

MATEUS BRAGA DE OLIVEIRA

**MATERIAIS PROCESSADOS POR INVERTEBRADOS NA ADUBAÇÃO
E COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE ALFACE**

RIO BRANCO - AC

2026

MATEUS BRAGA DE OLIVEIRA

**MATERIAIS PROCESSADOS POR INVERTEBRADOS NA ADUBAÇÃO
E COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

RIO BRANCO - AC

2026

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- O48m Oliveira, Mateus Braga de, 1999 -
Materiais processados por invertebrados na adubação e
composição de substratos para produção de alface / Mateus Braga
de Oliveira; orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra. – 2026.
59 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre,
Programa de Pós-graduação em Agronomia: Produção Vegetal.
Rio Branco, 2026.
Inclui referências bibliográficas e apêndice.
1. Alface – Cultivo. 2. Agricultura sustentável I. Santos, Rodrigo
Souza (orientador). II. Kusdra, Jorge Ferreira (orientador). III.
Título.

CDD: 630

MATEUS BRAGA DE OLIVEIRA

**MATERIAIS PROCESSADOS POR INVERTEBRADOS NA ADUBAÇÃO
E COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

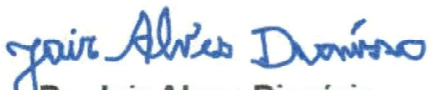
Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

APROVADA em 23 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA



Dr. Jorge Ferreira Kusdra
Presidente



Dr. Jair Alves Dionísio
Membro



Dra. Angelita Aparecida Coutinho Picazevicz
Membro



Dra. Ana Paula Moraes Menezes
Membro



Dra. Andreia de Lima Moreno
Membro

RIO BRANCO - AC

2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me fornecido forças e resiliência ao longo dessa jornada.

Agradeço aos meus pais Anderson Brito de Oliveira e Rassi de Andrade Braga por terem sido meu refúgio, por terem sempre me apoiado e em suas condições me forneceram o seu melhor.

Agradeço ao meu orientador Dr. Jorge Ferreira Kusdra por ter me apoiado, me auxiliado nos momentos de dúvidas, extraíndo o melhor de mim. Aos meus amigos Rodrigo Araújo da Mota e Viviane Pereira Chaves que estiveram comigo desde o início dessa caminhada.

Agradeço a Universidade Federal do Acre por disponibilizar espaço e material para pesquisa, como também por fornecer todo o corpo docente essencial no processo de aprendizado.

Agradeço ao CNPq pelo auxílio financeiro que possibilitou a continuidade das pesquisas. Agradeço aos membros da banca avaliadora pelas contribuições na melhoria deste trabalho.

“Não há necessidade de ser perfeito,
mas você está em constante esforço para
ser melhor. Isso é tudo que importa.”

Sadhguru

RESUMO

Materiais processados por invertebrados edáficos constituem alternativa viável e sustentável à adubação mineral e aos substratos comerciais na produção de hortaliças. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de drilocompostos de *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* e *Perionyx excavatus*, coprólitos de *Chibui bari* e gongocomposto de *Trigoniulus corallinus* na adubação do solo e na composição de substratos para a produção de alface crespa cultivar Vera. Foram realizados dois experimentos, ambos no delineamento inteiramente casualizado e conduzidos em casa de vegetação, sendo avaliadas variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo, produção comercial e acúmulo de biomassa fresca e seca. Quando os materiais orgânicos processados por invertebrados foram utilizados como fonte de adubação, verificou-se que de forma isolada e/ou combinada os drilocompostos de *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* e *Perionyx excavatus* apresentaram desempenho similar ou superior ao da adubação mineral convencional. Isoladamente os coprólitos de *Chibui bari* e o gongocomposto de *Trigoniulus corallinus* não promoveram aumentos no crescimento e produção das plantas, mas observou-se efeito complementar quando associados aos drilocompostos das três espécies de minhocas detritívoras. Todavia, considerando os tratamentos com adubação orgânica, todos os materiais processados pelos invertebrados, de forma isolada ou combinada, mostraram-se eficientes em melhorar o desempenho produtivo da alface, sendo estes efeitos superiores ao uso de apenas solo e similares ao da adubação mineral. Utilizando materiais processados por minhocas detritívoras e geófagas na composição de substratos, os melhores resultados no crescimento e produção das plantas foram observados nos com presença de drilocomposto proveniente de *Perionyx excavatus*.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; drilocompostagem; gongocompostagem; coprólitos; agricultura sustentável.

ABSTRACT

Materials processed by soil invertebrates constitute a viable and sustainable alternative to mineral fertilizers and commercial substrates in vegetable production. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effect of vermicomposts of *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus*, casts of *Chibui bari* and millicompost of *Trigoniulus corallinus* on soil fertilization and on substrate composition for the production of lettuce cultivar Vera from the crespa group. Two experiments were conducted, both arranged in a completely randomized design and carried out in a greenhouse to evaluate vegetative growth, commercial production, and fresh and dry biomass accumulation in lettuce. When invertebrate-processed organic materials were used as fertilizer sources, it was observed that, individually and/or in combination, the vermicomposts of *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae*, and *Perionyx excavatus* showed similar or superior performance compared with conventional mineral fertilization. Individually, the casts of *Chibui bari* and the millicompost of *Trigoniulus corallinus* did not promote increases in plant growth or production; however, a complementary effect was observed when they were combined with vermicompost produced by the three detritivorous earthworm species. Considering treatments with organic fertilization, all invertebrate-processed materials, used individually or in combination, were effective in improving lettuce production. These effects were superior to those observed with soil alone and similar to those obtained with mineral fertilization. When materials processed by detritivorous and geophagous earthworms were used in substrate formulations, the best results in plant growth and production were obtained with those based on *Perionyx excavatus*-derived vermicompost.

Keywords: vermicomposting; millipede composting; coprolites; sustainable agriculture; *Lactuca sativa*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos tratamentos com base nas doses de materiais processados por invertebrados edáficos na adubação para produção de alface.	24
Tabela 2 - Análise química do solo e materiais processados por invertebrado edáficos.	25
Tabela 3 - Composição dos tratamentos com base nas proporções de drilocompostos e coprólitos na composição de substratos para a produção de alface.	27
Tabela 4 - Análise química dos substratos produzidos a partir de drilocompostos de minhocas detritívoras (<i>Eisenia andrei</i> , <i>Eudrilus eugeniae</i> , <i>Perionyx excavatus</i>) e coprólitos de <i>Chibui bari</i>	27
Tabela 5 - Número de folhas total (NFT) e número de folhas comercial (NFC) de alface 'Vera' em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.	29
Tabela 6 - Massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de alface Vera em função da adubação com materiais processado por invertebrados edáficos.	30
Tabela 7 - Massa fresca da raiz (MFR) de alface Vera em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.	31
Tabela 8 - Massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.	32
Tabela 9 - Massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.	33
Tabela 10 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com material processado por minhocas detritívoras (<i>E. andrei</i> , <i>E. eugeniae</i> e <i>P. excavatus</i>) e coprólitos de minhoca geófaga (<i>C. bari</i>), avaliados por contrastes ortogonais.	34
Tabela 11 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com material processado por minhocas detritívoras (<i>E. andrei</i> , <i>E. eugeniae</i> e <i>P. excavatus</i>) e gongolos (<i>T. corallinus</i>), avaliados por contrastes ortogonais.	34
Tabela 12 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais processados gongolo (<i>T. corallinus</i>) e coprólitos de minhoca geófaga (<i>C. bari</i>), avaliados por contrastes ortogonais.	35
Tabela 13 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais orgânicos e mineral (convencional), avaliados por contrastes ortogonais.	36

Tabela 14 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação mineral (convencional) e com material processado por minhocas detritívoras (<i>E. andrei</i> , <i>E. eugeniae</i> e <i>P. excavatus</i>), avaliados por contrastes ortogonais.	36
Tabela 15 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais orgânicos (MPIE) e a testemunha com apenas solo, avaliados por contrastes ortogonais.	37
Tabela 16 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com material processado por minhocas detritívoras (<i>E. andrei</i> , <i>E. eugeniae</i> e <i>P. excavatus</i>) e a testemunha com apenas solo, avaliados por contrastes ortogonais.	37
Tabela 17 - Número de folhas total (NFT) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processado por invertebrados edáficos.	38
Tabela 18 - Número de folhas comercial (NFC) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processado por invertebrados edáficos.	38
Tabela 19 - Massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa fresca de raiz (MFR) de alface 'Vera' em função da composição de substratos a partir de materiais processado por invertebrados.	39
Tabela 20 - Massa fresca total (MFT) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processados por invertebrados.	39
Tabela 21 - Massa seca total (MST) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processados por invertebrados.	40
Tabela 22 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato comercial e à base de materiais orgânicos, avaliados por contrastes ortogonais.	41
Tabela 23 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato comercial e à de drilocompostos (<i>E. andrei</i> , <i>E. eugeniae</i> e <i>P. excavatus</i>), avaliados por contrastes ortogonais	41
Tabela 24 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato à base de materiais orgânicos (MPIE) e somente solo, avaliados por contrastes ortogonais.	41
Tabela 25 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato comercial e à de drilocompostos (<i>E. andrei</i> , <i>E. eugeniae</i> e <i>P. excavatus</i>), avaliados por contrastes ortogonais.	42

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Brown-Forsythe) das variáveis número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC), massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) da alface cultivar Vera avaliadas no experimento 1	55
APÊNDICE B - Normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Brown-Forsythe) das variáveis número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC), massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) da alface cultivar Vera avaliadas no experimento 2	55
APÊNDICE C - Análise de variância das variáveis número de folhas total (NFT), número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) da alface cultivar Vera no experimento 1	56
APÊNDICE D - Análise de variância das variáveis massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) da alface cultivar Vera no experimento 1	56
APÊNDICE E - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação com material processado por minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T7, T9, T11) e com coprólito de minhoca geófaga (G2: T6, T13) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera	56
APÊNDICE F - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação com material processado por minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T8, T10, T12) e gongolos (G2: T5, T13) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera	56
APÊNDICE G - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre a adubação com materiais processados por gongolos (G1: T5, T7, T9, T11) e com coprólitos de minhoca geófaga (G2: T6, T8, T10, T12) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa fresca total (MFT) de alface Vera	57

APÊNDICE H - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação orgânica com MPIE (G1: T2 a T16) e mineral (G2: T1) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera	57
APÊNDICE I - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre é adubação mineral (G1: T1) e com material processado por minhocas detritívoras (G2: T2, T3, T4, T7, T8, ..., T16) em relação ao número de folhas comercial, massa fresca da parte aérea comercial e massa seca total de alface Vera	57
APÊNDICE J - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação orgânica com MPIE (G1: T2 a T16) e somente solo (G2: T0) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera	57
APÊNDICE K - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação com material processado minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T7, T8, ..., T16) e somente solo (G2: T0), em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera	58
APÊNDICE L - Análise de variância das variáveis massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no experimento 2	58
APÊNDICE M - Análise de variância das variáveis massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no experimento 2	58
APÊNDICE N - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre substrato comercial (G1: T1) e à base de materiais orgânicos (G2: T2 a T8), em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera	58
APÊNDICE O - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre substrato comercial (G1: T1) e à base de materiais processados por minhocas detritívoras (G2: T2, T3, T4, T6, T7 e T8), em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera	59
APÊNDICE P - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre substratos a base material orgânico (G1: T2 a T8) e somente solo (G2: T0), em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera	59

APÊNDICE Q - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre substratos a base materiais processados por minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T6, T7 e T8) e somente solo (G2: T0), em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera	59
--	----

LISTA DE SIGLAS

CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CFSEMG	Confederação de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais
MFPAC	Massa fresca da parte aérea comercial
MFPAT	Massa fresca da parte aérea total
MFR	Massa fresca da raiz
MFT	Massa fresca total
MPIE	Materiais processados por invertebrados edáficos
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
MST	Massa seca total
NFT	Número de folhas total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 MINHOCAS	16
2.1.1 <i>Eisenia andrei</i>	17
2.1.2 <i>Eudrilus eugeniae</i>	18
2.1.3 <i>Perionyx excavatus</i>	18
2.1.4 <i>Chibui bari</i>	19
2.2 GONGOLOS	20
2.3 ALFACE	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 EXPERIMENTO 1	23
3.2 EXPERIMENTO 2	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 EXPERIMENTO 1	28
4.2 EXPERIMENTO 2	37
5 CONCLUSÕES	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICES	54

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) desempenha importante papel no cenário econômico e social brasileiro, uma vez que é produzida e comercializada ao longo de todo o ano para atender sua demanda do mercado consumidor contribuindo diretamente para a geração de emprego e renda em todos os elos de sua cadeia produtiva. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA (2024) estima-se que no Brasil cerca de 87 mil hectares sejam destinados ao cultivo da alface, a qual constitui-se na olerícola folhosa mais produtiva (671.500 t ano⁻¹) do país.

No cultivo da alface os substratos comerciais e os fertilizantes minerais são os principais insumos utilizados, respectivamente, para a produção de mudas e para atender da demanda nutricional das plantas após o transplante, especialmente em sistemas de produção convencionais. Considerando que a alface apresenta ciclo de produção curto e o nutriente mais diretamente relacionado com crescimento vegetativo e aumento de biomassa vegetal é o nitrogênio, altas doses de fertilizantes com este elemento são utilizadas visando, basicamente, garantir maior produtividade e qualidade comercial desta hortaliça. Os problemas referentes ao uso excessivo e indiscriminado do nitrogênio na alface são vinculados principalmente com o aumento do custo econômico, ambiental e operacional da produção. Os substratos comerciais são amplamente empregados na produção de mudas e hortaliças, em razão da padronização física e da praticidade de uso. Entretanto, a dependência exclusiva desses insumos pode implicar restrições relacionadas ao custo de aquisição e à necessidade de reposição contínua. Sob a perspectiva ambiental, a utilização intensiva desses produtos também suscita discussões quanto à origem e renovabilidade de seus componentes.

