

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Jaime Nakano Junior

**Efeitos de Diferentes Proporções de Resíduos de
Pescados e Manga na Compostagem com Material Vegetal
Urbano**

Dracena

2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Jaime Nakano Junior

**Efeitos de Diferentes Proporções de Resíduos de
Pescados e Manga na Compostagem com Material Vegetal
Urbano**

Trabalho de Conclusão de curso apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– Unesp, Câmpus de Dracena como parte das
exigências para graduação em zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Coorientador: Hugo Henrique D'Amore Soares

Dracena

2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP - CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Efeitos de Diferentes Proporções de Resíduos de Pescados e Manga na Compostagem com Material Vegetal Urbano.

Modalidade: Trabalho de Pesquisa

Autor: Jaime Nakano Junior

Orientador (a): Leonardo Susumu Takahashi.

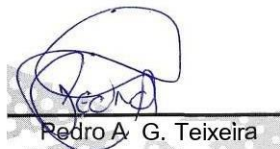
Co-orientador(es): Hugo Henrique D'Amore Soares

Número de Créditos: 15

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 11/06/2025


Leonardo S. Takahashi


Gabriela Castellani Carli


Pedro A. G. Teixeira

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

primeiramente à Deus, pela saúde e força durante esta caminhada. À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos. Aos meus professores e colegas do curso de Zootecnia, pelo conhecimento compartilhado e incentivo ao longo da graduação.

Agradeço especialmente ao Professor Dr. Leonardo Susumu Takahashi, pela orientação dedicada e contribuições fundamentais para a realização deste trabalho, e ao coorientador Hugo Henrique D'Amore Soares, pelo suporte técnico e acadêmico e pela amizade. Aos meus amigos do GAUD e da UNESP que contribuíram muito para o meu aprendizado.

À UNESP – Câmpus de Dracena, pela estrutura oferecida para a execução do experimento, e às instituições e empresas parceiras.

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos orgânicos provenientes da atividade urbana e agroindústrias representam um desafio ambiental crescente. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes tipos de proporção de pescado e manga na compostagem com material vegetal urbano, buscando otimizar a degradação da matéria orgânica e a qualidade final do composto. O experimento foi conduzido na UNESP – Câmpus de Dracena, utilizando três proporções distintas (0,5:1; 0,8:1; 1:1) de resíduo de peixe e manga, em combinação com o cavaco de madeira oriunda da poda urbana. O processo de compostagem foi monitorado durante 70 dias, com acompanhamento da temperatura, rendimento e análise físico-químicos do composto final. A pesquisa destaca o potencial do aproveitamento de resíduos orgânicos como estratégia sustentável para a redução do impacto ambiental e geração de fertilizantes orgânicos de qualidade. Os resultados mostraram que o fator tempo foi o principal determinante da variação térmica, com pico de temperatura na fase termofílica (9^o dia ao 15^o dia), sem diferenças significativas entre as proporções testadas. Os rendimentos médios de adubo variaram entre 7,46% e 7,57%, evidenciando um padrão de perda de massa típico de processos de compostagem aeróbia. Quanto à qualidade química do composto, os teores de nitrogênio (16,73 a 22,43 g/kg), fósforo (3,59 a 3,92 g/kg), potássio (4,44 a 4,75 g/kg), cálcio (11,27 a 12,05 g/kg) e magnésio (1,45 a 1,56 g/kg) foram compatíveis com fertilizantes orgânicos de boa qualidade agrônômica, não apresentando diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. O estudo conclui que todas as proporções de resíduos testadas foram tecnicamente viáveis para a produção de composto orgânico, apresentando bom perfil nutricional e estabilidade térmica, reforçando a compostagem como uma alternativa eficiente e ambientalmente correta para o aproveitamento de resíduos de pescado, manga e poda urbana.

