados indicaram que o maior volume foi obtido com o uso de excremento de poedeiras, principalmente com minhocas vermelhas, que atingiram uma média de 1,135 kg por tratamento, seguidas pelas gigantes africanas, com 1,068 kg (**Tabela II**). Quando foi utilizado o excremento de bovino, a produção foi menor: 0,873 kg com gigantes africanas e 0,740 kg com vermelhas. Isso mostra que o resíduo de poedeiras gerou maior quantidade de húmus.

Tabela II- Produção média de húmus (kg) por tipo de resíduo e tipo de minhoca - estatísticas descritivas.

Estatística Descritiva				
Tipo de Resíduo		N	Peso de húmus (kg)	
			Média	Erro Desvio
Excremento de Bovino	Minhocas gigantes Africanas	4	0.8725	0.06344
	Minhocas vermelhas	4	0.7400	0.16633
Excremento de Poedeira	Minhocas gigantes Africanas	4	1.0675	0.12553
	Minhocas vermelhas	4	1.1350	0.12288

5.1.2 Cálculo da eficiência

A eficiência de conversão foi superior no substrato de poedeiras para ambas espécies, atingindo 56,75% para minhocas vermelhas e 53,40% para as gigantes africanas.

Tabela III: Cálculo da eficiência de conversão com base na média de húmus produzido sobre o substrato para cada tratamento.

Tratamento	Média de húmus produzido (kg)	Substrato inicial (kg)	Eficiência (%)
Excremento de poedeiras + minhocas vermelhas	1.135	2	56.75
Excremento de bovinos + minhocas vermelhas	0,740	2	37.00
Excremento de poedeiras + minhocas gigante africanas	1.068	2	53.40
Excremento de bovinos+ minhocas gigantes africanas	0,873	2	43.65

5.1.3 Resultados da ANOVA factorial

A análise estatística (**ANOVA factorial – Tabela III**) confirmou esses achados: o tipo de resíduo teve efeito estatisticamente significativo na produção de húmus ($p = 0.000$), com grande tamanho de efeito ($\text{Eta}^2p = 0.650$). O tipo de minhoca não influenciou significativamente ($p = 0.613$), e a interação entre os dois factores também não foi significativa ($p = 0.136$), o que indica que o efeito do tipo de resíduo foi dominante e independente do tipo de minhoca.

Tabela III- Resultados da ANOVA para avaliar os efeitos do tipo de resíduo, tipo de minhoca e sua interação sobre a produção de húmus (kg).

Testes de efeitos entre sujeitos

Origem	Soma dos Quadrados		gl	Quadrado Médio	F	Sig. (p-valor).	Tamanho do efeito (Eta^2p)
Tipo de Resíduo	0.348		1	0.348	22.261	0.000	0.650
Tipo de Minhoca	0.004		1	0.004	0.270	0.613	0.022
Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	0.040		1	0.040	2.558	0.136	0.176

Erro	0.188	12	0.016
Total	15.134	16	

****p < 0.05:** efeito significativo; ****Eta²p:** Pequeno (0.01 – 0.05), Moderado (0.06 – 0.13), Grande (≥ 0.14).

5.1.3 Proliferação das minhocas

Em relação ao crescimento populacional das minhocas, os resultados mostraram que o tipo de resíduo teve forte influência (**Tabela IV**). No excremento de bovino, as minhocas vermelhas apresentaram aumentos populacionais entre +101% e +144%, enquanto as gigantes africanas cresceram entre +18% e +37%. Em contraste, quando foi utilizado resíduo de poedeiras, ambos os tipos de minhocas apresentaram reduções populacionais acentuadas: até -74% para vermelhas e -62% para gigantes africanas, com exceção de uma repetição que teve redução de apenas -5%.

Tabela IV- Variação percentual do número de minhocas (entrada vs. saída) em função do tipo de resíduo e do tipo de minhoca utilizado durante o experimento.