Como alternativa ao uso de adubação mineral, especialmente nitrogenada, diversos materiais orgânicos *in natura*, compostados ou processados por invertebrados podem ser utilizados para compor substratos ou ainda como fonte de adubação no cultivo de olerícolas folhosas como a alface. Em geral, são destinados a esta finalidade desde resíduos vegetais (aparas de grama, puerária, cascas, sementes, restos de cultura) até excrementos de vertebrados (bovinos, ovinos, caprinos, aves, suínos) e invertebrados (minhocas e gongolos) por apresentarem baixo custo, estarem disponíveis em grande quantidade e serem de fácil acesso.

Materiais de procedências diversas como restos vegetais, resíduos agroindustriais e excrementos de animais, mostram-se viáveis como fontes alternativas à adubação

convencional com fertilizantes minerais e aos substratos comerciais para o cultivo de hortaliças refletindo-se em resposta positiva não apenas para a melhoria química e suprimento da demanda nutricional das plantas, mas também com benefícios físicos e biológicos para o solo. Adicionalmente, há ainda a possibilidade de melhorar a qualidade destes materiais orgânicos mediante o processamento por minhocas detritívoras (drilocompostagem) e milípedes (gongocompostagem). Os coprólitos (excrementos organominerais de minhoca geófaga) de *Chibui bari* também apresentam potencial para melhorar as condições de fertilidade do solo processado por estes animais e seus dejetos podem ser utilizados tanto como adubo quanto na composição de substratos para cultivo e produção de plantas.

O processamento de resíduos orgânicos ou organominerais que ocorre mediante a passagem destes pelo trato digestório de invertebrados edáficos, pode resultar em produto final bioquimicamente mais rico e estabilizado que seu material de origem, ampliar a concentração e diversidade de microrganismos benéficos e, devido a isto, enriquecê-lo com substâncias estimuladoras do crescimento vegetal, além de contribuir para aumentar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas (Kusdra; Fiuza, 2015). Já verificou-se que resíduos orgânicos processados por minhocas detritívoras (Durak *et al.*, 2017; Picazevicz *et al.*, 2020) e por milípedes (Antunes *et al.*, 2018) aumentam a disponibilidade de nutrientes e os teores de matéria orgânica no solo, resultando em maior crescimento e rendimento da alface. Melhorias no desempenho desta hortaliça também foram observadas por Souza *et al.* (2008) mediante a utilização de coprólitos de *Chibui bari* como componentes de substratos para produção de mudas.

Diante dos problemas econômicos, operacionais e ambientais relacionados ao uso de fertilizantes minerais, especialmente os nitrogenados, é fundamental a utilização de insumos alternativos que reduzam a dependência de fontes não renováveis e possibilitem a produção associada à sustentabilidade. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos drilocompostos de *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* e *Perionyx excavatus* (minhocas detritívoras) do gongocomposto de *Trigoniulus corallinus* (milípede detritívoro) e de coprólitos de *Chibui bari* (minhoca geófaga) na adubação e composição de substratos para a produção da alface 'Vera', visando identificar materiais orgânicos cujos efeitos isolados ou combinados viabilizem a possibilidade de substituição total ou parcial de fertilizantes minerais e substratos comerciais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A alface tem potencial para ter seu desempenho produtivo melhorado caso seja adubada com materiais processados por invertebrados, especialmente, minhocas e gongolos. Os excrementos destes animais possuem normalmente melhor condição química e biológica do que o material que consomem pelo fato deste ser enriquecido em nutrientes e microrganismos durante a passagem por seu trato digestório. Desta forma, se utilizados tanto na adubação da alface quanto na composição de substratos para esta espécie vegetal, podem resultar em acréscimos no crescimento e produção das plantas. Neste aspecto, destacam-se os drilocompostos provenientes de três espécies de minhocas detritívoras (*Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* e *Perionyx excavatus*), os coprólitos de oligoquetas geófagos (*Chibui bar*) e o gongocomposto derivado da atividade de gongolos (*Trigoniulus corallinus*). Estes materiais podem ser coletados diretamente da superfície de solos amazônicos, no caso dos coprólitos, ou obtidos mediante criação em cativeiro tanto das minhocas detritívoras, para ter-se os drilocompostos, quanto dos gongolos, para se ter acesso ao gongocomposto (Antunes *et al.*, 2018; Antunes *et al.*, 2021; Antunes; Vaz; Correia, 2021; Cotta *et al.*, 2015; Fiuza; Kusdra; Furtado, 2011; Kusdra; Fiuza, 2015; Rocha *et al.*, 2022; Teodoro *et al.*, 2016).

2.1 MINHOCAS

As minhocas pertencem ao filo Annelida, classe Clitellata e subclasse Oligochaeta. A palavra Oligochaeta tem origem grega, onde "oligo" significa pouco e "chaeta" cerdas, indicando, caracteristicamente, que na composição corpórea destes animais há presença de estruturas quitinosas que auxiliam na sua locomoção. Anatomicamente, apresentam corpo cilíndrico e segmentado, com estrutura diferenciada na parte anterior chamada clitelo, glândula externa indicadora de maturidade sexual e responsável pela produção de casulos (Edwards; Arancon, 2022).

Com base em seu hábito alimentar, as minhocas que se alimentam em maior quantidade e preferencialmente de material orgânico são classificadas como detritívoras. Já as que ingerem restos orgânicos dispersos entre as partículas minerais e habitam diferentes estratificações verticais do solo são conhecidas como geófagas. Do ponto de vista ecológico, também podem ser agrupadas em epigeicas, que vivem na superfície e na serapilheira; endogeicas, que habitam camadas subsuperficiais do solo e anécicas,

que constroem galerias verticais profundas e se deslocam entre a superfície e horizontes mais inferiores do solo. Estes invertebrados atuam como catalisadores da atividade microbiana para decomposição e estabilização dos diferentes materiais ingeridos ao longo de seu ciclo de vida. Os produtos gerados por estes animais em função de sua locomoção, alimentação e excreção tendem a apresentar características físicas, químicas e biológicas superiores ao originalmente ingeridos e, em função disso, vêm sendo utilizados na composição de substratos ou como fonte de adubação visando a produção orgânica de diferentes espécies de interesse agrônomo (Bertrand *et al.*, 2015; Bouché, 1977; Fiuza; Kusdra; Furtado, 2011; Rocha *et al.*, 2022).

2.1.1 *Eisenia andrei*

A *Eisenia andrei* (vermelha da Califórnia) é amplamente usada no processo de drilocompostagem, pois apresenta taxas de crescimento e reprodução em cativeiro superiores às demais espécies. Embora seu status taxonômico atual seja claramente definido, na literatura científica é frequentemente tratada como sendo outra espécie no caso *E. fetida*, não sendo, em muitos casos, possível identificar claramente qual das duas foi efetivamente utilizada. Seu uso vai além de iscas de pescaria e produção de drilocompostos. Em laboratório é amplamente utilizada em testes de ecotoxicidade para avaliar o grau de periculosidade ambiental de diversos produtos químicos. Além disso, a introdução de exemplares pode diminuir a concentração de patógenos existentes no substrato, com capacidade de sobrevivência em ambientes artificiais contaminados com *Salmonella* spp., *Enterococos* e *E. coli* (Domínguez *et al.*, 2021; Domínguez; Pérez-Losada, 2010; Domínguez; Velando; Ferreira, 2005; Procházková *et al.*, 2018).

Ao avaliarem o crescimento e reprodução de *Eisenia andrei* em materiais orgânicos González-Moreno *et al.* (2024) observaram 100% de sobrevivência desta espécie ao processar resíduos da produção de lúpulo (*Humulus lupulus*) associados a doses de esterco equino, indicando que a combinação de substratos pode modular significativamente seu desempenho populacional. Ademais, Azevedo *et al.* (2025) em estudo comparativo de drilocompostagem com *E. andrei* e *E. fetida* a partir de subprodutos de cultivo de videiras (*Vitis vinifera*), observaram que os drilocompostos produzidos por ambas são diferentes em propriedades físico-químicas reforçando que a seleção da espécie influencia diretamente na qualidade final do material orgânico transformado.

2.1.2 *Eudrilus eugeniae*

Eudrilus eugeniae (gigante africana) destaca-se como a espécie de maior porte entre as epigeicas, apresentando comprimento médio de 135 mm, além da facilidade de criação em sistemas controlados. Essa espécie demonstra potencial para a atividade de drilocompostagem, em razão de sua capacidade de sobreviver, crescer e se reproduzir em cativeiro com diferentes substratos. Além disso, adapta-se eficientemente a diferentes combinações de substratos à base de esterco animal associados a outros resíduos orgânicos, como torta de filtro e adubos verdes (Balachandar *et al.*, 2020; Nadolny, 2009; Sonia; Felix; Antony, 2016).

Possui elevada eficiência na conversão de resíduos orgânicos com baixa relação C/N, promovendo rápida estabilização da matéria orgânica e aumento da fração húmica do drilocomposto (Sathiyavathi; Monisha, 2023; Yadav; Garg, 2019). Análises microbiológicas indicam que seu drilocomposto apresenta diversidade de microrganismos promotores de crescimento vegetal, incluindo bactérias solubilizadoras de fósforo e fixadoras de nitrogênio, condição esta que contribui para efeitos bioestimulantes em culturas hortícolas (Pathma; Sakthivel, 2012; Singh *et al.*, 2020). De acordo com Purnawanto *et al.* (2020) *E. eugeniae* em condições ideais pode consumir diariamente quantidade de resíduo próxima de metade da própria massa corporal, o que reforça a alta capacidade de processamento do material orgânico.

2.1.3 *Perionyx excavatus*

Perionyx excavatus (violeta do Himalaia), embora ainda pouco difundida em sistemas de manejo quando comparada a *E. andrei* e *E. eugeniae*, apresenta boa adaptação a condições de clima tropical, desenvolvendo-se adequadamente em faixas de temperatura entre 25 °C e 37 °C. Essa plasticidade ambiental evidencia sua compatibilidade com sistemas de drilocompostagem no Brasil. A espécie caracteriza-se pelo manejo relativamente simples, sendo o tipo de alimento ofertado fator determinante para seu crescimento e ganho de biomassa (Esteves, 2018; Schiedeck, 2010). Foi observado por Veere Filho (2018) que, com utilização de massa inicial de 100 g de animais em cada substrato, verificou ao final em esterco bovino massa de 211 g, sendo esse resultado superior ao de indivíduos mantidos com restos de alimentos (81 g). Adicionalmente, Ananthavali *et al.* (2019) demonstraram que *P. excavatus* pode ser criada utilizando

outros materiais orgânicos, como algas marinhas, isoladamente ou combinadas com esterco bovino, o que amplia as possibilidades de uso de diferentes resíduos na drilocompostagem.

A literatura recente evidencia que *P. excavatus* apresenta elevada eficiência na produção de drilocompostos com atributos agronomicamente relevantes, destacando sua eficiência no processamento de resíduos com maior teor de umidade e na reciclagem de nutrientes, evidenciando que a composição do resíduo inicial exerce influência direta sobre os atributos físico-químicos do produto final. Substratos à base de esterco animal, isolados ou combinados, tendem a favorecer melhores parâmetros de pH, teor de nitrogênio total, fósforo disponível e atividade enzimática, resultando em material mais estável e nutricionalmente enriquecido, demonstrando a viabilidade da espécie como agente biológico em sistemas de manejo orgânico e reciclagem de resíduos em condições tropicais e subtropicais (Muktamar *et al.*, 2025; Riwandi *et al.*, 2022).

2.1.4 *Chibui bari*

A *Chibui bari* é uma espécie de minhoca geófago nativa da Amazônia, encontrada em locais minimamente antropizados cujos coprólitos deixados na superfície do solo apresentam nutrientes e elevada atividade microbiana, sendo por este motivo utilizadas como componente de substratos para produção de mudas e no cultivo de plantas (Fiuza; Kusdra; Fiuza, 2012; Fiuza; Kusdra; Furtado, 2011; Kusdra *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2008). Minhocas geófagas habitam os horizontes minerais do solo e, em função disso, são os organismos que mais contribuem para alterações físicas, químicas e biológicas desse ambiente, principalmente em razão da construção de galerias e do depósito de seus excrementos, denominados coprólitos, favorecendo o aumento da produtividade de culturas (Barbosa *et al.*, 2017; Kusdra; Fiuza, 2015).

Além de sua contribuição direta à nutrição edáfica por meio de coprólitos ricos em nutrientes e atividade microbiana, minhocas geófagas como *Chibui bari* atuam como engenheiras do solo, promovendo alterações significativas nas características edáficas. A ingestão de solo associada à matéria orgânica e a formação de galerias aumentam a porosidade e a infiltração de água, favorecendo penetração radicular, enquanto a atividade biológica intensifica a ciclagem de nutrientes essenciais (Blouin *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2022). A composição química dos coprólitos demonstra que esses excrementos podem apresentar maior conteúdo de nitrogênio disponível e

matéria orgânica estabilizada do que o solo não ingerido, evidenciando a importância da drilosfera na redistribuição e transformação de nutrientes (Iordache, 2023). Além disso, a presença contínua de minhocas geófagas tem sido associada a incrementos na atividade microbiana geral e em enzimas envolvidas nos ciclos do carbono e do nitrogênio, o que contribui para maior fertilidade e sustentabilidade do solo em sistemas agrícolas e naturais (Ahmed; Al-Mutairi, 2022).