Palavras-chave: compostagem, reciclagem de resíduos, fertilizantes orgânicos

ABSTRACT

The improper disposal of organic waste from urban activities and agro-industries represents a growing environmental challenge. This study aimed to evaluate the effect of different proportions of fish and mango residues in composting with urban plant material, seeking to optimize organic matter degradation and the final compost quality. The experiment was conducted at UNESP – Dracena Campus, using three distinct proportions (0.5:1; 0.8:1; 1:1) of fish and mango residues combined with wood chips from urban pruning. The composting process was monitored for 70 days, with measurements of temperature, yield, and physicochemical analyses of the final compost. The research highlights the potential of organic waste recycling as a sustainable strategy for reducing environmental impact and producing high-quality organic fertilizers. Results showed that time was the main factor influencing thermal variation, with a temperature peak during the thermophilic phase (9th to 15th day), and no significant differences among the tested proportions. Fertilizer yields ranged from 7.46% to 7.57%, indicating a typical mass loss pattern for aerobic composting processes. Regarding the chemical quality, nitrogen (16.73 to 22.43 g/kg), phosphorus (3.59 to 3.92 g/kg), potassium (4.44 to 4.75 g/kg), calcium (11.27 to 12.05 g/kg), and magnesium (1.45 to 1.56 g/kg) levels were consistent with good-quality organic fertilizers, with no significant statistical differences among treatments. The study concludes that all tested proportions were technically viable for organic compost production, presenting good nutritional profiles and thermal stability, reinforcing composting as an efficient and environmentally sound alternative for recycling fish, mango, and urban pruning residues.

Keywords: composting, waste recycling, organic fertilizers

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	10
2.1 Objetivos Específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 Compostagem.....	12
3.2 Resíduo de pescado	13
3.3 Resíduos de manga e poda urbana	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Local e Instalações.....	17
4.2 Delineamento experimental.....	19
4.3 Montagem e Manejo das Leiras	19
4.4 Variáveis Avaliadas	23
4.4.1 Temperatura	23
4.4.2 Cálculo de Rendimento de Adubo	24
4.4.3 Análises físico-químicas	26
4.5. Análises estatísticas.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6 CONCLUSÃO	32
7. REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional, a urbanização e a revolução industrial tiveram uma grande influência na quantidade de produção de resíduos descartados de forma incorreta. Estima-se que a população brasileira produziu, aproximadamente 1,047kg de resíduos sólidos urbanos por dia no ano de 2023. De acordo com o total populacional divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2024) essa média resulta em 81 milhões de toneladas, isso corresponde a mais de 221 mil toneladas por dia, cerca de 382 kg/habitante/ano (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente – ABREMA, 2024).

O território paulista é a região que mais gera resíduos no Brasil, cerca de 452kg/ano por pessoa com uma média diária de aproximadamente 1,237kg/dia. Aliás, o aumento acelerado populacional e o descarte incorreto dos resíduos, resultam em graves problemas sociais e ambientais, incluindo a saúde pública, contaminação do solo e do ar.

O Brasil ocupa a terceira posição de maior produtor de frutas do mundo, com uma produção anual superior a 43 milhões de toneladas em 2023, sendo que o estado de São Paulo corresponde a 40% desse volume (Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados - ABRAFRUTAS, 2024). Estima-se que 35% a 40% da produção frutíferas resultam em resíduos, como bagaços, sementes e cascas, os quais frequentemente são descartados de formas incorreta ocasionando impactos ambientais relevantes, incluindo a contaminação do solo além de favorecer o proliferamente de pragas e doenças.

Em 2023, o Brasil alcançou uma produtividade de 887,029 toneladas de peixes de cultivo, obtendo um aumento de 3,1% em relação ao ano passado que foi de um pouco mais de 860 toneladas (Peixe br, 2024). A criação de organismos aquáticos é conhecida como aquicultura, e de acordo com a Embrapa (2023) o seguimento da aquicultura que antes era marcado por pequenas operações e baixos investimentos e métodos de criação extensivas e pouca inovação no Brasil, tem atraído grandes corporações que buscam investir e ampliar o uso de novas tecnologias. Dessa forma, a aquicultura tem sido responsável pela maior produção de pescados do país (Costa, 2012).

Com o crescente interesse da população, o consumo dos pescados também tem impulsionado um elevado aumento na produção desse alimento. No entanto, o

processamento desses organismos resulta em uma perda de 50% da matéria prima, como por exemplo: escamas, nadadeiras, espinhas, barbatanas e vísceras são consideradas resíduos, pois, não são aproveitadas. E infelizmente muitas dessas empresas acabam descartando esses resíduos de forma inadequada devido ao seu baixo valor econômico o que pode gerar problemas ambientais (Feldes *et al*, 2010).

Além dos impactos ambientais gerados pelo descarte incorreto dos resíduos de pescados também causa efeitos sociais negativos. Uma solução viável seria aproveitamentos dessas partes descartadas, transformando-as em subprodutos que possam agregar valor e serem comercializados, contribuindo assim para o desenvolvimento econômico e social.

No Brasil, há a presença significativa de árvores em áreas urbanas, com os principais objetivos de valorização estética e a mitigação do aumento das temperaturas urbanas. Como consequência dessa atividade de arborização temos a geração de resíduos provenientes da poda das árvores, o que evidencia a necessidade um manejo eficiente desse material orgânico para uma melhor sustentabilidade e manutenção adequada dos espaços urbanos (Chahud *et al*, 2012).