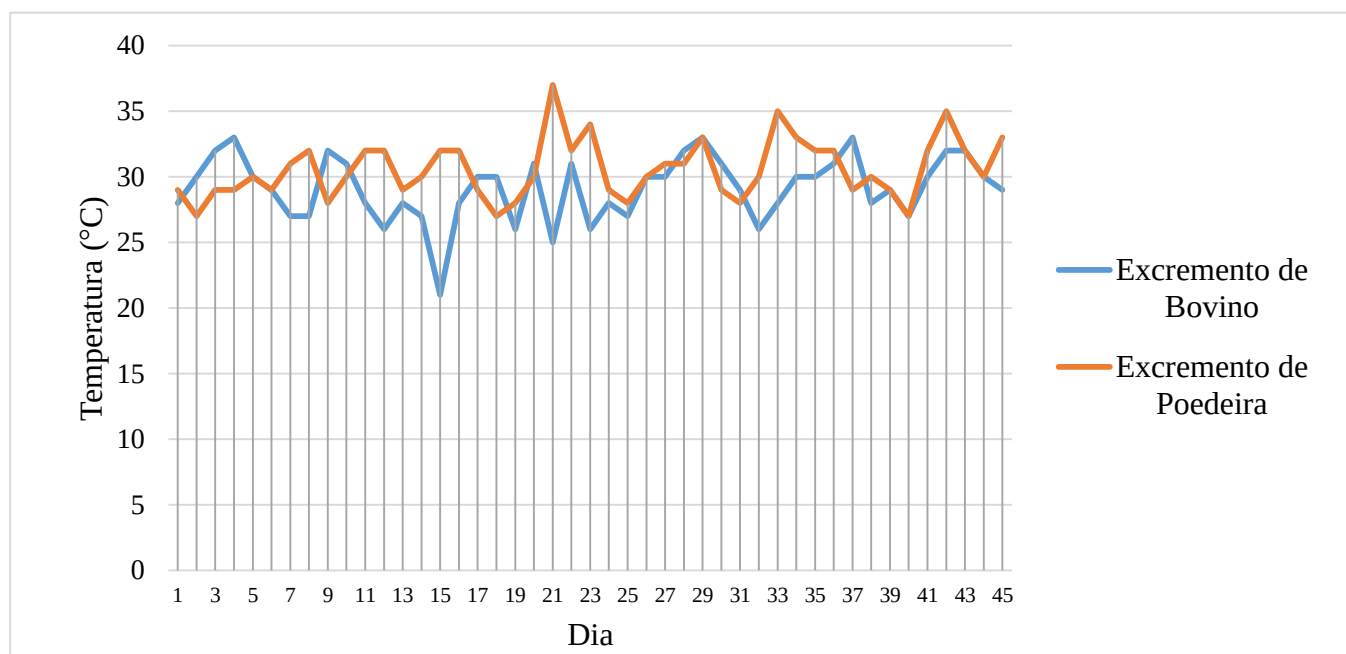
Tipo de resíduo	Tipo de minhoca	Entrada de minhocas	Saída de minhocas	Evolução (%)
Excremento de Bovino	Minhocas Vermelhas	220	537	144%
	Minhocas Vermelhas	220	498	126%
	Minhocas Vermelhas	220	514	134%
	Minhocas Vermelhas	220	443	101%
	Minhocas gigantes africanas	220	301	37%
	Minhocas gigantes africanas	220	287	30%
	Minhocas gigantes africanas	220	271	23%
	Minhocas gigantes africanas	220	260	18%
Excremento de Poedeira	Minhocas Vermelhas	220	102	-54%
	Minhocas Vermelhas	220	66	-70%

Minhocas Vermelhas	220	58	-74%
Minhocas Vermelhas	220	81	-63%
Minhocas gigantes africanas	220	90	-59%
Minhocas gigantes africanas	220	115	-48%
Minhocas gigantes africanas	220	83	-62%
Minhocas gigantes africanas	220	209	-5%

5.1.4 Variação da temperatura durante a vermicompostagem

A variação da temperatura ao longo do experimento (**Gráfico I**) contribui para entender o ambiente de vermicompostagem. Em geral, as temperaturas ficaram dentro da faixa ideal para a actividade das minhocas e a decomposição da matéria orgânica, entre 21 °C e 37 °C. No resíduo bovino, as temperaturas foram mais estáveis, com picos de 33 °C nos dias 4, 29 e 37, e tendência de queda ao final (29 °C no dia 45), indicando estabilização do substrato. Já no resíduo de poedeiras, a temperatura foi mais variável e com tendência crescente, atingindo 37 °C no dia 21 e 35 °C nos dias 33 e 42.

Gráfico I- Variação da temperatura (°C) ao longo dos dias da produção de húmus.



5.2 Crescimento da alface

A **Tabela V** apresenta a altura da alface (cm) ao longo de sete momentos distintos (7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após o transplante), em função do tipo de húmus utilizado. Os dados mostram consistência no aumento gradual da altura ao longo do tempo, conforme esperado para o ciclo de desenvolvimento da alface. A comparação entre tratamentos evidencia que a espécie de minhoca tem impacto relevante no resultado final da cultura, sendo o tipo de resíduo também um factor importante no que se refere à estabilidade de produção.

Tabela V- Altura da alface (cm) ao longo do tempo em diferentes tipos de húmus produzidos por minhocas vermelhas e gigantes africanas alimentadas com excrementos bovinos e de poedeiras.