2.2 GONGOLOS

Os gongolos pertencem ao filo Arthropoda e a classe Diplopoda que possui várias ordens com destaque para Spirobolida à qual pertence à família Trigiulidae que têm o *Trigiulus corallinus* como uma das principais espécies representantes. Estes invertebrados apresentam dois pares de pernas articuladas a cada segmento, sendo denominados como milípedes. Também são popularmente conhecidos como embuás e piolhos-de-cobra. Ocorrem em todas as regiões do Brasil sendo sua presença reportada principalmente em ambientes antropizados (Antunes *et al.*, 2018). São animais que se alimentam de restos culturais como folhas, aparas de grama, materiais lignificados como madeira, vagens de frutos e até materiais como papelão e por isso vem sendo utilizados em processo semelhante à drilocompostagem, onde são empregados na fragmentação de resíduos agrícolas e urbanos, resultando na formação de um composto orgânico conhecido como gongocomposto (Antunes; Vaz; Correia, 2021).

Atuam como detritívoros importantes na aceleração da decomposição da matéria orgânica, promovendo a fragmentação de resíduos vegetais e favorecendo a atividade microbiana e a mineralização dos nutrientes. Durante a gongocompostagem, a ação desses diplópodes contribui para a redução do volume dos resíduos, estabilização da matéria orgânica e melhoria das características físicas e químicas do composto, resultando em material com potencial uso como substrato e condicionador de solo em sistemas agrícolas sustentáveis (Bugni *et al.*, 2021; Tudose; Rîsnoveanu, 2023; Antunes *et al.*, 2019).

2.3 ALFACE

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária do Mediterrâneo e pertence à família Asteraceae. É uma planta de baixo teor calórico, com alto teor de água (em torno de 95%)

e fonte de vitaminas, minerais e compostos bioativos como polifenóis, carotenoides e clorofila. Sua preferência de cultivo entre os horticultores deve-se ao sabor versátil, que se adapta a diversos contextos culinários, às suas propriedades nutricionais, baixo custo de produção, ciclo curto e elevada demanda no mercado consumidor, fatores que a tornam compatível com a realidade socioeconômica brasileira, além da facilidade de aquisição (Favarato; Guarçoni; Siqueira, 2017; Shi *et al.*, 2022).

É cultivada em todas as regiões do Brasil, em vários ambientes, de diversas formas e em sistema convencional, orgânico ou hidropônico, adequando os sistemas para minimizar condições climáticas adversas, mantendo a temperatura entre 18 °C e 25 °C (Brzezinski *et al.*, 2017). Temperaturas elevadas exercem efeito negativo sobre o crescimento e o desenvolvimento da alface, uma vez que o estresse térmico favorece o pendoamento precoce (bolting), altera a morfologia das folhas e reduz o acúmulo de biomassa da parte aérea e do sistema radicular, comprometendo o rendimento e a qualidade comercial da cultura (Liu *et al.*, 2020; Shin; Lee, 2025; Zhao *et al.*, 2022).

No Brasil, destaca-se o cultivo de alface do grupo crespa, como a cultivar Vera, desenvolvida para apresentar rusticidade e ampla adaptabilidade às condições tropicais, com possibilidade de cultivo durante todo o ano, tanto em campo aberto quanto em sistemas hidropônicos. Em relação ao desempenho produtivo, estudos conduzidos em ambiente protegido indicam que esta cultivar pode alcançar massa fresca comercial de 215,3 g planta⁻¹, evidenciando seu potencial produtivo quando cultivada sob condições edafoclimáticas adequadas (Chaves *et al.*, 2025; Sakata, 2024).

No sistema convencional de produção de alface, a busca por elevados níveis de produtividade está associada ao uso predominante de fertilizantes minerais, especialmente fontes nitrogenadas, visando suprir a demanda nutricional da cultura e maximizar o desempenho produtivo (Echer *et al.*, 2016; Pedrinho *et al.*, 2015). Embora esses insumos proporcionem rápida disponibilidade de nutrientes, seu uso contínuo pode comprometer a qualidade edáfica, uma vez que não promove melhorias sustentáveis nas propriedades físicas e biológicas do solo e pode reduzir a eficiência dos sistemas microbiológicos, além de gerar potenciais impactos ambientais (Hernández *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2024).

Nesse contexto, o sistema de produção orgânica surge como estratégia baseada na integração entre produtividade agrícola, conservação ambiental e oferta de alimentos de qualidade. Entre as alternativas, a drilocompostagem tem ganhado destaque devido ao seu potencial no manejo de resíduos orgânicos e na melhoria da fertilidade do solo, consolidando-se como tecnologia promissora para sistemas produtivos mais sustentáveis

(Mhandi; Trabelsi, 2025). Dessa forma, tal prática permite atender às demandas nutricionais da cultura, ao mesmo tempo em que promove melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, reduzindo a dependência de insumos sintéticos e favorecendo a sustentabilidade dos sistemas de produção. Adicionalmente, compostos orgânicos oriundos da agricultura familiar têm demonstrado eficiência no fornecimento de nutrientes e no estímulo ao crescimento da cultura (Bertani *et al.*, 2022; Didolani *et al.*, 2018; Nogaroli *et al.*, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação localizada na área experimental da Universidade Federal do Acre - UFAC (latitude: 10° 01' 30" S, longitude: 67° 42' 18" W, altitude: 160 m), em Rio Branco, Acre. Adotou-se em ambos o delineamento inteiramente casualizado, sendo conduzidos em paralelo utilizando materiais processados por minhocas detritívoras (*Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus*), minhoca geófaga (*Chibui bari*) e gongolo (*Trigoniulus corallinus*) como fonte de adubação (Experimento 1) e na composição de substratos (Experimento 2) para produção da alface tipo crespa cultivar Vera no período de junho a agosto de 2025. As avaliações foram realizadas ao final do ciclo da cultura, considerando as variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo e ao acúmulo de biomassa.

3.1 EXPERIMENTO 1

Os materiais processados pelos invertebrados edáficos (MPIE) foram utilizados neste experimento como fonte de adubação para a produção da alface 'Vera', sendo definidos 17 tratamentos, todos com 6 repetições, considerando um com adubação mineral (T0) com nitrogênio (ureia), fosforo (superfosfato simples) e potássio (cloreto de potássio) em doses equivalentes a 150 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme recomendações de nutrição e adubação da cultura da alface de Yuri *et al.* (2016) e outros 16 constituídos por proporções distintas de adubo com MPIE desde a ausência da aplicação até a dose equivalente total de 30 t ha⁻¹, considerando base seca, conforme CFSEMG (1999). Na Tabela 1 é apresentada a descrição dos 16 tratamentos conforme a aplicação ao solo (isolada e combinada) dos materiais processados utilizados como fonte de adubação.

Os MPIE foram produzidos no Laboratório de Biologia do Solo da UFAC, com animais provenientes de criação do próprio laboratório. A síntese dos drilocompostos ocorreu em caixas próprias para esta finalidade denominada de vermicomposteiras com uso de esterco bovino previamente curtido como substrato. O gongocomposto de *Trigoniulus corallinus* se obteve mediante manutenção dos gongolos em cativeiro, com substrato vegetal constituído em torno de 30% de gramíneas (aparas de grama batatais), 60% de leguminosas (folhas e frutos de ingá) e 10% de fibras de celulose (papelão), ressalta-se que os resíduos empregados não foram utilizados na forma verde ou fresca. Os ambientes de obtenção dos drilocompostos e do gongocomposto foram mantidos

em condições de umidade adequadas à manutenção da sobrevivência e reprodução dos animais. Procedeu-se a coleta dos coprólitos de *Chibui bari* da superfície dos solos próximos ao local de realização do experimento e, em seguida, estes foram destorreados, mantendo suas características físicas, otimizando sua utilização no experimento.

Tabela 1 - Caracterização dos tratamentos com base nas doses de materiais processados por invertebrados edáficos na adubação para produção de alface.

Tratamentos	Composição (t ha ⁻¹)				
	Drilocompostos			Gongocomposto	Coprólito
	<i>E. andrei</i>	<i>E. eugeniae</i>	<i>P. excavatus</i>	<i>T. corallinus</i>	<i>Chibui bari</i>
T1	-	-	-	-	-
T2	30	-	-	-	-
T3	-	30	-	-	-
T4	-	-	30	-	-
T5	-	-	-	30	-
T6	-	-	-	-	30
T7	15	-	-	15	-
T8	15	-	-	-	15
T9	-	15	-	15	-
T10	-	15	-	-	15
T11	-	-	15	15	-
T12	-	-	15	-	15
T13	-	-	-	15	15
T14	10	-	-	10	10
T15	-	10	-	10	10
T16	-	-	10	10	10

Nota: - ausência.

A produção das mudas de alface foi realizada em bandejas plásticas de 64 células contendo substrato comercial composto por turfa, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada e calcário (condutividade elétrica: 1,2 mS cm⁻¹, capacidade de retenção de água: 200%, densidade: 260 kg m⁻³). Quando as plantas apresentaram três folhas definitivas, foram selecionadas as mais vigorosas e uniformes para transplante nas unidades experimentais (vasos de polietileno com capacidade de 1,7 L) contendo solo pertencente à classe textural franco-siltosa (areia grossa: 3,3%; areia fina: 28,6%; silte: 48,8%; argila: 18,3%) retirado da camada de 0 a 10 cm coletado da área experimental da UFAC. A aplicação dos tratamentos foi realizada em quantidades proporcionais às doses previstas considerando como referencial as dimensões do vaso e o volume de solo.

Foram realizadas análises químicas do solo e dos MPIE de modo a obter-se detalhadamente suas características químicas (Tabela 2). As irrigações realizadas ao longo do experimento tiveram como referência a manutenção de condição uniforme de umidade do solo em todas as unidades experimentais, dosando a mesma quantidade de água em cada vaso, correspondente a aproximadamente 75% da capacidade de campo. O controle de pragas e plantas daninhas, quando necessário, foi realizado manualmente. As condições de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram monitoradas por meio da instalação de um datalogger, posicionado na região central da casa de vegetação. As médias de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental foram de 29,5 °C e 65,3%, respectivamente.

Tabela 2 - Análise química do solo e materiais processados por invertebrados edáficos.

Amostra	pH (H ₂ O)	M.O. g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	Ca	Mg	K cmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	CTC
Solo	5,71	20	8,9	4,2	2,1	0,1	2,6	6,4	9,0

MPIE ⁽¹⁾	pH (H ₂ O)	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N
					%				
Gongocomposto ⁽²⁾	5,80	58,61	2,31	0,57	0,64	1,27	0,32	0,05	14
Coprólitos ⁽³⁾	4,50	5,45	0,36	0,01	0,07	0,14	0,00 ⁽⁷⁾	0,07	8
Drilocomposto A ⁽⁴⁾	7,20	45,35	1,89	1,39	1,32	1,14	0,76	0,08	13
Drilocomposto B ⁽⁵⁾	7,30	36,96	1,50	1,07	1,07	2,09	0,60	0,09	14
Drilocomposto C ⁽⁶⁾	7,30	36,34	1,75	1,16	1,55	2,47	0,66	0,19	12

Notas: ⁽¹⁾Materiais processados por invertebrados edáficos; ⁽²⁾Processado por *Trigoniulus corallinus*; ⁽³⁾Processado por *Chibui bari*; ⁽⁴⁾Processado por *Eudrilus eugeniae*; ⁽⁵⁾Processado por *Eisenia andrei*; ⁽⁶⁾Processado por *Perionyx excavatus*; ⁽⁷⁾Valor menor que 0,01 cmol_c dm⁻³

A avaliação do experimento foi efetuada 50 dias após o transplântio, quando as plantas apresentaram crescimento máximo nas condições experimentais. A parte aérea da alface foi previamente separada das raízes mediante corte do caule no nível do solo e posteriormente a parte radicular foi retirada dos vasos e submetida a lavagem em água corrente sobre peneira. Após esses procedimentos foram mensuradas as seguintes variáveis indicadoras de crescimento e produção: a) número de folhas total (NFT); b) número de folhas comercial (NFC); c) massa fresca da parte aérea total (MFPAT); d) massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC); e) massa seca da parte aérea (MSPA); f) massa fresca da raiz (MFR) e; g) massa seca da raiz (MSR);

h) massa fresca total (MFT); i) massa seca total (MST). Os números de folhas total e comercial foram obtidos mediante contagem destas sem (comercial) e com (total) inclusão das unidades que apresentaram algum problema que as desqualifica para o comércio. Para obtenção das massas frescas da parte aérea total, comercial e raiz realizou-se pesagem em balança com precisão centesimal (0,01 g) considerando (total) e ignorando (comercial) as folhas impróprias para consumo. As massas secas da parte aérea (a), da raiz (b) e total (a + b) foram obtidas após a secagem do material fresco em estufa a 65 °C, até a obtenção de massa constante.

Os resultados das variáveis avaliadas foram submetidos as análises estatísticas, mediante verificação da presença de dados discrepantes (Grubbs, 1969), normalidade dos erros (Shapiro; Wilk, 1965) e homogeneidade das variâncias (Brown; Forsythe, 1974). Posteriormente os dados originais ou transformados atendendo a normalidade dos erros e a homogeneidade das variâncias, seguiram à avaliação do teste F de Snedecor e Cochran (1948) e para os tratamentos considerados significativos ($p \leq 0,05$) procedeu a comparação pelo teste de Scott e Knott (1974) e, quando por meio deste não foram identificadas diferenças, utilizou-se o teste de Tukey (1949). Pelo teste t (Fisher, 1925) procedeu à comparação estatística de determinados resultados verificados na pesquisa com os de outros trabalhos disponíveis na literatura. Por meio de contrastes ortogonais (Nogueira, 2004) comparou-se grupos de tratamentos de interesse. Como foi verificada a presença de uma parcela perdida as análises estatísticas consideraram essa situação de desbalanceamento tendo-se um dos 17 tratamentos apenas cinco repetições.