A prática da compostagem surge como uma alternativa sustentável para a gestão desses resíduos orgânicos. Trata-se de um processo biológico aeróbico que converte resíduos orgânico em um material nutritivo, denominado húmus, por meio de atividades microrganismo sob condições controladas de oxigenação, umidade e temperatura. Além de diminuir a quantidade de resíduos descartados, a compostagem promove a reciclagem dos nutrientes do solo (Ayilara *et al*, 2020).

Esses produtos possuem a capacidade de melhorar a qualidade e a fertilidade dos solos, impactando positivamente o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas, o uso contínuo de compostos orgânicos no solo promove um aumento significativo na diversidade de comunidades bacterianas e fúngicas. Além disso, os compostos contribuem para a modulação da microbiota do solo, estimulando a presença de microrganismos benéficos e, ao mesmo tempo, reduzindo a incidência de microrganismos potencialmente patogênicos (Liu *et al*, 2022a).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este estudo busca otimizar o aproveitamento de resíduos orgânicos via compostagem, avaliando como diferentes proporções de resíduos de peixe e manga impactam a degradação da matéria orgânica e a qualidade final do composto.

2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes proporções de resíduos de pescado e manga na dinâmica do processo de compostagem, com ênfase na variação de temperatura e o período de decomposição.
- Verificar o impacto das proporções utilizadas sobre a qualidade final do composto.
- Comparar o tempo de maturação do composto nas diferentes formulações, identificando quais combinações favorecem uma compostagem mais eficiente e acelerada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Compostagem

A compostagem é uma técnica tradicional de tratamento e manejo de resíduos biodegradáveis, que podem ser convertidos em fertilizantes naturais de alta qualidade. Ela aumenta o teor de matéria orgânica no solo, fortalece a microbiota benéfica no solo e melhora a produtividade agrícola (Sharma; Li *et al*, 2020). Além disso, contribui para a redução dos impactos ambientais causados pela destinação inadequada de resíduos orgânicos, representando uma alternativa segura, eficiente e de baixo custo para seu reaproveitamento (Awasthi *et al*, 2022).

Durante a compostagem ocorre o processo de decomposição da matéria orgânica, promovida por microrganismos que produzem calor durante o metabolismo. Por isso, o processo é classificado como termofílico.

A compostagem apresenta três fases distintas:

Fase termofílica: Com temperaturas que podem ultrapassar 70 °C, favorece a ação de microrganismos termofílicos, que degradam compostos de fácil assimilação como aminoácidos e açúcares. Fase mesofílica: As temperaturas diminuem para cerca de 45 °C, possibilitando a decomposição de componentes mais resistentes, como a celulose, por microrganismos mesofílicos. Fase de estabilização ou humificação: Etapa final, em que a matéria orgânica é transformada em substâncias húmicas, com participação de fungos e bactérias específicas, contribuindo para a degradação de compostos complexos como lignina.

O objetivo final da compostagem é obter um composto estável e rico em húmus, que é avaliado com base em sua estabilidade e grau de humificação (Wu *et al*, 2017b). Os ácidos húmicos, presentes no húmus, possui grupos funcionais como as carboxilas, hidroxila e quinonas, que interagem com poluentes e nutrientes, contribuindo para a qualidade do solo (Guo; Wong *et al*, 2009).

O tratamento da compostagem de resíduos agrícolas geralmente se utiliza uma material com alto teor de carbono (palha, resíduos de podas de arvores e resíduos de frutas) e um outro resíduo com alto valor em nitrogênio (esterco de animais, carcaça de animais e cama de aviário) para ajustar a relação C/N. (Bai; Guerra; Wu *et al*, 2020). A adição de material com alto teor de lignina aumenta a temperatura e a duração dessa fase até certo ponto e que contribui para a quebra da lignocelulose e a formação do húmus estável (Hemati; Ning *et al*, 2020).

A compostagem é frequentemente associada a características de baixo custo de implementação, demanda reduzida de mão de obra e facilidade de manutenção, porém, é fundamental reconhecer que existe várias metodologias para realizar a compostagem orgânica e esses atributos podem variar de acordo com o método adotado. Dentre essas diversas metodologias se destacam as leiras com revolvimentos periódicos.

Esse método requer, inicialmente, uma área bem ventilada, protegida contra a incidência direto da chuva, podendo ser cobertas por lonas ou instaladas sobre uma superfície concreto. As leiras são estruturadas em camadas, composta por substrato vegetal intercalado com o resíduo de origem animal, e são revolvidas periodicamente utilizando ferramentas como garfo agrícola ou tratores equipados com implementos específicos (Gavilanes-Terán *et al*, 2016).