Tipo de Minhoca	Tipo de Resíduo	Tempo (dias)						
		7	14	21	28	35	42	49
Minhocas vermelhas	Excremento de Bovino	5.4	7.8	10.7	12	13.5	14.3	15.7
	Excremento de Bovino	6.6	9.2	12.1	13.7	15	16.2	18
	Excremento de Bovino	4.5	7.6	10.1	13.6	14.9	16.1	18.8
	Excremento de Bovino	9.2	12.3	14	16.6	17.9	18	19.8
Minhocas gigantes Africanas	Excremento de Bovino	9.3	14.9	17.1	18.8	21.1	23	25
	Excremento de Bovino	9.1	12.3	14.5	16.9	19.2	21	23.4
	Excremento de Bovino	7.6	10.6	12.8	16.3	20.2	23	25.1
	Excremento de Bovino	6.9	8.8	11.4	14	16.5	19.7	22
	Excremento de Poedeira	5.4	6.9	10.1	12.8	13.5	14.2	15.8
Minhocas vermelhas	Excremento de Poedeira	3.1	3.9	5.1	7	8.2	9.5	11.4
	Excremento de Poedeira	4	4.5	4.9	-	-	-	-
	Excremento de Poedeira	3.5	4.2	-	-	-	-	-
Minhocas gigantes Africanas	Excremento de Poedeira	9.3	13	17.4	19.1	21	22.5	24.9
	Excremento de Poedeira	5.1	7.8	9.1	11.2	14	17.9	20.4
	Excremento de Poedeira	6.9	9.1	12.8	15.4	18.2	21	23.5
	Excremento de Poedeira	7.1	9.6	11.8	14.2	16.9	19	21.3

Os dados mostraram que os melhores resultados foram obtidos com húmus produzido por minhocas gigantes africanas, principalmente quando alimentadas com excremento de bovino. Aos 49 dias, por exemplo, a altura média da alface foi de 23,88 cm com húmus de gigantes africanas alimentadas com bovino, e de 22,53 cm com o mesmo tipo de minhoca alimentada com poedeiras, enquanto os valores das vermelhas foram de 18,08 cm e 13,60 cm, respectivamente (**Tabela VI**). Essa diferença foi observada desde o início: no 7º dia, a alface atingiu 8,23 cm com húmus das gigantes africanas com bovino, contra 6,43 cm com húmus das vermelhas com o mesmo resíduo; com poedeiras, as alturas foram de 7,10 cm (gigantes) e 4,00 cm (vermelhas). Isso mostra que o tipo de minhoca influencia não só a quantidade, mas principalmente a qualidade do húmus produzido.

Tabela VI- Altura média da alface (cm) em função do tempo, do tipo de resíduo e do tipo de minhoca - estatísticas descritivas.

Estatística Descritiva					
Tempo	Tipo de Resíduo	Tipo de minhoca	N	Altura de alface (cm)	
				Média	Desvio padrão
7 dias	Excremento Bovino	de Minhocas vermelhas	4	6.425	2.0402
		Minhocas gigantes Africanas	4	8.225	1.1644
	Excremento Poedeira	de Minhocas vermelhas	4	4.000	1.0033
		Minhocas gigantes Africanas	4	7.100	1.7205
14 dias	Excremento Bovino	de Minhocas vermelhas	4	9.225	2.1701
		Minhocas gigantes Africanas	4	11.650	2.5955
	Excremento Poedeira	de Minhocas vermelhas	4	4.875	1.3720
		Minhocas gigantes Africanas	4	9.875	2.2172
21 dias	Excremento	de Minhocas vermelhas	4	11.725	1.7328

	Bovino		Minhocas gigantes Africanas	4	13.950	2.4529
	Excremento Poedeira	de	Minhocas vermelhas	3	6.700	2.9462
			Minhocas gigantes Africanas	4	12.775	3.4568
28 dias	Excremento Bovino	de	Minhocas vermelhas	4	13.975	1.9155
			Minhocas gigantes Africanas	4	16.500	1.9782
	Excremento Poedeira	de	Minhocas vermelhas	2	9.900	4.1012
			Minhocas gigantes Africanas	4	14.975	3.2684
35 dias	Excremento Bovino	de	Minhocas vermelhas	4	15.325	1.8482
			Minhocas gigantes Africanas	4	19.250	1.9908
	Excremento Poedeira	de	Minhocas vermelhas	2	10.850	3.7477
			Minhocas gigantes Africanas	4	17.525	2.9067
42 dias	Excremento Bovino	de	Minhocas vermelhas	4	16.150	1.5111
			Minhocas gigantes Africanas	4	21.675	1.6194
	Excremento Poedeira	de	Minhocas vermelhas	2	11.850	3.3234
			Minhocas gigantes Africanas	4	20.100	2.0510
49 dias	Excremento Bovino	de	Minhocas vermelhas	4	18.075	1.7462
			Minhocas gigantes Africanas	4	23.875	1.4728
	Excremento Poedeira	de	Minhocas vermelhas	2	13.600	3.1113
			Minhocas gigantes Africanas	4	22.525	2.0500

Esses dados foram confirmados pela ANOVA factorial aplicada ao crescimento da alface (**Tabela VII**). O tipo de minhoca teve efeito significativo em todos os períodos, com efeitos mais intensos a partir do 35º dia ($Eta^2p \geq 0.594$), indicando seu papel determinante. O tipo de resíduo também teve impacto importante, sendo significativo em quase todos os dias, excepto no dia 28 ($p = 0.091$), com tamanhos de efeito entre moderado e grande (Eta^2p de 0.259 a 0.418). Já a interação entre tipo de resíduo e tipo de minhoca não foi significativa em nenhum dos períodos, o que indica que os efeitos desses factores foram independentes. Em outras palavras, as minhocas gigantes africanas produziram húmus de melhor qualidade, independentemente do tipo de resíduo, e o excremento de bovino proporcionou melhor desempenho agronómico, independentemente da minhoca utilizada.