3.2 EXPERIMENTO 2

Neste experimento, foram utilizados drilocompostos (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*) e coprólitos (*C. bari*) na composição de substratos para a produção de alface 'Vera'. Sendo definidos nove tratamentos, todos com seis repetições, sendo um tratamento controle constituído somente por solo, outro composto exclusivamente por substrato comercial (T0), igual ao utilizado na produção das mudas, e outros sete tratamentos compostos pela adição, em massa (base seca) de 30%, dos bioprocessados, misturados a 70% de solo. Na Tabela 3 é apresentada a descrição dos oito tratamentos, conforme a adição isolada e combinada de materiais orgânicos ao solo. Os oito tratamentos foram submetidos à análise laboratorial visando sua caracterização química detalhada. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados referentes aos principais atributos químicos determinados em cada composição.

Tabela 3 - Composição dos tratamentos com base nas proporções de drilocompostos e coprólitos na composição de substratos para a produção de alface.

Tratamentos	Composição dos substratos (%)				Solo
	Drilocompostos			Coprólitos	
	<i>E. andrei</i>	<i>E. eugeniae</i>	<i>P. excavatus</i>	<i>Chibui bari</i>	
T1	-	-	-	-	100
T2	30	-	-	-	70
T3	-	30	-	-	70
T4	-	-	30	-	70
T5	-	-	-	30	70
T6	15	-	-	15	70
T7	-	15	-	15	70
T8	-	-	15	15	70

Nota: - ausência

Tabela 4 - Análise química dos substratos produzidos a partir de drilocompostos de minhocas detritívoras (*Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus*) e coprólitos de *Chibui bari*.

Tratamentos	pH	M.O.	P	Ca	Mg	K	H+Al	SB	CTC
	(H ₂ O)	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			
S.S. ⁽¹⁾	5,71	20	8,9	4,2	2,1	0,1	2,60	6,4	9,0
<i>E.a.</i> ⁽²⁾	7,28	162	583,2	4,3	5,7	6,7	1,16	16,7	17,9
<i>E.e.</i> ⁽³⁾	7,09	55	575,4	3,9	6,5	6,6	1,64	17,0	18,6
<i>P.e.</i> ⁽⁴⁾	7,41	249	677,0	10,2	6,7	8,1	0,80	25,0	25,8
<i>C.b.</i> ⁽⁵⁾	5,71	24	15,4	4,4	2,3	0,1	3,04	6,8	9,8
<i>E.a.</i> + <i>C.b.</i>	6,80	46	302,6	10,2	2,3	3,2	1,92	15,7	17,6
<i>E.e.</i> + <i>C.b.</i>	6,77	51	249,8	4,0	3,5	4,0	1,64	11,5	13,1
<i>P.e.</i> + <i>C.b.</i>	6,86	25	218,1	4,1	3,8	3,1	2,00	11,0	13,0

Notas: ⁽¹⁾S.S.: Somente solo; ⁽²⁾*E.a.*: *Eisenia andrei*; ⁽³⁾*E.e.*: *Eudrilus eugeniae*; ⁽⁴⁾*P.e.*: *Perionyx excavatus*; ⁽⁵⁾*C.b.*: *Chibui bari*

Nos demais aspectos este experimento assemelhou-se ao anteriormente descrito (Experimento 1) e, portanto, as informações já apresentadas também lhe são pertinentes. Para as variáveis que não atenderam os pressupostos de normalidade dos erros e/ou homogeneidade das variâncias, mesmo após transformadas foi realizado teste não paramétrico de Kruskal e Wallis (1952) seguido pela comparação das médias dos ranks pelo teste de Conover (1999). Como foi verificada a presença de uma parcela perdida, as análises estatísticas consideraram essa situação de desbalanceamento, tendo-se um dos nove tratamentos apenas cinco repetições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos avaliados nos experimentos 1 e 2 promoveram respostas distintas nas variáveis relacionadas ao crescimento e produção da alface, cultivar Vera. O uso dos materiais processados por invertebrados edáficos resultou em efeitos na maioria das vezes positivos tanto no que se refere à adubação (Experimento 1) quanto à composição de substratos (Experimento 2) para o cultivo dessa hortaliça.

4.1 EXPERIMENTO 1

Para as variáveis NFT, NFC, MFPAT, MFPAC e MSPA observou-se que os tratamentos T3, T4, T7, T9 e T15 foram superiores ($p < 0,05$) aos T0, T5, T6, T8, T13 e T16 (Tabelas 5 e 6). Esses resultados evidenciam que a adubação com os drilocompostos de *E. eugeniae* (T3, T9 e T15), *P. excavatus* (T4) e *E. andrei* (T7) foi capaz de proporcionar condições nutricionais adequadas, refletindo positivamente na emissão foliar e crescimento vegetativo das plantas. Porém, somente solo (T0) e adubação com coprólitos (T6) demonstraram possuir capacidade inferior de suprir a demanda nutricional da cultura provavelmente devido os menores índices de matéria orgânica (M.O.) e nutrientes. Por outro lado, o gongocomposto (T5) apesar de possuir 58,61 g kg⁻¹ de M.O. e 2,31% de nitrogênio, valores estes elevados em comparação com os outros MPIE (Tabela 2), também não teve efeito significativo na melhoria das características agrônômicas das plantas, possivelmente pela liberação mais lenta dos nutrientes presentes nesse material.

A MFPAC derivada do efeito dos tratamentos T2, T3, T4, T7, T9 e T15, com massa média de 44,25 g, foi inferior ($p < 0,05$) à observada (155,36 g) por Menezes, Kusdra e Moreno (2025) com adubação química em condições de casa de vegetação, com temperatura média de 27,1 °C, valor este mais próximo do esperado (215,3 g) para a cultivar Vera de acordo com Chaves *et al.* (2025). De acordo Oyebamiji *et al.* (2025) a faixa ideal de temperatura para o crescimento adequado de alface varia entre 17 °C a 28 °C. Por outro, lado valores acima desse limite podem resultar em estresse térmico das plantas, resultando em redução de massa e área foliar. Entretanto, ressalta-se que neste trabalho esse fator ambiental atuou de forma homogênea sobre todas as unidades experimentais, não resultando em pendoamento precoce das plantas ou perdas significativas de folhas, não comprometendo assim o efeito dos tratamentos e a comparação destes.

Tabela 5 - Número de folhas total (NFT) e número de folhas comercial (NFC) de alface 'Vera' em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.

Tratamentos	NFT	NFC
	unidades	
<i>P. excavatus</i> (T4)	16,83a	11,17a
<i>E. eugeniae</i> (T3)	16,66a	11,67a
<i>E. eugeniae</i> + <i>T. corallinus</i> (T9)	16,00a	11,67a
<i>E. eugeniae</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T15)	15,50a	11,33a
<i>E. andreii</i> + <i>T. corallinus</i> (T7)	15,33a	11,00a
<i>P. excavatus</i> + <i>C. bari</i> (T12)	14,66a	9,83b
<i>E. eugeniae</i> + <i>C. bari</i> (T10)	14,66a	10,00b
Adubação convencional (T1)	14,60a	9,80b
<i>E. andreii</i> (T2)	14,33a	10,50a
<i>P. excavatus</i> + <i>T. corallinus</i> (T11)	13,83b	9,17b
<i>E. andreii</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T14)	13,66b	10,33a
<i>C. bari</i> (T6)	13,33b	8,33b
<i>P. excavatus</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T16)	13,33b	8,67b
<i>E. andreii</i> + <i>C. bari</i> (T8)	13,00b	9,17b
Somente solo (T0)	12,33b	8,17b
<i>T. corallinus</i> (T5)	12,00b	9,00b
<i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T13)	12,00b	8,33b
Coefficiente de variação (CV)	13,76%	18,77%

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Scott-Knott. Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE A. Análise de variância no APÊNDICE C.

A superioridade dos tratamentos T3, T4, T7, T9 e T15 (NFT, NFC, MFPAT, MFPAC, MSPA) sobre os demais (T0, T5, T6, T8, T13 e T16), pode ser atribuída aos os drilocompostos de *E. eugeniae* (T3, T9 e T15), *P. excavatus* (T4) e *E. andreii* (T7) serem os insumos apresentarem liberação gradual de nutrientes e elevada atividade microbiana favorecendo o crescimento vegetativo e a formação de biomassa seca, que é indicador direto da eficiência fisiológica das plantas na assimilação e conversão de carbono em biomassa estrutural, refletindo a produção líquida de fotoassimilados ao longo do ciclo de cultivo. Segundo Lazcano, Gómez-Brandón e Domínguez (2008) a drilocompostagem possui efeito de intensificar os efeitos favoráveis do compostagem assegurando materiais com maior eficiência na estabilização do esterco bovino, retenção de nitrogênio, liberação gradual de fósforo e redução da condutividade elétrica. Essa situação pode

ser uma possível explicação para que os drilocompostos isolados (T3 e T4) e combinados (T7, T9 e T15) terem resultado com efeitos positivos nas variáveis avaliadas.

Tabela 6 - Massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de alface Vera em função da adubação com materiais processado por invertebrados.

Tratamentos	MFPAT	MFPAC	MSPA
	----- g -----		
<i>E. eugeniae</i> (T3)	57,34a	49,39a	6,68a
<i>E. eugeniae</i> + <i>T. corallinus</i> (T9)	52,90a	47,75a	6,72a
<i>E. eugeniae</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T15)	51,79a	46,04a	5,82a
<i>P. excavatus</i> (T4)	48,23a	41,08a	6,06a
<i>E. andrei</i> + <i>T. corallinus</i> (T7)	47,52a	41,28a	6,25a
<i>E. andrei</i> (T2)	45,18a	39,98a	5,15b
<i>P. excavatus</i> + <i>T. corallinus</i> (T11)	40,75b	29,19b	5,61a
<i>E. eugeniae</i> + <i>C. bari</i> (T10)	40,09b	33,89b	5,04b
Adubação convencional (T1)	39,93b	35,19a	5,82a
<i>E. andrei</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T14)	36,65b	33,12b	4,02b
<i>T. corallinus</i> (T5)	35,56b	30,96b	5,11b
<i>P. excavatus</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T16)	34,07b	27,83b	5,19b
<i>E. andrei</i> + <i>C. bari</i> (T8)	33,75b	29,42b	4,25b
<i>P. excavatus</i> + <i>C. bari</i> (T12)	33,37b	29,00b	4,55b
<i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T13)	30,74b	25,44b	4,46b
<i>C. bari</i> (T6)	30,18b	22,60b	4,41b
Somente solo (T0)	26,96b	19,85b	4,43b
Coeficiente de variação (CV)	27,57%	30,81%	21,55%

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Scott-Knott.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE A.

Análise de variância no APÊNDICE C.

Observou-se efeito significativo entre os tratamentos sobre massa fresca da raiz (Tabela 7), com destaque para os tratamentos T15 e T9, que entre os MPIE foram os únicos a superar ($p < 0,05$) a testemunha sem adubação (T0), na média 14,41 g promovendo aumento na biomassa de 150,6%. Esses resultados indicam que o crescimento das raízes não dependeu exclusivamente do tratamento, com exclusão das duas combinações de adubação com drilocomposto de *E. eugeniae* que proporcionou maior o crescimento do sistema radicular e a capacidade da planta em explorar o solo para a absorção de água e nutrientes. De forma semelhante, Viana *et al.* (2021), ao

avaliarem o uso de bokashi na adubação de alface crespa, um fertilizante sustentável obtido pela fermentação de materiais orgânicos, observaram valores de massa fresca (10,83 g) e seca (1,44 g) de raízes equivalentes ($p > 0,05$) aos obtidos (14,56 g e 1,24 g) no tratamento com a combinação entre drilocomposto de *E. eugeniae*, gongocomposto e coprólito (T15). Embora baseados em métodos distintos, esses resultados reforçam que diferentes estratégias sustentáveis de adubação promovem o crescimento saudável radicular, favorecendo a fixação das plantas no solo e a eficiência na absorção de água e nutrientes.

Tabela 7 - Massa fresca da raiz (MFR) de alface Vera em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.

Tratamentos	MFR (g)
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T15)	14,56a
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> (T9)	14,26a
<i>Eisenia andrei</i> (T2)	12,25ab
<i>Perionyx excavatus</i> (T4)	11,82ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T16)	11,58ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> (T3)	11,24ab
<i>Trigoniulus corallinus</i> (T5)	11,05ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Chibui bari</i> (T12)	10,02ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> (T7)	9,97ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> (T11)	9,81ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Chibui bari</i> (T10)	9,57ab
Testemunha/adubação convencional (T1)	9,44ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T14)	9,09ab
<i>Chibui bari</i> (T6)	8,55ab
<i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T13)	8,37ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Chibui bari</i> (T8)	8,30ab
Testemunha/somite solo (T0)	5,75b
Coeficiente de variação (CV)	37,28%

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE A.

Análise de variância no APÊNDICE D.

Na Tabela 8, observa-se comportamento semelhante ao verificado para a MFR, não sendo constatadas diferenças ($p > 0,05$) entre a maioria dos tratamentos, diferindo ($p < 0,05$) apenas entre coprólitos de *Chibui bari* (T6) e a combinação entre os materiais de *E. eugeniae*, *T. corallinus* e *C. bari* (T15), onde este último proporcionou aumento de 93,75%. Contrapondo, Blouin *et al.* (2019) destacam que a ação das minhocas detritívoras e de seus resíduos estimula o crescimento radicular por meio do aumento da atividade microbiana e da produção de substâncias bioativas, favorecendo a alocação de carbono no sistema radicular. A massa seca de raízes, por sua vez, representa o acúmulo efetivo de biomassa estrutural no sistema radicular, refletindo a capacidade das plantas em converter fotoassimilados em crescimento abaixo do solo. A ausência de diferenças entre a maioria dos tratamentos sugere que as distintas composições de materiais orgânicos foram igualmente capazes de sustentar o desenvolvimento radicular.