Essa prática assegura a manutenção dos níveis adequados de oxigênio no interior das leiras, condição fundamental para a eficiência do processo de decomposição biológica dos resíduos orgânicos. Cada tipo de resíduo orgânico requer uma combinação específica de fatores, como umidade, aeração e relação carbono-nitrogênio, pH e granulometria e altura das leiras que são essenciais para criar condições ambientais propícias à atividade microbiana (Costa *et al*, 2017). Assim o controle ideal desses fatores ajuda a otimizar o processo de compostagem, garantindo um produto de qualidade.

A redução da biomassa inicial está diretamente relacionada à relação C/N presente na mistura inicial, a qual exerce influência significativa sobre a atividade microbiana e sobre o grupo de microrganismo responsáveis pela decomposição dos materiais. Para que o sistema seja eficiente a relação ideal de C/N inicial deve ser entre 20/30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio (Peixoto *et al*, 2022).

Quando essa proporção está abaixo do recomendado, indica um excesso de nitrogênio, o que pode resultar na liberação de amônia e odores desagradáveis, além de ocasionar perdas de nutrientes por volatilização. Por outro lado, se a relação de carbono estiver superior a 30, sugere uma predominância de C, o que desacelera o processo de decomposição, uma vez que os microrganismos terão disponibilidade limitada de nitrogênio para suas atividades metabólicas. Em síntese, a manutenção de uma relação C/N adequada é essencial para controlar a biomassa inicial, estimular os grupos microbianos apropriados e assegurar o sucesso do processo de compostagem de forma sustentável e eficiente (Lopes *et al*, 2019).

3.2 Resíduo de pescado

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO (2018), a aquicultura refere-se à prática de criar organismos aquáticos, incluindo peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas em ambientes de água doce ou salgada, sob condições controladas. Os ambientes aquáticos estão continuamente vulneráveis a diversos tipos de impactos decorrentes da atividade humana. Entre esses, destacam-se a disposição inadequada de resíduos domésticos, agrícolas e industriais, que apresentam carga elevada de matéria orgânica e inorgânica, além da prática da pesca predatória, processo de erosão, assoreamento e destruição de matas ciliares (Souza *et al*, 2019).

Neste contexto, a aquicultura tem sido apontada como uma atividade com potencial de impactos negativos sobre ecossistemas naturais, especialmente quando realizada sem manejo adequado, podendo contribuir para a degradação ambiental e a perda de biodiversidade aquática (Santos, 2021).

No Brasil, a produção de pescado foi semelhante ao mercado mundial, com uma estagnação na atividade pesqueira e um crescimento na aquicultura a partir da década de 2000. Considerando os dados da FAO (2020), no período de 2010 a 2018, o setor teve um crescimento de 4.94%, enquanto a pesca caiu em 1.18%. Em 2010, a produção total de pescado era de 34%, no final da série, em 2018, chegou a 46%, com valor de produção de US\$ 1,35 bilhão (Ximenes, 2021).

Por representar um segmento que fornece ao mercado fonte de proteína animal de elevado valor nutricional, a aquicultura tem experimentado um crescimento acelerado globalmente FAO (2020). Dessa maneira, desempenha uma função significativa tanto no setor econômico quanto no social, gerando empregos e renda (Valença *et al*, 2018). No Brasil, a produção está predominantemente voltada para a criação de peixes, com destaque para as espécies de tilápias, camarão marinho e tambaqui (Peixe br 2024).

Em 2024, a produção de tilápia no Brasil atingiu a marca de 662.230 toneladas, representando um crescimento de 14,36% em relação ao volume registrado no ano anterior. Esse crescimento contribuiu para que a espécie passasse a representar 68,36% do total de produção de peixes de cultivo (Peixe br, 2025).

Com o crescimento da aquicultura, é fundamental que os procedimentos de instalações e manejo sejam realizados com maior rigor. Práticas inadequadas podem

gerar impactos ambientais significativos nos corpos d'água. Isso ocorre especialmente devido ao descarte de grandes volumes de resíduos orgânicos (carcaças, vísceras, escamas, peles e cabeças), que possuem elevado potencial de poluição (Mendonça, 2018).

Há um estímulo à atividade microbiana devido ao aumento na concentração de nutrientes como o fósforo (P) e nitrogênio (N). Esses elementos são fatores diretamente associados ao processo de eutrofização, caracterizada pela proliferação excessiva de algas e outros organismos aquáticos, resultando na redução dos níveis de oxigênio dissolvidos na água. Tal fenômeno pode acarretar impactos ambientais severos, incluindo a mortalidade de espécies aquáticas e a deterioração da água (Santos *et al*, 2021).