Tabela VII- Resultados da ANOVA factorial para avaliar os efeitos do tipo de resíduo, tipo de minhoca e sua interação sobre a altura da alface ao longo do tempo.

Testes de efeitos entre sujeitos							
Tempo (dias)	Origem	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig. (p- valor)	Tamanho do efeito (Eta^2p)
7	Tipo de Resíduo	12.603	1	12.603	5.315	0.040	0.307
	Tipo de Minhoca	24.010	1	24.010	10.125	0.008	0.458
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	1.690	1	1.690	0.713	0.415	0.056
14	Tipo de Resíduo	37.516	1	37.516	8.225	0.014	0.407
	Tipo de Minhoca	55.131	1	55.131	12.087	0.005	0.502
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	6.631	1	6.631	1.454	0.251	0.108
21	Tipo de Resíduo	35.483	1	35.483	4.863	0.050	0.307
	Tipo de Minhoca	63.591	1	63.591	8.715	0.013	0.442
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	13.682	1	13.682	1.875	0.198	0.146

28	Tipo de Resíduo	25.088	1	25.088	3.503	0.091	0.259
	Tipo de Minhoca	46.208	1	46.208	6.452	0.029	0.392
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	5.202	1	5.202	0.726	0.414	0.068
35	Tipo de Resíduo	30.752	1	30.752	4.998	0.049	0.333
	Tipo de Minhoca	89.888	1	89.888	14.609	0.003	0.594
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	6.050	1	6.050	0.983	0.345	0.090
42	Tipo de Resíduo	27.613	1	27.613	7.194	0.023	0.418
	Tipo de Minhoca	151.801	1	151.801	39.549	0.000	0.798
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	5.940	1	5.940	1.548	0.242	0.134
49	Tipo de Resíduo	27.144	1	27.144	7.154	0.023	0.417
	Tipo de Minhoca	173.461	1	173.461	45.717	0.000	0.821
	Tipo de Resíduo * Tipo de Minhoca	7.813	1	7.813	2.059	0.182	0.171

****p <0.05:** efeito significativo; ****Eta²p:** Pequeno (0.01 – 0.05), Moderado (0.06 – 0.13), Grande (≥ 0.14).

6. DISCUSSÃO

6.1 Produção de húmus

A produção de húmus constitui uma das variáveis mais importantes no processo de vermicompostagem, sendo influenciada por diversos factores, como o tipo de resíduo utilizado, a espécie de minhoca, a humidade, a temperatura e a relação C/N. No presente estudo, os maiores volumes de húmus foram obtidos nos tratamentos com excremento de galinhas poedeiras, sobretudo com a espécie *Eisenia fetida*. Resultados semelhantes foram reportados por Souza, Matos e Brito (2018), que referem que substratos ricos em nitrogénio aceleram a decomposição e promovem uma maior actividade microbiana, resultando numa maior produção de húmus.

Contudo, o húmus proveniente de excremento de bovino, embora produzido em menor quantidade, demonstrou melhor desempenho agronómico. Este resultado está em consonância com a literatura, que indica que resíduos com uma relação C/N equilibrada e menor carga de compostos voláteis geram húmus mais estável e com libertação gradual de nutrientes e, consequentemente, melhoram a qualidade do húmus produzido (Lima, Soares e Oliveira, 2019; Singh *et al.*, 2021). Ferreira, Barbosa e Lima (2021) também observaram que substratos de origem bovina promovem a formação de húmus com maior conteúdo húmico e melhores propriedades físicas, o que favorece as culturas de ciclo produtivo curto, como a alface.

Segundo Pereira *et al.*, (2022), compostos provenientes de resíduos com baixa estabilidade podem prejudicar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, o que reforça a importância de substratos equilibrados como o excremento de bovino.

De referir também que não foi observada interação significativa entre os factores espécie de minhoca e tipo de resíduo, o que sugere que os efeitos observados são independentes e não se potencializam mutuamente. Este padrão foi igualmente reportado por Brito *et al.*, (2017), que observaram que os efeitos da espécie de minhoca tendem a manter-se estáveis independentemente do substrato, desde que este possua características físicas e nutricionais adequadas para a vermicompostagem.

Durante a produção de húmus registou-se que a taxa de proliferação das minhocas revelou diferenças significativas entre as espécies utilizadas. A *Eisenia fetida* apresentou melhor desempenho populacional, especialmente no substrato de excremento de bovino. Brito *et al.*, (2017) observaram comportamento semelhante, destacando que *Eisenia fetida* possui elevada capacidade de adaptação a substratos ricos em fibra e baixa fermentabilidade.

Por outro lado, *Eudrilus eugeniae*, apesar de se destacar na qualidade do húmus, apresentou reduções na população quando alimentada com excremento de poedeiras. Este comportamento é consistente com Veras, Almeida e Rodrigues (2021), que apontam que *Eudrilus eugeniae* é sensível a variações químicas, especialmente a compostos amoniacais.