Tabela 8 - Massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.

Tratamentos	MSR (g)
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T15)	1,24a
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> (T7)	1,15ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> (T3)	1,05ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> (T9)	1,04ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Chibui bari</i> (T8)	1,02ab
<i>Trigoniulus corallinus</i> (T5)	0,99ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T14)	0,98ab
<i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T13)	0,97ab
<i>Eisenia andrei</i> (T2)	0,90ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Chibui bari</i> (T10)	0,90ab
<i>Perionyx excavatus</i> (T4)	0,90ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> + <i>Chibui bari</i> (T16)	0,84ab
Adubação convencional (T1)	0,84ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Trigoniulus corallinus</i> (T11)	0,84ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Chibui bari</i> (T12)	0,74ab
Somente solo (T0)	0,71ab
<i>Chibui bari</i> (T6)	0,64b
Coeficiente de variação (CV)	30,89%

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si, pelo teste de Tukey.
Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE A.
Análise de variância no APÊNDICE D.

Para as variáveis MFT e MST os tratamentos T3, T4, T7, T9 e T15 foram superiores ($p < 0,05$) aos T0, T5, T6, T8, T12, T13, T14 e T16 (Tabela 9). Tal padrão observado está em consonância com os resultados previamente discutidos para número de folhas, massa fresca da parte aérea e massa radicular, indicando efeito positivo e consistente desses materiais ao longo do crescimento da planta, confirmando o potencial agrônomo destes como alternativa sustentável à fertilização convencional, contribuindo para a eficiência fisiológica e o desempenho produtivo da alface ao longo do ciclo de cultivo.

Tabela 9 - Massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais processados por invertebrados edáficos.

Tratamentos	MFT	MST
	----- g -----	
<i>E. eugeniae</i> (T3)	68,58a	7,73a
<i>E. eugeniae</i> + <i>T. corallinus</i> (T9)	67,16a	7,76a
<i>E. eugeniae</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T15)	66,35a	7,06a
<i>P. excavatus</i> (T4)	60,05a	6,95a
<i>E. andrei</i> + <i>T. corallinus</i> (T7)	57,49a	7,40a
<i>E. andrei</i> (T2)	57,42a	6,05b
<i>P. excavatus</i> + <i>T. corallinus</i> (T11)	50,56b	6,45a
<i>E. eugeniae</i> + <i>C. bari</i> (T10)	49,67b	5,94b
Adubação convencional (T1)	49,37b	6,66a
<i>T. corallinus</i> (T5)	46,61b	6,10b
<i>E. andrei</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T14)	45,74b	5,01b
<i>P. excavatus</i> + <i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T16)	45,65b	6,03b
<i>P. excavatus</i> + <i>C. bari</i> (T12)	43,39b	5,28b
<i>E. andrei</i> + <i>C. bari</i> (T8)	42,05b	5,27b
<i>T. corallinus</i> + <i>C. bari</i> (T13)	39,11b	5,42b
<i>C. bari</i> (T6)	38,73b	5,05b
Somente solo (T0)	32,71b	5,01b
Coeficiente de variação (CV)	26,31%	21,56%

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si, pelo teste de Scott-Knott.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE A.

Análise de variância no APÊNDICE D.

Ao se comparar por contrastes ortogonais os tratamentos constituídos por materiais processados por minhocas detritívoras, independente da espécie, com coprólitos e gongocomposto verificou-se que os drilocompostos apresentaram efeito superior ($p < 0,05$) para NFC, MFPAC e MST. Em relação aos coprólitos, os drilocompostos promoveram

aumentos de 26,57% em NFC, 72,52% em MFPAC e 34,73% em MST (Tabela 10). Quando comparados ao gongocomposto, os incrementos foram de 19,83%, 72,52% e 34,73% para as mesmas variáveis (Tabela 11).

Tabela 10 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com material processado por minhocas detritívoras (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*) e coprólitos de minhoca geófaga (*C. bari*), avaliados por contrastes ortogonais.

Grupos de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Drilocomposto	10,86 a	41,44 a	7,06 a
Coprólito	8,58 b	24,02 b	5,24 b
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.
Análise de variância no APÊNDICE E.

Tabela 11 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com material processado por minhocas detritívoras (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*) e gongolos (*T. corallinus*), avaliados por contrastes ortogonais.

Grupos de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Drilocomposto	10,39 a	37,13 a	6,20 a
Gongocomposto	8,67 b	28,20 b	5,76 b
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.
Análise de variância no APÊNDICE F.

Os resultados inferiores nas variáveis NFC, MFPAC e MST promovidos pelas minhocas geófagas em relação às detritívoras pode estar relacionado à natureza mais mineral dos coprólitos que, embora melhorem a estrutura e a estabilidade do solo, apresentam menor disponibilidade imediata de nutrientes, especialmente nitrogênio, podendo limitar respostas rápidas das plantas quando aplicados isoladamente. Ainda assim, evidências indicam que sua presença pode favorecer a dinâmica do nitrogênio, a atividade microbiana e a qualidade da rizosfera, potencializando o crescimento quando associados a fontes orgânicas de maior valor nutricional.

Nas comparações o gongocomposto foi inferior aos drilocompostos, por outro lado, foi superior ($p < 0,05$) aos resíduos de minhoca geófaga para MFPAC e MST,

com incrementos de 29,79% e 7,64%, respectivamente (Tabela 12). Esse comportamento indica que, embora não tenha promovido aumento no número de folhas, favoreceu maior expansão e acúmulo de biomassa nas folhas já formadas, sugerindo maior eficiência na conversão de assimilados em crescimento vegetativo.

Tabela 12 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais processados gongolo (*T. corallinus*) e coprólitos de minhoca geófaga (*C. bari*), avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Gongocomposto	10,21 a	37,29 a	6,93 a
Coprólito	9,46 a	28,73 b	5,38 b
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.
Análise de variância no APÊNDICE G.

Como observado nos resultados para as variáveis NFC, MFPAC e MST o gongocomposto foi inferior aos drilocompostos e superior aos coprólitos. Essa situação pode estar ligada ao fato que durante o processamento dos materiais orgânicos pelos diplópodes ocorre a fragmentação e modificação física dos resíduos, com menor intensidade de transformação bioquímica em formas prontamente disponíveis, o que tende a resultar em menor disponibilidade nutricional imediata para culturas folhosas de ciclo curto. A superioridade do gongocomposto em relação aos coprólitos nestas mesmas variáveis pode estar associado ao fato destes materiais terem um menor aporte nutricional. Os trabalhos de Antunes *et al.* (2018) e Antunes *et al.* (2021) com alface crespa evidenciaram que o gongocomposto demonstra potencial agrônomo para promover o crescimento inicial das plantas. Além disso, Antunes *et al.* (2024) mostram que o uso de gongocomposto pode melhorar o vigor de mudas, favorecendo o desempenho no campo sob manejo orgânico.

Ao se comparar por contrastes ortogonais a adubação mineral com a orgânica à base de MPIE, independente de ser procedente de gongolos, minhocas detritívoras ou geófaga, verificou-se efeito similar ($p > 0,05$) para NFC, MFPAC e MST (Tabela 13). Porém, para estas mesmas variáveis, a adubação com MPIE foi superior ($p < 0,05$) ao uso somente de solo obtendo-se acréscimos de 22,89%, 76,98%, 21,44%, respectivamente (Tabela 15), devendo esses aumentos nessas magnitudes serem

devidos diversos fatores entre estes os aumentos de pH, matéria orgânica, atividade microbiana e nitrogênio disponível. O fato da adubação com MPIE ter tido efeito similar ao da convencional indica que os materiais orgânicos foram capazes de proporcionar condições nutricionais adequadas para a emissão de folhas e acúmulo de biomassa, equiparando-se à fertilização mineral.

Nas comparações por contrastes ortogonais entre a adubação mineral e com material processado por minhocas detritívoras verificou-se efeito similar ($p > 0,05$) para NFC, MFPAC e MST (Tabela 14). Todavia, para as mesmas variáveis a influência dos drilocompostos foi superior ($p < 0,05$) ao uso de somente solo observando-se aumentos de 27,05%, 90,08% e 24,95%, respectivamente (Tabela 16). Desse modo o uso de drilocompostos, independentemente da espécie detritívora, pode promover resposta no crescimento da alface similar à verificada com adubação mineral.

Tabela 13 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais orgânicos e mineral (convencional), avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Adubação orgânica	10,04 a	35,13 a	6,23 a
Adubação mineral	9,80 a	35,19 a	6,66 a
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F. Análise de variância no APÊNDICE H.

Tabela 14 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação mineral (convencional) e com material processado por minhocas detritívoras (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*), avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Adubação mineral	9,80 a	35,19 a	6,66 a
Drilocomposto	10,38 a	37,73 a	6,41 a
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F. Análise de variância no APÊNDICE I.

Tabela 15 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com materiais orgânicos (MPIE) e a testemunha com apenas solo, avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Adubação orgânica	10,04 a	35,13 a	6,23 a
Somente solo	8,17 b	19,85 b	5,13 b
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.
Análise de variância no APÊNDICE J.

Tabela 16 - Número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) de alface Vera em função da adubação com material processado por minhocas detritívoras (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*) e a testemunha com apenas solo, avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	NFC	MFPAC	MST
	----- unidade -----	----- g -----	
Drilocomposto	10,38 a	37,73 a	6,41 a
Somente solo	8,17 b	19,85 b	5,13 b
CV (%)	18,77	30,81	21,56

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.
Análise de variância no APÊNDICE K.

Respostas positivas com uso de drilocomposto também foram verificadas por Papathanasiou *et al.* (2012). Estes autores obtiveram com a suplementação de 10% deste material processado por *E. fetida*, em média 23,67 folhas por planta e 21,77 com NPK (20-20-20), sendo esta portanto uma alternativa de fertilização que reduz os riscos associados ao consumo de hortaliças folhosas com elevadas concentrações de nitrato. Utilizando drilocomposto produzido por minhocas da espécie *Eisenia fetida*, Demerew e Abera (2024) também verificaram incrementos na biomassa fresca e seca da alface em comparação ao uso de apenas solo.

4.2 EXPERIMENTO 2

Para as variáveis NFT, NFC e MFPAT observou-se que os tratamentos com substrato comercial (T0), drilocomposto de *P. excavatus* (T4) e sua combinação com

coprólitos de *C. bari* (T8) foram superiores ($p < 0,05$) aos tratamentos com coprólitos (T5) e ao uso de somente solo (T1) (Tabelas 17 a 19). O drilocomposto de *P. excavatus* (T4) e deste combinado com coprólito (T8) provavelmente propiciou condições às plantas similares às proporcionadas pelo substrato comercial e melhores que as asseguradas pelo uso exclusivo de coprólito (T5) e de solo (T1). Ashworth *et al.* (2017) observaram que materiais processados por minhocas favoreceram a produção de folhas comerciais, em razão de maior estímulo de atividade microbiana e a liberação gradual nutrientes, especialmente nitrogênio. Os benefícios de uso de material orgânico no cultivo da alface, também foram observados por Porto, Mariano e Cardoso (2023) ao verificarem que doses de 20% de composto orgânico juntamente de substrato comercial, promoveram maior crescimento superior das plantas comparação ao uso isolado desse insumo.

Tabela 17 - Número de folhas total (NFT) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processado por invertebrados edáficos.

Tratamentos	NFT (unid.)	Ranks
Testemunha/substrato comercial (T0)	25,17	46,92a
<i>Perionyx excavatus</i> (T4)	23,40	40,00ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Chibui bari</i> (T8)	22,17	33,33ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Chibui bari</i> (T6)	21,33	30,42ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Chibui bari</i> (T7)	21,17	29,17b
<i>Eudrilus eugeniae</i> (T3)	21,17	28,17b
<i>Eisenia andrei</i> (T2)	19,67	21,83bc
<i>Chibui bari</i> (T5)	14,67	9,17c
Testemunha/somente solo (T1)	13,00	6,17c

Médias de ranks seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Conover.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE B.

Análise pelo teste de Kruskal-Wallis no APÊNDICE L.

Tabela 18 - Número de folhas comercial (NFC) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processado por invertebrados edáficos.

Tratamentos	NFC (unid.)	Ranks
Testemunha/substrato comercial (T0)	16,83	45,67a
<i>Perionyx excavatus</i> (T4)	15,60	40,40a
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Chibui bari</i> (T8)	14,83	33,17ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Chibui bari</i> (T6)	14,50	30,00ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Chibui bari</i> (T7)	14,17	29,42ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> (T3)	13,67	28,25abc
<i>Eisenia andrei</i> (T2)	13,33	21,00bcd
<i>Chibui bari</i> (T5)	11,50	11,25cd
Testemunha/somente solo (T1)	8,83	6,08d

Médias de ranks seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Conover.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE B.

Análise pelo teste de Kruskal-Wallis no APÊNDICE L.

Nas variáveis MFPAC, MSPA, MFR, MFT e MST observou-se que os tratamentos T0, T4, T6, T7 e T8 foram superiores ($p < 0,05$) a T1 e T5 (Tabelas 19 a 20). Os substratos constituídos exclusivamente por coprólito de *Chibui bari* (T5) e a testemunha com apenas solo (T1) possuem semelhança em sua composição, pois ambos são predominantemente minerais, não tendo aporte nutricional suficiente para atender a demanda das plantas, exceto se os coprólitos tivessem sido coletados da superfície de solos que já são de média a alta fertilidade.

Tabela 19 - Massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa fresca de raiz (MFR) de alface 'Vera' em função da composição de substratos a partir de materiais processado por invertebrados.