Uma das opções viáveis para a destinação dos resíduos provenientes da aquicultura é a fabricação de fertilizantes. No entanto, é importante destacar que esse campo ainda necessita de pesquisas adicionais para aprimorar sua viabilidade e segurança. Esse material apresenta um elevado teor de matéria orgânica e, quando submetido à prática de manejo apropriada, tem o potencial de fornecer quantidade consideráveis de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Radziemska *et al*, 2019).

O uso de resíduos provenientes da aquicultura nas leiras aumenta a quantidade de nitrogênio (N) disponível em comparação com os materiais vegetais, além de elevar a umidade devido ao alto teor de água presente nesses resíduos animais. Essa condição favorece um aumento na temperatura inicialmente, aliado a alta concentração de nitrogênio, que favorece o processo de decomposição primária e na mineralização dos nutrientes (Aandreev; Mengistu *et al*, 2017).

3.3 Resíduos de manga e poda urbana

O Brasil ocupa uma posição de destaque entre os maiores produtores de alimentos do mundo, sendo São Paulo responsável por aproximadamente 40% dessa produção, resultado do desenvolvimento e da expansão da atividade agroindustrial. Em decorrência desse processo, ocorre a geração de volumes expressivos de resíduos, provenientes de diferentes contextos como áreas agrícolas, industriais e urbanas (Abrafrutas, 2024).

Atualmente, diversos resíduos têm sido reaproveitados como subprodutos (restos de alimentos, cascas de frutas e vegetais, borra de café, serragem e palha) de

valor relevante para a agroindústrias, além de possibilitarem a geração de novas fontes de renda, também desempenham um papel significativo na promoção de sustentabilidade ambiental (Silva, 2018).

As indústrias de suco e polpas são responsáveis por aproximadamente 40% da geração de resíduos orgânicos, compostos por casca, caroço e bagaço (Nascimento Filho *et al*, 2015). Entretanto, observa-se um interesse crescente de indústrias voltadas ao reaproveitamento desses subprodutos, os quais vem sendo processados em larga escala para diferentes finalidades. Entre elas, se destacam-se a nutrição animal (ração) e novos produtos que visam à sustentabilidade e a inovação tecnológica.

A caracterização dos resíduos de manga, especialmente cascas e caroço, é fundamental para avaliar a viabilidade na compostagem, visando a produção de adubo orgânicos de qualidade. As características da composição física- química dos resíduos de manga são determinantes nesse processo. A casca da manga possui em pH médio de 4,46, enquanto a polpa apresenta em média o pH de 4,1. A polpa é mais ácida que a casca. Além disso, a casca contém uma concentração significativa de compostos fenólicos. Essas características sugerem que a casca da manga pode contribuir com compostos bioativos durante a compostagem (Dias *et al*, 2018).

A relação C/N é um parâmetro crucial na compostagem, influenciando a atividade microbiana e a decomposição de matéria orgânica. Resíduos com alta concentração de C/N como caroço de manga, podem retardar o processo de compostagem devido a limitação de nitrogênio disponível para os microrganismos (Lima *et al*, 2021).

Para otimizar a decomposição, é recomendado a mistura de resíduos ricos em nitrogênio, como restos de animais ou esterco, visando alcançar uma relação de C/N entre 25:1 e 35:1. Fatores como umidade, aeração, temperatura e pH, são essenciais para uma compostagem eficiente. A umidade deve ser mantida entre 50% e 60% e a temperatura ideal varia de 50°C a 70°C, promovendo a atividade de microrganismos termofílicos que aceleram a decomposição. O pH inicial ácido dos resíduos de manga podem ser ajustados naturalmente durante o processo, à medida que os microrganismos metabolizam os compostos orgânicos, elevando o pH a níveis mais neutros, favoráveis à estabilidade do composto final (Souza *et al*, 2018).

Os resíduos provenientes de poda de árvore são materiais resultantes das manutenções e manejo da arborização urbana, visando a segurança pública. Embora

não sejam provenientes do setor industrial, os resíduos apresentam elevado potencial de aproveitamento, considerando a grande quantidade produzida. O principal desafio relacionado ao seu uso, em grande parte, a falta de técnica e conhecimento no manejo do resíduo, além da ausência de controle adequado sobre o volume produzido, o que resulta na perda de um recurso valioso que poderia ser direcionado para práticas sustentáveis, como a compostagem e a produção de insumos orgânicos (Bizerra; Silva *et al*, 2019).