A temperatura constitui um dos factores críticos para a eficiência da vermicompostagem, influenciando tanto a actividade microbiana assim como o metabolismo das minhocas. Segundo Zhou *et al.*, (2020), temperaturas entre 20 °C e 30 °C favorecem a decomposição aeróbica e a estabilidade do húmus, criando condições ideais para a proliferação das minhocas.

No presente estudo a temperatura variou entre 21 °C e 37 °C, não tendo prejudicado o processo como afirmam Lim, Wu e Lim (2016) que valores moderadamente superiores, até cerca de 37 °C, ainda podem ser tolerados, promovendo actividade enzimática e mineralização da matéria orgânica. No entanto, temperaturas acima de 38–40 °C tendem a comprometer a fauna do processo, reduzindo a sobrevivência e a actividade reprodutiva das minhocas (Aira, Domínguez e Monroy, 2021).

Assim, os resultados obtidos neste estudo encontram-se dentro dos limites reportados na literatura recente, não tendo sido observados efeitos adversos significativos sobre o desempenho das espécies testadas. Este padrão reforça a importância da monitorização térmica contínua, sobretudo quando se utilizam resíduos com maior teor proteico, como o de poedeiras, que podem gerar picos de temperatura (Santos, Lima e Silva, 2020).

6.2 Crescimento da Alface

Os resultados indicaram que o húmus de minhocas gigantes africanas tiveram maior efeito positivo no crescimento de *Lactuca sativa*, independentemente do tipo de resíduo utilizado. Estes resultados coincidem com os obtidos por Aquino e Nogueira (2020), que constataram que o húmus proveniente de minhocas gigantes africanas possui melhor estrutura física, maior capacidade de retenção de água e maior diversidade microbiana benéfica, factores que favorecem o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes.

A análise estatística demonstrou que o factor “espécie de minhoca” teve efeito significativo ao longo do ciclo de avaliação, com tamanhos de efeito considerados elevados ($\eta^2 p > 0,5$), reforçando a importância biológica da origem do húmus. Este resultado vai ao encontro do trabalho de Oliveira, Costa e Pires (2021), que verificaram ganhos expressivos no crescimento de alface com aplicação de húmus de minhoca.

De acordo com Gómez-Brandón *et al.*, (2019), minhocas da espécie *Eudrilus eugeniae* possuem uma maior taxa de consumo de substrato, o que resulta num húmus com melhor estrutura física e maior potencial para promover o desenvolvimento vegetal. Este desempenho superior pode explicar os valores de altura das plantas observados ao longo do experimento, particularmente nos períodos mais avançados do ciclo de crescimento da alface. No presente estudo, registou-se um crescimento progressivo e consistente das plantas tratadas com húmus produzido por minhocas gigantes africanas, independentemente do resíduo utilizado, corroborando a elevada eficácia dessa espécie.

Pereira, Gomes e Andrade (2023) também destacam que húmus de excrementos de bovino proporciona um crescimento mais uniforme das hortícolas, em comparação com resíduos de origem avícola, especialmente se estes não forem devidamente pré-compostados ou equilibrados.

Os resultados obtidos neste estudo estão em conformidade com diversas investigações recentes que destacam a importância da escolha adequada da espécie de minhoca e do tipo de resíduo no sucesso da vermicompostagem e na qualidade do húmus gerado. Embora este estudo se limite a avaliações morfológicas (altura da planta) e não tenha incluído análises laboratoriais do substrato ou do húmus final, os dados recolhidos são consistentes e sustentam, com base empírica e bibliográfica, que a minhoca gigante africana apresenta desempenho agronómico superior.

O uso de húmus de minhoca representa uma mais valia significativa quando comparado com excremento puro ou fertilizantes minerais. O húmus apresenta maior estabilidade biológica e química, contendo nutrientes em formas mais assimiláveis e liberação gradual, o que favorece o crescimento das plantas (Domínguez e Aira, 2022). Além disso, possui elevada carga microbiana benéfica, enzimas e ácidos húmicos e fúlvicos, que melhoram a estrutura e fertilidade do solo, promovendo melhor retenção de água e maior capacidade de troca catiónica (Edwards *et al.*, 2019). Por outro lado, o esterco puro, apesar de ser uma fonte importante de matéria orgânica, pode apresentar instabilidade química, presença de compostos tóxicos, microrganismos patogénicos e riscos de fitotoxicidade quando aplicado em excesso ou sem prévia decomposição adequada (Bernal *et al.*, 2017). Fertilizantes minerais, embora promovam respostas rápidas, apresentam custo elevado, impacto ambiental, baixa melhoria estrutural do solo e maior risco de lixiviação de nutrientes (FAO, 2021).

Deste modo, o húmus destaca-se não apenas pela eficiência agronómica, mas também por contribuir para sistemas produtivos sustentáveis, redução de custos a médio prazo e melhoria contínua da qualidade do solo, constituindo uma alternativa superior para agricultores familiares e sistemas agrícolas ecológicos.