Tratamentos	MFPAT	MFPAC	MSPA	MFR
	----- g -----			
<i>P. excavatus</i> (T4)	90,51a	72,09a	8,03a	23,17a
Substrato comercial (T0)	90,40a	77,24a	9,44a	21,47a
<i>P. excavatus</i> + <i>C. bari</i> (T8)	82,31a	68,47a	7,78a	23,43a
<i>E. andrei</i> + <i>C. bari</i> (T6)	79,54b	68,32a	8,43a	22,88a
<i>E. eugeniae</i> + <i>C. bari</i> (T7)	75,85b	63,60a	7,91a	21,57a
<i>E. eugeniae</i> (T3)	71,97b	63,68a	5,89b	18,46a
<i>E. andrei</i> (T2)	70,29b	54,32a	7,26a	23,52a
<i>C. bari</i> (T5)	34,86b	30,26b	4,82b	12,45b
Somente solo (T1)	21,20b	18,70b	3,57c	9,34b
Coeficiente de variação (CV)	17,53%	18,31%	9,12%	27,38%

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Skott-Knott.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE B.

Análise de variância no APÊNDICE M.

Tabela 20 - Massa fresca total (MFT) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processados por invertebrados.

Tratamentos	MFT (g)	Ranks
Testemunha/comercial (T0)	111,86	44,00a
<i>Perionyx excavatus</i> (T4)	113,68	39,80ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Chibui bari</i> (T8)	105,74	35,83ab
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Chibui bari</i> (T6)	102,42	31,50ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Chibui bari</i> (T7)	97,42	29,25ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> (T3)	90,43	27,50ab
<i>Eisenia andrei</i> (T2)	93,81	22,92bc
<i>Chibui bari</i> (T5)	47,32	8,67c
Testemunha/somente solo (T1)	30,55	5,67c

Médias de ranks seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Conover.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE B.

Análise pelo teste de Kruskal-Wallis no APÊNDICE L.

Tabela 21 - Massa seca total (MST) de alface Vera em função da composição de substratos a partir de materiais processados por invertebrados.

Tratamentos	MST (g)	Ranks
Testemunha/substrato comercial (T0)	10,32	47,50a
<i>Eisenia andrei</i> + <i>Chibui bari</i> (T6)	9,46	38,25ab
<i>Perionyx excavatus</i> + <i>Chibui bari</i> (T8)	8,97	32,67ab
<i>Perionyx excavatus</i> (T4)	8,96	32,20ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> + <i>Chibui bari</i> (T7)	8,80	30,50ab
<i>Eisenia andrei</i> (T2)	8,33	27,17ab
<i>Eudrilus eugeniae</i> (T3)	6,67	19,25bc
<i>Chibui bari</i> (T5)	5,55	10,83c
Testemunha/somente solo (T1)	4,10	5,50c

Médias de ranks seguidas de mesma letra não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Conover.

Normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias no APÊNDICE B.

Análise pelo teste de Kruskal-Wallis no APÊNDICE L.

As comparações realizadas por contrastes ortogonais entre o substrato comercial e os substratos à base de materiais orgânicos (Tabela 22) e drilocompostos (Tabela 23) evidenciaram diferenças ($p < 0,05$) para a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e para a massa seca da parte aérea (MSPA), com superioridade do substrato comercial em ambas as variáveis. Entretanto, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) para a massa seca da raiz (MSR). Por outro lado, nas comparações entre os substratos à base de materiais orgânicos (Tabela 24) ou apenas drilocompostos (Tabela 25) com o uso de somente solo demonstraram ganhos expressivos ($p < 0,05$) em todas as variáveis avaliadas, com acréscimo de 286,0% na MFPAC, 100,6% na MSPA e 82,7% na MSR na comparação do solo com materiais orgânicos independentemente da espécie que o processou e de seu uso isolado ou combinado.

Foi observado incremento em 248,0% na MFPAC, 111,5% na MSPA e 88,5% na MSR na comparação do solo com drilocompostos independentemente da espécie de minhoca detritívora e de seu uso isolado ou combinado. Esses resultados evidenciam o elevado potencial dos drilocompostos em melhorar as características do solo, refletindo diretamente no crescimento das plantas. Portanto, o uso de apenas drilocompostos na composição de substrato já é suficiente para ter-se um material superior ao solo no crescimento e na produção da alface e se aproximar aos resultados promissores que se obtém com substrato comercial. Estes resultados, assemelham aos obtidos por Rocha *et al.* (2022) que observaram que o uso de apenas

25% de drilocomposto na composição do substrato é suficiente para atender a demanda nutricional da alface e melhorar seus aspectos agrônômicos em relação ao cultivo com somente solo.

Tabela 22 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato comercial e à base de materiais orgânicos, avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	MFPAC	MSPA	MSR
	----- g -----		
Substrato comercial	77,24 a	9,44 a	0,88 a
Material orgânico	72,19 b	7,16 b	0,95 a
CV (%)	18,31	9,12	27,38

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.

Análise de variância no APÊNDICE N.

Tabela 23 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato comercial e à de drilocompostos (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*), avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	MFPAC	MSPA	MSR
	----- g -----		
Substrato comercial	77,24 a	9,44 a	0,88 a
Drilocomposto	65,08 b	7,55 b	0,98 a
CV (%)	18,31	9,12	27,38

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.

Análise de variância no APÊNDICE O.

Tabela 24 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato à base de materiais orgânicos (MPIE) e somente solo, avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	MFPAC	MSPA	MSR
	----- g -----		
Material orgânico	72,19 a	7,16 a	0,95 a
Somente solo	18,70 b	3,57 b	0,52 b
CV (%)	18,31	9,12	27,38

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.

Análise de variância no APÊNDICE P.

Tabela 25 - Massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de alface Vera em função do substrato à base de drilocompostos (*E. andrei*, *E. eugeniae* e *P. excavatus*) e somente solo, avaliados por contrastes ortogonais.

Grupo de tratamentos	MFPAC	MSPA	MSR
	----- g -----		
Drilocomposto	65,08 a	7,55 a	0,98 a
Somente solo	18,70 b	3,57 b	0,52 b
CV (%)	18,31	9,12	27,38

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste F.
Análise de variância no APÊNDICE Q.

Materiais orgânicos tendem a elevar o pH, a soma de bases e a capacidade de troca catiônica do solo, promovendo aumento das cargas negativas e favorecendo a adsorção de nutrientes provenientes do próprio material às partículas minerais. Dessa forma, com uso desses compostos na composição de substratos a demanda nutricional das plantas pode ser suprida ao longo do ciclo com menores perdas por lixiviação. Essa situação contribui para explicar o melhor desempenho dos substratos compostos por materiais orgânicos em relação ao solo e sua aproximação aos resultados obtidos com o substrato comercial.

5 CONCLUSÕES

Os drilocompostos processados por *Eudrilus eugeniae* aplicados ao solo, de forma isolada ou combinada, proporcionam desempenho agrônômico da alface cultivar Vera equivalente ou superior ao da adubação mineral.

Coprólitos de *Chibui bari* e gongocomposto de *Trigoniulus corallinus*, de forma isolada apresentam desempenho inferior no crescimento e na produção da alface cultivar Vera ao proporcionado pela adubação mineral e similar a esta quando combinados com drilocompostos.

Materiais processados por minhocas detritívoras promovem aumento do crescimento e da produção da alface cultivar Vera em comparação ao uso de somente solo, tanto como fonte de adubação quanto como componentes de substratos.

A utilização de drilocomposto processado por *Perionyx excavatus* na composição de substrato, de forma isolada ou combinada com coprólitos de *Chibui bari*, apresenta desempenho equivalente ao que se obtém com substrato comercial na produção da alface cultivar Vera.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na presente pesquisa demonstram que materiais orgânicos processados por invertebrados edáficos apresentam elevado potencial agronômico para a produção de alface, configurando alternativa tecnicamente viável à adubação mineral e aos substratos comerciais. O drilocomposto proveniente de *Eudrilus eugeniae* pode proporcionar desempenho produtivo equivalente ou superior à adubação mineral e o de *Perionyx excavatus* representa alternativa viável na composição de substratos podendo ser similar ao comercial.

Os coprólitos da minhoca geófaga amazônica *Chibui bari*, tem potencial de uso na adubação e composição de substrato para produção de alface, desde que sejam provenientes de áreas que apresentem solo de média a alta fertilidade. Além disso, quando combinados a outros materiais orgânicos podem contribuir para aumentar a atividade e diversidade microbiana tendo assim impacto positivo na disponibilização de nutrientes para as plantas.

A utilização de materiais processados por invertebrados edáficos constitui estratégia sustentável e de baixo custo, especialmente adequada à realidade de pequenos produtores amazônicos, contribuindo para a valorização de recursos locais, a redução da dependência de insumos externos e o fortalecimento de sistemas produtivos mais resilientes. Nesse contexto, seu uso por pequenos produtores pode representar alternativa promissora aos insumos convencionais.

REFERÊNCIAS

- AHMED, N.; AL-MUTAIRI, K. A. Earthworms effect on microbial population and soil fertility as well as their interaction with agriculture practices. **Sustainability**, Basileia, v. 14, n. 13, June 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/13/7803?utm_source. Acesso em: 27 fev. 2026.
- ANANTHAVALI, R.; RAMADAS, V.; PAUL, J. A. J.; SELVI, B. K. KARMEGAN, N. Seaweeds as bioresources for vermicompost production using the earthworm, *Perionyx excavatus* (Perrier). **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 275, n. 1, p. 394-401, Mar. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30602136/>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- ANTUNES, L. F. de S.; ARAÚJO, A. P.; CORREIA, M. E. F.; RUMJANEK, N. G.; GUERRA, J. G. M. Agronomic performance of curly lettuce seedlings from mill compost substrate under organic cropping system. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, Isfahan, v. 13, n. 3, Apr. 2024. Disponível em: <https://oiccpres.com/ijrowa/article/view/3057/1270>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- ANTUNES, L. F. de S.; SCORIZA, R. N.; FRANÇA, E. M.; SILVA, D. G. da; CORREIA, M. E. F.; LEAL, M. A. de A.; ROUWS, J. R. C. Desempenho agrônomo da alface crespa a partir de mudas produzidas com gongocomposto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v. 8, n. 3, p. 57-65, set. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3009>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- ANTUNES, L. F. de S.; SCORIZA, R. N.; SILVA, D. G. da; CORREIA, M. E. F. Consumo de resíduos agrícolas e urbanos pelo diplópode *Trigoniulus corallinus*. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 2, p. 162-168, mar. 2019. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6192>. Acesso em: 28 fev. 2026
- ANTUNES, L. F. de S.; SOUZA, R. G. de; KRAHENBUHL, J. de L.; DIAS, G. R.; SILVA, D. G. da; CORREIA, M. E. F. Eficiência de gongocompostos obtidos a partir de diferentes resíduos vegetais e sistemas de produção no desenvolvimento de mudas de alface. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 2, p. 147-158, mar./abr. 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/9432/12722>. Acesso em: 13 fev. 2026.
- ANTUNES, L. F. de S.; VAZ, A. F. de S.; CORREIA, M. E. F. Gongocompostagem: técnica sustentável para a obtenção de composto orgânico para o cultivo de mudas de brócolis. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Enviromental Science**, Anápolis, v. 10, n. 3, p. 185-194, set./dez. 2021. Disponível em: <https://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/download/5851/4331/23695>. Acesso em: 19 dez. 2024.
- ASHWORTH, A. J.; ALLEN, F. L.; TYLER, D. D.; POTE, D. H.; SHIPTALO, M. J. Earthworm populations are affected from long-term crop sequences and bio-covers under no-tillage. **Pedobiologia**, Amsterdam, v. 60, n. 1, p. 27-33, Jan. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405616300749?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- AZEVEDO, T.; NASCIMENTO-GONÇALVES, E.; LOPES, H.; MEDEIROS, C.; FALCO, V.; SOUSA, J. R.; COIMBRA, A. M.; ROBOREDO, M.; OLIVEIRA, P. A.; MORAIS, M. C. Valorization of vineyard by-products through vermicomposting: a comparative pilot-scale study with *Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*. **Agronomy**, Basileia, v. 15, n. 6, p. 1-21, maio 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/15/6/1340?utm_source. Acesso em: 25 fev. 2026.

BALACHANDAR, R.; BASKARAN, L.; YUVARAJ, A.; THANGARAJ, R.; SUBBAYA, R.; RAVINDRAN, B.; CHANG, S. W.; KARMEGAN, N. Enriched pressmud vermicompost production with green manure plants using *Eudrilus eugeniae*. **Bioresource Technology**, Amsterdã, v. 299, n. 1, p. 1, Mar. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419318085?via%3Dihub>. Acesso em: 18 out. 2024.

BARBOSA, J. Z.; DEMETRIO, W. C.; SILVA, C. M.; DIONÍSIO, J. A. As minhocas (*Amyntas* spp.) aumentam o crescimento do feijão comum, a biomassa microbiana e a respiração do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 5, p. 2887-2898, set./out. 2017. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/26725>. Acesso em: 12 jan. 2026.

BERTANI, R. M. de A.; ARRUDA, M. C. de; DEUS, A. C. F.; FISCHER, I. H.; ROSSI, R.; MAGANHÃ, C. A. Caracterização de compostos orgânicos produzidos pela agricultura familiar para o cultivo de alface. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, PI, v. 13, n. 1, p. 1-8, fev. 2022. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/3582/1031>. Acesso em: 12 jan. 2026.

BERTRAND, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; WHALEN, J.; OLIVEIRA, T. de; ROGER-ESTRADE, J. Earthworm services for cropping systems: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 35, n. 1, p. 553-567, Jan. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-014-0269-7>. Acesso em: 5 nov. 2024.

BLOUIN, M.; BARRERE, J.; MEYER, N.; LARTIGUE, S.; BAROT, S.; MATHIEU, J. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 39, n.1, p. 33-34, June 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-019-0579-x>. Acesso em: 8 fev. 2026.