Os galhos, folhas secas e ramos são compostos predominantemente por estruturas vegetais formados por celulose, hemicelulose e lignina. Esses componentes são ricos em carbono estrutural e possuem baixa quantidade de nitrogênio disponível. Dependendo da espécie da árvore, idade do material vegetal e das condições ambientais essa relação de C/N pode chegar até 60:1 (Peixoto *et al*, 2022).

A elevada relação C/N indica um excesso de carbono em relação ao nitrogênio, o que pode limitar a atividade microbiana durante o processo de compostagem. Isso ocorre por que os microrganismos necessitam de uma proporção equilibrada desses dois elementos, inicialmente 25:1 e 35:1, para realizar suas funções metabólicas de forma eficiente. O carbono é utilizado como fonte de energia, enquanto o nitrogênio é utilizado na síntese de proteínas e enzimas. Quando a escassez de nitrogênio o metabolismo microbiano se torna mais lento, prolongando o tempo de decomposição do material orgânico (Dias; Peixoto *et al*, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e Instalações

O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola com dimensões de 12 x 10 metros, situada no Setor de Aquicultura da UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), no município de Dracena – SP. Os resíduos de peixe, compostos por vísceras, carcaças e subprodutos do processamento, foram coletados de piscicultores de Paulicéia – SP. Os resíduos de manga, incluindo cascas, caroço e bagaço foram coletados na empresa Bella Terra Alimentos, situada em Dracena – SP. Já os resíduos provenientes da poda de árvores urbanas foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Dracena - SP.

Figura 1. Estufa onde o experimento foi conduzido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2. Laterais da estufa abertas para ajudar na circulação do ar.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 12 leiras de 80kg cada, montadas simultaneamente dentro da estufa. Cada tratamento teve quatro repetições, totalizando os 12 montes de compostagem. Neste sentido, os tratamentos foram:

- **T1**- Proporção peixe/manga: 0,5:1 (15kg peixe + 30kg manga + 35kg resíduos de poda)
- **T2**- Proporção peixe/manga: 0,8:1 (20kg peixe + 25kg manga + 35kg resíduo de poda)
- **T3**- Proporção peixe/manga: 1:1 (22,5kg peixe + 22,5kg manga + 35kg resíduos de poda)

4.3 Montagem e Manejo das Leiras

As leiras foram montadas obedecendo às proporções estabelecidas entre os resíduos de peixe e de manga, com a adição fixa de 35 kg de resíduos de poda urbana triturados grosseiramente em todas as combinações, visando garantir a estrutura física adequada para a aeração e a decomposição do material.

Para a montagem, inicialmente foi depositada uma camada basal de aproximadamente 10 cm de resíduos de poda urbana, que atuou como matriz estrutural, facilitando a circulação de ar e evitando a compactação do material durante o processo de compostagem. Em seguida, foram adicionadas sequencialmente as camadas de resíduos de peixe e resíduos de manga, distribuídas conforme as proporções definidas para cada tratamento experimental. A montagem foi finalizada com uma camada superficial de resíduos de poda urbana, finalizando o monte, a qual serviu para proteger o material da exposição direta ao ambiente, controlar a umidade e minimizar perdas por volatilização durante a compostagem.

O manejo das leiras foi conduzido com o objetivo de garantir a homogeneidade dos resíduos e as condições ideais para a decomposição (Perreira *et al*, 2020). A temperatura foi monitorada regularmente uma vez ao dia no período da manhã entre as 9 horas e 10 horas ao longo de todo o experimento. A umidade foi controlada visualmente e as leiras eram molhadas durante um período de 40 segundos e por meio do tato, uma vez que não foi possível utilizar equipamentos específicos para sua

medição. Para manter a umidade dentro da faixa ideal estimada de 40 a 60% (Dias *et al*, 2018), as leiras foram irrigadas em dias alternados (um dia sim, um dia não).

O revolvimento das leiras foi realizado com maior frequência durante o primeiro mês, ocorrendo a cada três dias, para promover a aeração e a uniformização do material. A partir do segundo mês, o revolvimento foi reduzido para uma vez por semana, devido a estabilização do composto mantendo essa frequência até o término dos 70 dias de compostagem.

Ao final do processo, o composto foi peneirado utilizando peneira com malha metálica de 2 mm de abertura, a fim de padronizar o material e remover impurezas ou partículas maiores. Posteriormente, os adubos foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados, pesados e armazenados para realização das análises físico-químicas.