Para além da sua relevância ambiental e agronómica, a vermicompostagem assume também uma dimensão económica estratégica em Moçambique. O país continua fortemente dependente da importação de fertilizantes minerais, cujo preço elevado constitui um entrave ao aumento da produtividade agrícola, especialmente entre pequenos agricultores (FAO, 2019). Essa dependência de insumos químicos representa não apenas um custo acrescido para a produção, mas também um peso adicional na balança comercial dos países.

Neste contexto, a produção local de húmus de minhoca apresenta-se como uma alternativa viável, sustentável e de baixo custo, capaz de substituir parcialmente os fertilizantes químicos, ao promover a valorização de resíduos de origem pecuária e doméstica, a vermicompostagem insere-se no conceito de economia circular, convertendo desperdícios em insumos agrícolas de elevado valor nutritivo. Para além de contribuir para a fertilidade do solo e maior produtividade das culturas, abre espaço para a criação de pequenas e médias empresas, capazes de dinamizar as economias locais e gerar emprego (MCTES, 2021).

A nível estratégico, o húmus de minhoca pode ainda reforçar a resiliência do sector agrícola moçambicano, tornando-o menos dependente de importações e mais competitivo no mercado regional. A existência de empresas pioneiras, como a Húmoz Fertilizantes Lda., demonstra o potencial económico deste biofertilizante no país, integrando práticas de sustentabilidade com inovação empresarial (Húmoz, 2023).

Por fim, a utilização de húmus está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em particular o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e o ODS 12 (Produção e Consumo Sustentáveis), reforçando que a expansão da vermicompostagem em Moçambique poderá constituir não apenas uma solução ambiental, mas também uma oportunidade de crescimento económico sustentável e de inclusão social.

7. CONCLUSÃO

Concluiu-se que o húmus obtido através das minhocas gigantes africanas promoveu melhores resultados no crescimento da alface, independentemente do resíduo usado. Os excrementos de bovinos destacaram-se pela sua maior estabilidade e eficiência agronómica, enquanto que o de galinhas poedeiras geraram maior volume de húmus, embora menos consistente.

Não foi observada interação significativa entre o tipo de minhoca e o tipo de resíduo, o que permite alguma flexibilidade na escolha de substratos disponíveis nas explorações desde que sejam viáveis. O estudo confirmou o potencial da vermicompostagem como alternativa viável para pecuária, e para o tratamento e aproveitamento dos resíduos gerados durante a produção animal.

8.RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES

8.1 Recomendações

As explorações pecuárias, recomenda-se:

- Adopção da vermicompostagem como parte integrante de estratégia de gestão de resíduos, transformando excrementos em húmus.

Aos investigadores:

- Aprofundar o conhecimento sobre esta prática com a realização de futuros estudos com enfoque em análises químicas e microbiológicas do húmus, bem como a avaliação da sua eficiência em diferentes tipos de culturas.

8.2 Limitações

Embora este estudo tenha permitido obter resultados relevantes para a valorização de resíduos pecuários através da vermicompostagem, apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos dados e no planeamento de futuras investigações.

- Por restrições orçamentais não foram realizadas análises laboratoriais de carácter químico, como pH, condutividade eléctrica, teor de nitrogénio, fósforo, potássio ou carbono orgânico nos húmus produzidos. Esta limitação impediu uma caracterização detalhada da composição nutricional dos fertilizantes obtidos, restringindo a avaliação à análise quantitativa (massa de húmus) e ao desempenho agronómico observado no cultivo de alface.
- O ensaio com alface se restringiu à medição da altura das plantas como indicador de desempenho agronómico, não sendo avaliados parâmetros adicionais como peso fresco, área foliar ou teor de clorofila, que poderiam oferecer uma análise mais abrangente do impacto do húmus na cultura.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adiloğlu, S., Açıkgöz, F. E., Solmaz, Y., Çaktü, E., e Adiloğlu, A. (2018). Effect of vermicompost on the growth and yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 21(1), 1–5.
2. Aira, M., Pérez-Losada, M., e Domínguez, J. (2021). Earthworm ecology and biology: Recent advances and future perspectives. *Applied Soil Ecology*, 158, 103781.
3. Aquino, A. M., e Nogueira, M. A. (2020). Propriedades do húmus de minhoca produzido por diferentes espécies. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44, e0190170.
4. Azevedo, M. F. A., Lima, A. G. B., e Santos, R. H. S. (2020). Efeito do húmus de minhoca no crescimento de hortaliças em sistema agroecológico. *Cadernos de Agroecologia*, 15(2), 1–8.
5. Bernal, M. P, Albuquerque, J. A., e Moral, R. (2017). Composting of Animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology*, 102(3), 305-314.
6. Besas, U., Aceres, L. V., e Caniones, S. (2020). Potential of vermicompost drippings and other vermicomposting products on the growth and yield of lettuce. *Southeastern Philippines Journal of Research and Development*, 25(1), 1–12.
7. Brito, A. D., Araújo, F. L. S., Gonçalves, L. M., Santos, L. S., e Maués, T. M. (2017). Vermicompostagem de esterco bovino. Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal.
8. Bustamante, M. A., Restrepo, A. P., e Moral, R. (2016). Evolution of microbial dynamics during composting. *Waste Management*, 48, 27–35.
9. Cadernos de Agroecologia. (2021). Adubo natural: produção de húmus de minhoca no Litoral Norte do RS. Disponível em <https://cadernos.abo-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/4111/354>
10. Climate-Data. (2023). Dados climáticos para Matola. Disponível em <https://pt.climate-data.org/africa/mocambique/provincia-de-maputo/matola-762619/>
11. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA no 481, de 3 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos. Brasília: CONAMA, 2017.