BLOUIN, M.; HODSON, M. E.; DELGADO, E. A.; BAKER, G.; BRUSSARD, L.; BUTT, K. R.; DAI, J.; DENDOOVEN, L.; PERES, G.; TONDOH, J. E.; CLUZEAU, D.; BRUN, J. J. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. **European Journal of Soil Science**, Chichester, v. 64, n. 1, p. 161-182, Apr. 2013. Disponível em: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ejss.12025>. Acesso em: 27 fev. 2026.

BOUCHÉ, M. B. Strategies lombriciennes. **Ecological Bulletins**, Estocoma, v. 25, n. 1, p. 122-132, Jan./Dec. 1977. Disponível em: https://www.pismin.com/10.2307/20112572?utm_source#google_vignette. Acesso em: 2 fev. 2026.

BROWN, M. B.; FORSYTHE, A. B. Robust tests for the equality of variances. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 69, n. 2, p. 364-367, Apr./June 1974. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1974.10482955>. Acesso em: 26 fev. 2026.

BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 64, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/MBRpyFXpVC3SHX6DPHkSFbh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 out. 2024.

BUGNI, N. O. C.; ANTUNES, L. F. de S. GUERRA, J. G. M.; CORREIA, M. E. F. A caracterização e uso de gongocomposto proveniente de resíduos de poda arbórea na produção de mudas de rúcula. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v. 11, n. 1, p. 151-161, maio 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/12072/6690>. Acesso em: 28 fev. 2026.

CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: CFSEMG, 1999, 359 p.

CHAVES, V. S.; MAIA, J. P.; TEIXEIRA, I. R.; MOTA, J. H. Cultivo de alface crespa produzidas em hidroponia em diferentes ambientes de cultivo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 18, n. 1, p. 1-10, maio 2025. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/riserver/api/core/bitstreams/bbcc5513-dc17-40fb-8a10-5733111d8aed/content>. Acesso em: 24 fev. 2026.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mapa da produção de hortifrúti**. Brasília: CNA, 2024. Disponível em: https://cnabrasil.org.br/assets/arquivos/Mapa_Hortifruti_80x80cm_211221_175636.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024.

CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3rd. ed. New York: Wiley, 1999. 584 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/431517293/W-J-Conover-Practical-Nonparametric-Statistics>. Acesso em: 12 fev. 2026.

COTTA, J. A. de O.; CARVALHO, CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. da S.; REZENDE, M. O. de O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 65-78, jan./mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/fpHLHL3mstPscjq5NHwJnYx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 dez. 2024.

DEMEREW, M., ABERA, G. Effects of various feed sources vermicompost on lettuce (*Lactuca sativa* L) growth performance at hawassa. **International Journal of Bioorganic Chemistry**, Nova York, v. 10, n. 2, p. 27-32, July/Dec. 2024. Disponível em: <https://www.sciencepublishinggroup.com/journal/609/home>. Acesso em: 22 jan. 2026.

DIDOLANI, O. D.; FRANÇA, K. da S.; RODRIGUES, R. M. P.; OLIVEIRA, R. L.; CARVALHO, R. S.; REIS, L. O. Produção de alface em função de diferentes formas de adubação orgânica. **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 1-7, jul. 2018. Disponível em: <https://cadernos.abaagroecologia.org.br/cadernos/issue/view/1>. Acesso em: 1 nov. 2024.

DOMÍNGUEZ, J.; AIRA, M.; CRANDALL, K. A.; PÉREZ-LOSADA, M. Earthworms drastically change fungal and bacterial communities during vermicomposting of sewage sludge. **Scientific Reports**, Londres, v. 11, n. 1, p. 1-10, July 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-95099-z>. Acesso em: 30 jan. 2026.

DOMÍNGUEZ, J.; PÉREZ-LOSADA, M. *Eisenia fetida* (SAVIGNY, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de lombrices de tierra. **Acta Zoológica Mexicana**, Veracruz, v. 26, n. 2, p. 321-331, ene. 2010. Disponível em: <https://www.Scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a24.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2026.

DOMÍNGUEZ, J.; VELANDO, A.; FERREIRA, A. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* (Bouché 1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? **Pedobiologia**, Amsterdã, v. 49, n. 1, p. 81-87, Jan. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405604001003?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan. 2026.

DURAK, A.; ALTUNTAS, O.; KUTSAL, I. K.; ISIK, R.; KARAAAT, F. E. The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. **Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology**, Sivas, v. 5, n. 12, p. 1566-1570, Dec. 2017. Disponível em: <https://agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/1461>. Acesso em: 1 dez. 2024.

ECHER, R.; LOVATTO, P. B.; TRECHA, C. O.; SCHIEDECK, G. Alface à mesa: implicações sócio-econômicas e ambientais da semente ao prato. **Revista Thema**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 17-29, nov. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/361/245>. Acesso em: 2 out. 2024.

EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q. Earthworm morphology. In: EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q. (ed.). **Biology and ecology of earthworms**. 4th. ed. New York: Springer, 2022, p. 1-31.

ESTEVES, E. D. **Análise metagenômica do microbioma do intestino e dos coprólitos das minhocas *Perionyx excavatus* e *Dichogaster annae***. 2018. 131 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/55521>. Acesso em: 18 out. 2024.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Científica Intelletto**, Venda Nova do Imigrante, v. 2, n. 1, p. 16-28, jan. 2017. Disponível em: <https://revista.Grupofaveni.com.br/index.php/revista-intelletto/article/view/46>? Acesso em: 15 jan. 2026.

FISHER, R. A. Applications of Student's distribution. *Metron*, Roma, v. 5, n. 1, p. 90-104, Jan./Dec. 1925. Disponível em: <https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/handle/2440/15187>. Acesso em: 1 nov. 2024.

FIUZA, D. T. F.; KUSDRA, J. F.; FIUZA, S. da S. Crescimento do milho em solo sob atividade de *Chibui bari* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 359-366, abr. 2012. Disponível em: <https://www.Scielo.br/j/rbcs/a/xMCBSbSMxmJQMjtYB9w6B6L/?lang=pt&format=html#>. Acesso em: 19 out. 2024.

FIUZA, S. da S.; KUSDRA, J. F.; FURTADO, D. T. Caracterização química e atividade microbiana de coprólitos de *Chibui bari* (Oligochaeta) e do solo adjacente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 723-728, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/CCc3fmC5cSfSGSFL3TWgdBx/>. Acesso em: 4 nov. 2024.

GONZÁLES-MORENO, M. Á.; GRACIANTEPARALUCETA, B. G.; SÁDABA, S. M.; COBO, E. P.; SECO, A. A biological insight of hops wastes vermicomposting by *Eisenia Andrei*. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, Tóquio, v. 26, n. 4, p. 444-454, Oct./Dec. 2024. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-023-01848-9?utm_source. Acesso em: 25 fev. 2026.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, Princeton, v. 11, n.1, p. 1-21, Feb. 1969. Disponível em: <http://webSPACE.ship.edu/pgmarr/Geo441/Readings/Grubbs%201969%20%20Detecting%20outlying%20observation%20in%20samples.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

HERNÁNDEZ, T.; CHOCANO, C.; MORENO, J. L.; GARCÍA, C. Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops-Effects on soil and plant. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v. 160, n. 1, p. 14-22, July 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/49science/article/pii/S0167198716300162?via%3Dihub>. Acesso em: 5 jan. 2026.

IORDACHE, M. Chemical composition of earthworm casts as a tool in understanding the earthworm contribution to ecosystem sustainability - a review. **Plant, Soil and Environment**, Praga, v. 69, n. 6, p. 247-268, June 2023. Disponível em: <https://pse.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2023/06/01.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.

KUSDRA, J. F.; FIUZA, S. da S. Efeitos de minhocas no solo e nas plantas. *In*: ANJOS, J. L. dos; AQUINO, A. M. de; SCHIEDECK, G. (ed.). **Minhocultura e vermicompostagem**: interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2015. p. 86-116.

KUSDRA, J. F.; MOREIRA, D. F.; SILVA, S. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. G. Uso de coprólitos de minhoca na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 492-497, jun. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/FLBNDr8WqpCSYJFZQRWpy3D/?lang=pt>. Acesso em: 4 nov. 2024.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 47, n. 260, p. 583-621, Dec. 1952. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2280779>. Acesso em: 1 nov. 2024.

LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; DOMÍNGUEZ, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 72, n. 7, p. 1013-1019, July 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653508004797?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan. 2026.

LI, C.; LI, Y.; YANG, J.; LIAN, B.; WANG, J.; ZOU, G. Regulating root structure of potted lettuce to magnify absorption from APP and UAN fertilizers. **Frontiers in Plant Science**, Lausane, v. 15, n. 1, p. 1-11, May 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1407984/full>. Acesso em: 14 jan. 2026.

LIU, R.; ZHOU, H.; HUANG, Q.; SHUANGXI, V.; LIU, C.; HAN, Y. Y. LsHSP70 is induced by high temperature to interact with calmodulin, Leading to higher bolting resistance in lettuce. **Relatórios Científicos**, Londres, v. 10, n. 1, p. 1-9, set. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-72443-3>. Acesso em: 10 jan. 2026.

MENEZES, A. P. M.; KUSDRA, J. F.; MORENO, A. de L. Componentes produtivos da alface 'Vera' cultivada em solo com aplicação de rizobactérias e nitrogênio. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 18, n. 3, p. 1-13, dez. 2025. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/11983/8365>. Acesso em: 11 fev. 2026.

MHANDI, R.; TRABELSI, D. The rise of the worm: bibliometric insights into the growing significance of vermicomposting for sustainable agriculture and environmental management. **International Journal of Reciclyng of Organic Waste in Agriculture**, Isfahan, v. 14, n. 4, p. 1-16, Feb. 2025. Disponível em: <https://oiccpres.com/ijrowa/article/view/8661>. Acesso em: 25 jan. 2026.

MUKTAMAR, Z.; FAHRURROZI, F.; SURONINGRUM, R.; ANANDYAWATI, A. Different substrates of animal wastes and their combinations for quality improvement of vermicompost using earthworm *Perionyx excavatus*. **Current Applied Science and Technology**, Bangkok, v. 25, n. 5, p. 1-12, Mar. 2025. Disponível em: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/cast/article/view/263036>. Acesso em: 27 fev. 2026.

NADOLNY, H. S. **Reprodução e desenvolvimento das minhocas (*Eisenia andrei* Bouché 1972 e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867)) em resíduo orgânico doméstico**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/22350/DISSERTASSAO%20Herlon%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 jan. 2026.

NOGAROLI, J. A.; STREMEL, J. S.; LIPINSKY, T.; CORDEIRO, T. R. Efeito da fertilização orgânica no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) e na atividade microbiológica em Cambissolo Háplico Distrófico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, Vargem Grande Paulista, v. 12, n. 11, p. 1-16, out. 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/43467>. Acesso em: 15 jan. 2026.

NOGUEIRA, M. C. S. Orthogonal contrasts: definitions and concepts. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 118-124, Jan./Feb. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/em/a/4vKLGXCyCT3TqGTTBgwd3Ty/?lang=em>. Acesso em: 1 nov. 2024.

OYEBAMIJI, Y. O.; SHANSUDIN, N. A. A.; IKMAL, A. M.; YUSOP, M. R.; MALIKE, F. A. Effect of high temperature on growth and yield of lettuce. **International Journal of Horticultural Science and Technology**, Teerã, v. 12, n. 2, p. 409-420, Apr. 2025. Disponível em: https://ijhst.ut.ac.ir/article_97454_56846cda34c5f6869fa3563ffe2d40c6.pdf. Acesso em: 11 fev. 2026.

PAPATHANASIOU, F.; PAPAPOULOS, I.; TSAKIRIS, I.; TAMOUTSIDIS, E. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yeld and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food, Agriculture e Environment**, Helsinque, v. 10, n. 2, p. 677-682, Apr. 2012. Disponível em: https://ijrowa.isfahan.iau.ir/article_669915_356af78aadeec80b_fd48ccb52e125fb6.pdf. Acesso em: 1 mar. 2026.

PATHMA, J.; SAKTHIVEL, N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. **National Library of Medicine**, Maryland, v. 1, n. 1, Oct. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23961356/>. Acesso em: 26 fev. 2026.

PEDRINHO, D. R.; BONO, J. A. M.; LUDWIG, J.; MARTINEZ, V. R.; FARIA, M. R. Cultivo de alface fertilizada nitrogenado de liberação controlada e ureia. **Revista de Biociências**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 997-1003, jul./ago. 2015. Disponível em: <https://50ci.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/26122/16717>. Acesso em: 30 dez. 2025.

PICAZEVICZ, A. A. C.; SANTOS FILHO, A. L.; SHOCKNESS, L. dos S. F.; LIMA, L. S.; SILVA, K. F. da; AMORIM, M. V. L.; DELLARMELINO, K.; LIMA, T. de O. Crescimento e produção de alface em resposta a níveis de drilocomposto e NPK. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 3, p. 18-26, maio/jun. 2020. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3359>. Acesso em: 30 jul. 2025.

PORTO, L. N. R.; MARIANO, E. D'A.; CARDOSO, J. C. Composting of fresh vegetable residues and its application in lettuce cultivation. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 1-6, fev. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/sZZs7D7XgZbNJL8PFwmy8FL/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30 jan. 2026.

PROCHÁZKOVÁ, P.; HANČ, A.; DVOŘÁK, J.; ROUBALOVÁ, R.; DREŠLOVÁ, M.; ČÁSTKOVÁ, T.; ŠUSTR, V.; ŠKANTA, F.; PACHECO N. I. N.; BILEJ, M. Contribution of *Eisenia andrei* earthworms in pathogen reduction during vermicomposting. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 25, n. 1, p. July 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-2662-2>. Acesso em: 10 out. 2024.