Figura 3. Pesagem dos resíduos de poda urbana.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4. Pesagem dos resíduos de manga.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6. Pesagem do resíduos de peixe.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Variáveis Avaliadas

4.4.1 Temperatura

A temperatura das leiras foi monitorada diariamente ao longo de todo o período de compostagem, com o objetivo de acompanhar a dinâmica térmica do processo e avaliar a atividade microbiana nos diferentes tratamentos. As medições foram realizadas utilizando um Termômetro Digital com Sensor Termopar Tipo K (modelo Salvterm 1200K), acoplado a uma sonda metálica rígida de 50 cm (Termopar Tipo K, faixa de -50 a 1200 °C).

Para cada aferição, a sonda foi introduzida verticalmente no centro da leira, de cima para baixo, até aproximadamente a metade da profundidade, buscando representar a temperatura média da massa interna do composto, onde ocorre a maior atividade biológica.

Embora as medições tenham sido realizadas diariamente, para efeito de comparação estatística, foram selecionados três momentos representativos do processo: dia 1 (início), dia 21 (pico esperado de atividade microbiana) e dia 70 (final do processo). Os dados correspondentes a esses tempos foram submetidos a análise de variância fatorial (ANOVA dois fatores), considerando os fatores fixos tempo (1, 21 e 70 dias) e proporção dos resíduos (0,5:1; 0,8:1; 1:1).

Figura 7. Termometro utilizado durante todo o experimento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.2 Cálculo de Rendimento de Adubo

O rendimento da compostagem foi determinado com base na relação entre a massa final do composto obtido e a massa inicial total dos resíduos utilizados na montagem das leiras. Para isso, ao final dos 70 dias de compostagem, o material peneirado foi pesado com Balança industrial digital Balmak BK-Carbono 300kg 127/220V 55 cm x 40 cm e os valores obtidos foram comparados à soma das massas dos resíduos adicionados no início do processo. O cálculo do rendimento (%) foi realizado por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento (\%)} = (\text{massa final do composto peneirado (kg)} / \text{massa inicial dos resíduos (kg)}) \times 100$$

Figura 8. Pesagem dos compostos após peneirados



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas do composto orgânico produzido foram realizadas em laboratório especializado, com o objetivo de determinar os teores dos macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), e dos micronutrientes cobres (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Para a realização das análises, foram coletadas amostras representativas de cada tratamento, previamente secas, moídas e peneiradas.

Os procedimentos analíticos seguiram as metodologias descritas por Alcarde (2009), conforme preconizado no Manual de Análise de Fertilizantes da Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ. As amostras foram submetidas à digestão química e os elementos foram quantificados por espectrometria de absorção atômica ou fotometria de chama, conforme a exigência analítica de cada nutriente.

Além disso, foi determinado o teor de nitrogênio total (N) por meio de análise elementar em equipamento LECO, conforme metodologia descrita no livro Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais (adaptado de Embrapa, 2001).

4.5. Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para a variável temperatura, a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett, e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) fatorial do tipo dois fatores, considerando o tempo (1, 21 e 70 dias) e a proporção dos resíduos (0,5:1; 0,8:1 e 1:1) como fatores fixos. Quando identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Para as variáveis de rendimento e caracterização química do composto, os dados foram submetidos à ANOVA simples para verificar diferenças entre os tratamentos. Quando identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias também foram comparadas pelo teste de Tukey.

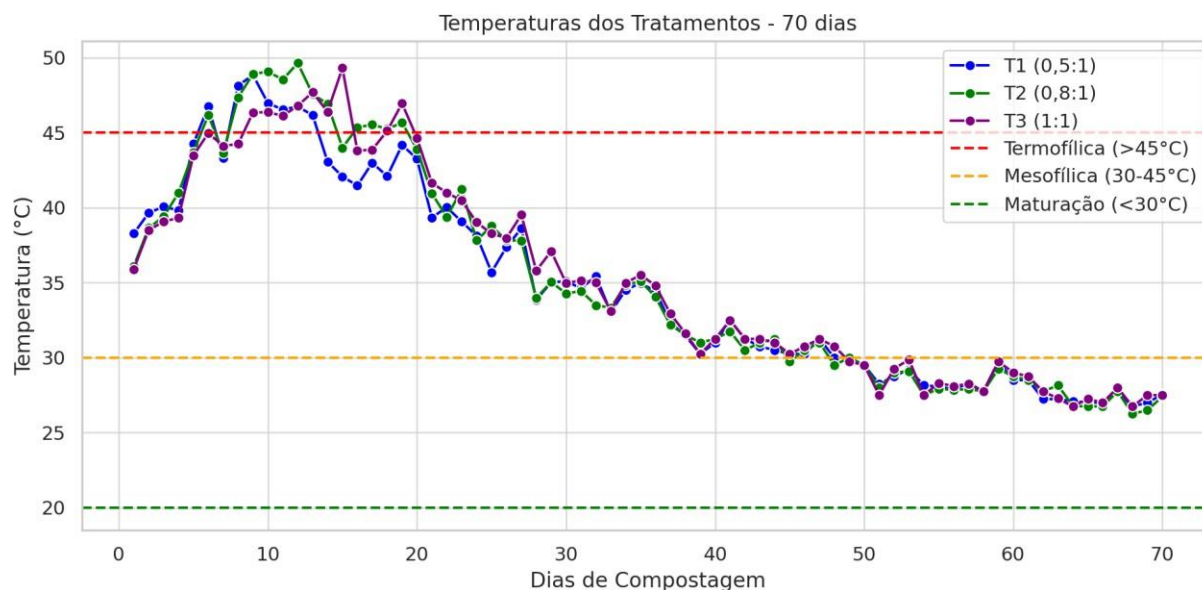
Todas as análises foram realizadas no software R® (versão 4.4.0; R Core Team, 2022), utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira *et al*, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico 1, apresenta a variação da temperatura dos diferentes tratamentos ao longo de 70 dias de compostagem. Observa-se que todos os tratamentos atingiram