12. Costa, M. M., da Rosa, L. O., de Souza, K. F., Corrêa, L. B., e Corrêa, É. K. (2021). Tratamento de resíduos orgânicos pelo processo de vermicompostagem. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, 2(1), 35.
13. Dal Bosco, T. C., Gonçalves, F., e Andrade, F. C. (2017). Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos. São Paulo, SP, cap. 1, p. 19-43.
14. Dimas, A., Morales, M. G., e García, M. P. (2019). Vermicompost as an alternative for the control of phytopathogenic fungi in lettuce (*Lactuca sativa*). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 37(1), 50–58.
15. Durak, A., Altuntaş, Ö., Kutsal, İ. K., Işık, R., e Karaat, F. E. (2017). The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 5(12), 1566–1570.
16. FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023). Livestock and enteric methane.
17. FAO- Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (2021). Gases com efeito de estufe provenientes de pecuária: Impactos e opções de mitigação. Roma.
18. FAO. (2019). Sustainable soil management and fertilizer use in Sub-Saharan Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
19. Ferreira, A. S., Barbosa, R. C., e Lima, J. E. (2021). Efeito do húmus de diferentes resíduos orgânicos no crescimento da alface. *Revista Verde*, 16(1), 17–25.
20. Garg, V. K., e Gupta, R. (2020). Vermicomposting of agro-industrial wastes: Earthworm population, microbial and enzymatic activity, and nutrient dynamics. *Bioresource Technology*, 300, 122708.
21. Garg, V. K., e Sharma, S. (2019). Review: Vermicomposting of agricultural waste for environmental sustainability. *BioResource Technology*, 292, 122.
22. Gómez-Brandón, M., Aira, M., Lores, M., e Domínguez, J. (2019). Earthworms increase nitrogen leaching through enhanced microbial activity. *Applied Soil Ecology*, 134, 10–15.
23. Guo, R., *et al.* (2019). The role of microorganisms in organic waste composting. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 1775–1783.

24. Húmoz Fertilizantes de Moçambique, Lda. (2023). Empresa produz fertilizante orgânico a partir de minhocas e dejetos bovinos. Standard Bank Moçambique.
25. Húmoz Fertilizantes Lda. (2024). Disponível em <https://www.humoz.co.mz/>
26. IBEAS. (2022). Estudo piloto da vermicompostagem. <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2022/III-007.pdf>
27. IIAM, Manual de alface, 2017.
28. Kavita Sharma, V.K Garg. (2024). Earthworm Technology in Organic Waste Management. In recent trends and Advances in waste and the Environment: Underlying Burdens and Management strategies (pp 15-39).
29. Khan, M. I., Yattoo, M. I., Sharma, G. K., e Kumar, P. (2021). Livestock manure management through vermicomposting and its implications on sustainable agriculture. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 102010.
30. Lim, S. L., Wu, T. Y., e Lim, P. N. (2016). Review on the recent advances in vermicomposting of organic wastes: From waste management to sustainable agriculture. *Environmental Technology Reviews*, 5(1), 110–120. 2
31. Lima, E. A., Soares, M. R., e Oliveira, R. A. (2019). Características químicas e físicas do húmus de diferentes resíduos. *Cadernos de Agroecologia*, 14(3), 1–9.
32. Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (MCTES). (2021). Maputo: MCTES.
33. Nakasaki, K., Abe, A., e Akiyama, T. (2019). Evaluation of maturity of compost prepared from food waste by measuring oxygen uptake rate. *Waste Management*, 88, 144–151.
34. Nicoloso, R. Da S., Lourenzi, C. R., & Brunetto, G. (2024). Gestão dos resíduos da produção animal: reciclagem como fertilizante e impacto ambiental (Vol. II). Embrapa Suínos e Aves.
35. Ogunmwede, S. O., Adebayo, A. T., Mohammed, T. I., e Adeleye, A. O. (2023). The current state of vermiculture and vermicomposting in Africa: Opportunities and limitations. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/375209009>
36. Oliveira, C. A., Souza, F. R., e Andrade, R. T. (2021). Crescimento e rendimento de alface sob diferentes proporções de húmus de minhoca em substratos. *Horticultura Brasileira*, 39(3), 287–293.