PURNAWANTO, A. M.; AHADIYAT, Y. R.; IQBAL, A.; TAMAD. The utilization of mushroom waste substrate in producing vermicompost: the decomposer capacity of *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida* and *Eudrilus eugeniae*. **Acta Technologica Agriculture**, Slovaca, v. 23, n. 2, p. 99-104, June 2020. Disponível em: <https://reference-global.com/article/10.2478/ata-2020-0016>. Acesso em: 27 fev. 2026.

RIWANDI; MUKTAMAR, Z.; HASANUDIN; ANANDYAWATI; ALLSARI, V. The quality of vermicompost from various sources composted with earthworm *Perionyx excavatus*. **Conference Series: Earth and Environmental Science**, Bristol, v. 1005, n. 1, p. 1-12, Oct. 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1005/1/012006>. Acesso em: 27 fev. 2026.

ROCHA, J. F.; KUSDRA, J. F.; MORENO, A. de L.; PICAZEVICZ, A. A. C. Growth and production of lettuce on substrates based on detritivorous earthworms drilocompost. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, PI, v. 13, n. 1, p. 1-7, fev. 2022. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/3646>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SAKATA. **Vera**. Bragança Paulista, 2024. Disponível em: <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/crespa/vera>. Acesso em: 24 fev. 2026.

SATHIYAVATHI, S.; MONISHA, S.; Vermicomposting of organic wastes by using *Eudrilus eugeniae* earthworm. **International Journal of Zoology and Applied Biosciences**, Thanjavur, v. 8, n. 2, p. 1-4, Apr. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370592908_Vermicomposting_of_organic_wastes_by_using_Eudrilus_eugeniae_earthworm. Aceso em: 26 fev. 2026.

SCHIEDECK, G. **Espécies de minhocas para minhocultura**. 2010. Disponível em: https://www.infobibos.com.br/Artigos/2010_4/minhocultura/index.htm. Acesso em: 18 out. 2024.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~abe/lista/pdfXz71qDkDx1.pdf>. Acesso em: 18 out. 2024.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. Analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Boston, v. 52, n. 3, p. 591-611, Dec. 1965. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomet/article-abstract/52/3-4/591/336553>. Acesso em: 17 jul. 2023.

SHI, M.; GU, J.; WU, H.; RAUF, A.; EMRAN, T. B.; KHAN, Z.; MITRA, S.; ALJOHANI, A. S. M.; ALHUMAYDHI, F. A.; AL-AWTHAN, Y. S. Phytochemicals, nutrition, metabolism, bioavailability, and health benefits in lettuce: a comprehensive review. **Antioxidants**, Basileia, v. 11, n. 6, p. 1-23, June 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/6/1158>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SHIN, Y. K.; LEE, J. G. Differential physiological and growth responses of lettuce seedlings to extreme thermal stress analyzed through chlorophyll fluorescence. **Horticultural Science and Technology**, Seoul, v. 43, n. 5, p. 604-622, June 2025. Disponível em: <https://www.Hst-j.org/articles/article/w1dx/#Information>. Acesso em: 10 jan. 2026.

SILVA, M. D. P. da; DINIZ NETO, M. A.; RUFINO, D. C.; MELO, T. de S.; BULHÕES, L. A. de; DINIZ, B. L. M. T.; MESQUITA, E. F. de. Nutrientes no solo e em coprólitos de minhocas nativas sob sistemas de produção convencional e agroecológico. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 11, p. 1-12, set. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33843>. Acesso em: 26 jan. 2026.

SINGH, A.; KUMAR, V.; VERMA, S.; MAJUNDAR, M.; SARKAR, S. Significance of vermicompost on crop and soil productivity: a review. **International Journal of Chemical Studies**, Nova Deli, v. 8, n. 5, p. 1529-1534, Oct. 2020. Disponível em: https://www.chemijournal.com/archives/2020/vol8issue5/PartU/8-5-35-998.pdf?utm_source. Acesso em: 26 fev. 2026.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN W. G. **Statistical methods**. Ames: Iowa State University Press, 1948. 503 p. Disponível em: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.5515/page/n3/mode/2up>. Acesso em: 13 fev. 2026.

SONIA, V.; FELIX, S.; ANTONY, C. Comparative study of growth and reproduction of earthworm *Eudrilus eugeniae* in different organic substrate. **International Journal of Applied Sciences**. New Delhi, v. 4, n. 1, p. 61-68, jan. 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9074/26e2738b0f946d89316caef911e3887b97b1.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2026.

SOUZA, S. R.; FONTINELE, Y. R.; SALDANHA, C. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. G. Produção de mudas de alface com o uso de substrato preparado com coprólitos de minhoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 115-121, fev. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/dBZ3sV4d5krBQcgmW6JPFBn/?lang=pt>. Acesso em: 4 dez. 2025.

TEODORO, M. S.; SEIXAS, F. J. dos S.; LACERDA, M. N. de; ARAÚJO, L. M. da S. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes doses de vermicomposto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 1, p. 18-26, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7258141>. Acesso em: 26 jun. 2025.

TUDOSE, C.; RÎSNOVEANU, G. Effects of land use on millipede communities (subphylum Myriapoda, class Diplopoda): a review. **Transylvanian Review os Sistematical and Ecological Research**, Sibiu, v. 25, n. 3, p. 23-40, Mar. 2024. Disponível em: <https://reference-global.com/article/10.2478/trser-2023-0018>. Acesso em: 28 fev. 2026.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, Arlington, v. 5, n. 2, p. 99-114, June 1949. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18151955/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

VEERE FILHO, A. A. V. D. **Desempenho produtivo de minhocas violetas do himalaia (*Perionyx excavatus*) em diferentes substratos**. 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Agroecologia) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018. Disponível em: https://ri.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/1960/1/Desempenho_Produtivo_Minhocas_TCC_2018.pdf. Acesso em: 18 out. 2024.

VIANA, J. dos S.; GONÇALVES, T. L.; PALARETTI, L. F.; OLIVEIRA, W. S. do N.; LOPES, K. C. M.; ABREU, N. L.; GIANEZI, R. S. Aplicação via solo de adubo orgânico tipo bokashi líquido no desempenho agrônômico da alface crespa. *In*: MELO, J. O. F. (org.). **Ciências agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. Guarujá: Ed. Científica Digital, 2021. p. 206-214. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/210805784>. Acesso em: 23 jan. 2026.

YADAV, A.; GARG, V. K. Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 274, n. 1, p. 512-517, Feb. 2019. Disponível em: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418316675](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418316675). Acesso em: 26 fev. 2026.

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de; SOUZA, R. J. de. Nutrição e adubação da cultura da alface. *In*: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B. (ed). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: Unesp, 2016. p. 559-577.

ZHAO, X.; SUI, X. Y.; ZHAO, L. X.; GAO, X.; WANG, J.; WEN, X.; LI, Y. Morphological and physiological response mechanism of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to consecutive heat stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 301, n. 1, p. 1-9, Apr. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423822002345>. Acesso em: 12 jan. 2026.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Brown-Forsythe) das variáveis número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC), massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) da alface cultivar Vera avaliadas no Experimento 1.

Variáveis	Transformação	Shapiro-Wilk			Brown-Forsythe	
		W _c	H0		F _{BF}	H0
NFT	-	0,9865	NR		0,97	NR
NFC	-	0,9874	NR		0,83	NR
MFPAT	-	0,9812	NR		0,96	NR
MFPAC	-	0,9661	NR		0,61	NR
MSPA	-	0,9881	NR		1,84	R
MSPA	$\sqrt{x}$	0,9879	NR		1,70	NR
MFR	-	0,9718	NR		0,88	NR
MSR	-	0,9817	NR		0,73	NR
MFT	-	0,9733	NR		0,90	NR
MST	-	0,9897	NR		1,56	NR

Nota: NR - não rejeita-se a hipótese da nulidade; R - rejeita-se hipótese da nulidade.

APÊNDICE B - Normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Brown-Forsythe) das variáveis número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC), massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) da alface cultivar Vera avaliadas no Experimento 2.

Variáveis	Transformação	Shapiro-Wilk			Brown-Forsythe	
		W _c	H0		F _{BF}	H0
NFT	-	0,9282	R		7,68	R
NFC	-	0,9354	R		1,82	NR
MFPAT	-	0,9600	NR		2,03	NR
MFPAC	-	0,9632	NR		1,01	NR
MSPA	-	0,9756	NR		2,43	R
MSPA	$\sqrt{x}$	0,9662	NR		0,76	NR
MFR	-	0,9733	NR		0,38	NR
MSR	-	0,9530	NR		1,08	NR
MFT	-	0,9574	NR		2,33	R
MST	-	0,9668	NR		3,48	R

Nota: NR - não rejeita-se a hipótese da nulidade; R - rejeita-se hipótese da nulidade.

APÊNDICE C - Análise de variância das variáveis número de folhas total (NFT), número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) da alface cultivar Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		NFT	NFC	MFPAT	MFPAC	MSPA
Tratamento	16	13,6206**	8,1291**	471,5590**	461,3802**	4,3696**
Erro	84	3,8377	3,4679	123,4666	111,1922	1,2852
CV(%)	-	13,76	18,77	27,57	30,81	21,55

Nota: ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE D - Análise de variância das variáveis massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) da alface cultivar Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		MFR	MSR	MFT	MST
Tratamento	16	29,0502*	0,1448*	679,8640**	5,2805**
Erro	84	14,8621	0,0819	177,5588	1,7801
CV(%)	-	37,28	30,89	26,31	21,56

Nota: * significativo a 5% ($p < 0,05$); ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE E - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação com material processado por minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T7, T9, T11) e com coprólito de minhoca geófaga (G2: T6, T13) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da alface cultivar Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	46,6944**	2732,6760**	29,8298**
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE F - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação com material processado por minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T8, T10, T12) e gongolos (G2: T5, T13) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da cultivar alface Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	26,6944**	717,0791*	1,7645 ^{ns}
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ^{ns} não significativo; * significativo a 5% ($p < 0,05$); ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE G - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre a adubação com materiais processados por gongolos (G1: T5, T7, T9, T11) e com coprólitos de minhoca geófaga (G2: T6, T8, T10, T12) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da cultivar alface Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	6,7500 ^{ns}	880,6533 ^{**}	28,5208 ^{**}
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE H - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre adubação mineral (G1: T1) e orgânica com MPIE (G2: T2 a T16) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da cultivar alface Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	0,2830 ^{ns}	0,1611 ^{ns}	0,8650 ^{ns}
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ^{ns} não significativo.

APÊNDICE I - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre é adubação mineral (G1: T1) e com material processado por minhocas detritívoras (G2: T2, T3, T4, T7, T8, ..., T16) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da cultivar alface Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	1,5458 ^{ns}	21,4289 ^{ns}	0,2918 ^{ns}
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ^{ns} não significativo.

APÊNDICE J - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre somente solo (G1: T0) e adubação orgânica com MPIE (G2: T2 a T16) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da cultivar alface Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	19,8340 ^{**}	1313,2590 ^{**}	6,8392 ^{**}
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ^{**} significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE K - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre somente solo (G1: T0) e adubação com material processado minhocas detritívoras (G2: T2, T3, T4, T7, T8, ..., T16) em relação ao número de folhas comercial (NFC), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca total (MST) da cultivar alface Vera no Experimento 1.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NFC	MFPAC	MST
Contraste	1	27,0096**	1692,0640**	9,0761**
Erro	84	3,4679	111,1922	1,7801

Nota: ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE L - Análise pelo teste de Kruskal-Wallis das variáveis número de folhas total (NFT), número de folhas comercial (NFC), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) da alface cultivar Vera no Experimento 2.

Variável	H _c
NFT	34,85**
NFC	32,69**
MFT	33,64**
MST	35,15**

Nota: ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE M - Análise de variância das variáveis massa fresca da parte aérea total (MFPAT), massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no Experimento 2.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		MFPAT	MFPAC	MSPA	MFR	MSR
Tratamento	8	3474,1422**	2351,9546**	0,8972**	162,2318**	0,2410 ^{ns}
Erro	44	142,7208	109,4012	0,0566	28,5669	0,1146
CV(%)	-	17,53	18,31	9,12	27,38	37,99

Nota: ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE N - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre substrato comercial (G1: T0) e à base de materiais orgânicos (G2: T2 a T8) em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no Experimento 2.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		MFPAC	MSPA	MSR
Contraste	1	1589,5122**	27,7292**	0,0219 ^{ns}
Erro	44	109,4012	0,0566	0,1146

Nota: ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE O - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre substrato comercial (G1: T0) e à base de materiais processados por minhocas detritívoras (G2: T2, T3, T4, T6, T7 e T8) em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no Experimento 2.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		MFPAC	MSPA	MSR
Contraste	1	782,5568*	18,5793**	0,0539 ^{ns}
Erro	44	109,4012	0,0566	0,1146

Nota: ^{ns} não significativo; * significativo a 5% ($p < 0,05$); ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE P - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre somente solo (G1: T1) e substratos a base material orgânico (G2: T2 a T8) em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC) e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no Experimento 2.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		MFPAC	MSPA	MSR
Contraste	1	8845,7174**	66,5814**	0,9366**
Erro	44	109,4012	0,0566	0,1146

Nota: ** significativo a 1% ($p < 0,01$).

APÊNDICE Q - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste entre somente solo (G1: T1) e substratos a base materiais processados por minhocas detritívoras (G1: T2, T3, T4, T6, T7 e T8) em relação a massa fresca da parte aérea comercial (MFPAC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) da alface cultivar Vera no Experimento 2.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		MFPAC	MSPA	MSR
Contraste	1	10921,1646**	80,4731**	1,0883**
Erro	44	109,4012	0,0566	0,1146

Nota: ** significativo a 1% ($p < 0,01$).