37. Oliveira, D. M., Costa, L. R., e Pires, A. R. (2021). Crescimento de alface em função da aplicação de húmus de minhoca. *Horticultura Brasileira*, 39(1), 92–98.
38. Oliveira, P. A. V. de e Angnes, G. (2013). Avaliação do desempenho ambiental do processo de compostagem para tratamento de dejetos de suínos através da emissão de gases de efeito estufa. *Embrapa Suínos e Aves*.
39. Pereira, D. S., Lemos, L. T., e Cunha-Queda, A. C. (2022). Evaluation of the aeration methods in vermicomposting process: Influence on compost quality and earthworm development. *Waste Management*, 139, 58–65.
40. Pereira, F. R., Gomes, M. L., e Andrade, F. R. (2023). Comparação do desempenho agronômico de húmus de diferentes origens. *Revista Científica da UFRRJ*, 15(1), 55–63.
41. Pereira, M. F., Cunha-Queda, A. C., e Lemos, L. T. (2022). Thermophilic composting for pathogen inactivation and compost quality improvement: A review. *Journal of Environmental Management*, 309, 114639.
42. Pimentel, J. (2013). Introdução à climatologia de Moçambique. Instituto Nacional de Meteorologia, Maputo.
43. Pottipati, S., e Kalamdhad, A. S. (2022). Thermophilic-mesophilic biodegradation: An optimized dual-stage biodegradation technique for expeditious stabilization of sewage sludge. *Journal of Environmental Management*, 324, 116410. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116410>
44. Quintela-Sabaris, C., Mendes, L. A., e Dominguez, J. (2022). Vermicomposting as a sustainable option for managing biomass of the invasive tree *Acacia dealbata* Link. *Sustainability*, 14, 13828. <https://doi.org/10.3390/su141813828>
45. Santos, V. L., Carvalho, J. L., e Nunes, R. L. (2020). Aeração e temperatura no processo de compostagem de resíduos orgânicos. *Revista Ciência Agronômica*, 51(2), 1–9.
46. Shah, H. P. (2023). Manufacture of vermicompost from agricultural waste as an eco-friendly initiative. *Vidhyayana: An International Multidisciplinary Peer-Reviewed E-Journal*.
47. Silva, L. F., Santos, P. R., e Ferreira, D. S. (2023). Desempenho agronômico da alface em resposta à aplicação de húmus de minhoca como fertilizante orgânico. *Revista Científica Rural*, 28(1), 22–31.

48. Singh, J., Kalamdhad, A. S., e Sarsaiya, S. (2021). Microbial succession and microbial dynamics during composting: A comprehensive review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 105033.
49. Souza, H. F., Matos, A. T., e Brito, A. C. (2018). Avaliação da produção e qualidade de húmus a partir de diferentes resíduos. *Engenharia Agrícola*, 38(3), 412–419.
50. Souza, J. R., Nogueira, A. C., & Pereira, M. P. (2021). Produção e qualidade de alface sob diferentes sistemas de cultivo e adubação. *Horticultura Brasileira*, 39(4), 456–463.
51. Suthar, S. (2019). Vermistabilization of food-processing waste using earthworms: Physico-chemical and microbial properties of vermicompost. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 26995–27004.
52. Suthar, S., e Singh, S. (2022). Earthworms and vermicomposting: Biological and ecological aspects. *Waste Management*, 150, 65–75.
53. Tiecher, T. L. (2016). Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. *Sistemas de Produção em Revista – Embrapa*, v(51)(3).
54. Tran, T. H., Nguyen, V. T., e Pham, Q. C. (2024). Effect of vermicompost from cattle manure on lettuce yield and soil properties in Vietnam. *Research on Crops*, 25(1), 22–30.
55. Veras, G. C., Almeida, J. A., e Rodrigues, T. C. (2021). Comportamento de *Eudrilus eugeniae* em diferentes resíduos orgânicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 16(1), 77–85.
56. Zhou, Y., Selvam, A., e Wong, J. W. C. (2020). Influence of aeration on microbial community succession and odour emission during composting. *Bioresource Technology*, 301, 122720.
57. Domínguez, J., & Aira, M. (2022). *Vermicomposting: Processes, products and applications*. Springer.
58. FAO. (2023). *Greenhouse gas emissions from livestock*. Food and Agriculture Organization of the United Nations
59. Helaly, A. E. H., et al. (2021). Vermicompost as a substitute for chemical fertiliser in lettuce production. *African Journal of Agricultural Science*.
60. IPCC. (2022). *Sixth Assessment Report — Mitigation of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

61. Juleel, R. et al. (2023). Vermicompost improves growth and quality of lettuce under field conditions. *Journal of Environmental Agriculture*.
62. Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural de Moçambique – MINAG. (2022). Relatório anual do sector agrícola.

10.ANEXOS

Anexo 1: Instalações da Húmoz



A1-1. Figura referente a entrada principal da Húmoz, Lda.



A1-2. Figura referente ao local onde são feitas as leiras de pré-compostagem da empresa.



A1-3. Local de produção de húmus.