a fase termofílica nos primeiros dias, com temperaturas superiores a 45°C, indicando atividade microbiana intensa e degradação acelerada da matéria orgânica. Após esse período, as temperaturas reduziram gradativamente, permanecendo na faixa mesofílica (30-45°C) e, posteriormente, estabilizaram-se abaixo de 30°C, caracterizando a fase de maturação do composto.

Gráfico 1 – Comparativo da temperatura em relação aos três tratamentos



Fonte: Elaborada pelo autor

No presente estudo, durante o processo de compostagem, observou-se predominância da fase mesofílica, caracterizada pela atuação de microrganismos mesófilos responsáveis pela degradação inicial da matéria orgânica, sobretudo dos compostos mais facilmente biodegradáveis, como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos. Essa fase é essencial para a elevação da temperatura, preparando o ambiente para a colonização por microrganismos termófilos.

A fase termofílica, embora presente, apresentou duração relativamente curta, o que pode estar relacionado à rápida estabilização da matéria orgânica no interior das leiras. Esse comportamento indica que os microrganismos passaram a dispor de menor quantidade de substratos energéticos, resultando na redução da atividade microbiana e consequente diminuição da liberação de calor. Em alguns momentos, após a umidificação e revolvimento das leiras, observou-se elevação temporária da temperatura entre 1 °C e 2 °C, refletindo uma reativação pontual da atividade

microbiológica antes do retorno à temperatura ambiente, característica da fase de maturação.

A fase de maturação teve início aproximadamente 20 dias antes do término do processo, o que representa um tempo total de compostagem relativamente curto quando comparado a outros estudos da literatura, que relatam ciclos superiores a 90 ou até 120 dias (Azim *et al*, 2018).

Essa antecipação pode estar associada à eficiência do processo de degradação e à transformação da matéria orgânica em húmus em menor tempo, resultando em um composto com características estáveis e perfil químico adequado. Entretanto, é possível inferir que a curta duração do processo também pode ter sido influenciada pela baixa proporção de materiais com alto teor de carbono na mistura inicial (Manea *et al*, 2024).

A predominância de resíduos com elevada umidade e baixo C/N, como pescado e manga, favoreceu a rápida decomposição, limitando a permanência das fases ativas do processo. A inclusão de substratos lignocelulósicos mais resistentes, como os resíduos de poda urbana moídos de forma grosseira, poderia ter prolongado a fase termofílica e contribuído para um processo de compostagem mais gradual, além de melhorar a relação C/N da mistura.

Na tabela 1 se encontra os resultados médios das temperaturas e dos tratamentos, considerando as seguintes proporções de resíduos: 0,5:1; 0,8:1 e 1:1, o fator tempo 1,21 e 70 dias.

A temperatura é um dos principais parâmetros para o monitoramento da compostagem, pois está diretamente relacionada à atividade microbiológica e ao progresso da degradação da matéria orgânica sob condições aeróbias (Haug, 1993).

Neste estudo, avaliou-se o comportamento térmico de leiras compostadas com três diferentes proporções de resíduos de peixe e manga (0,5:1; 0,8:1; 1:1), todas associadas a uma carga fixa de resíduos de poda urbana, durante 70 dias.

Os resultados de temperatura dos compostos de diferentes proporções de peixe/manga estão dispostos na Tabela 1. De acordo com a análise de variância fatorial, demonstrou efeito significativo apenas no tempo, onde mostrou-se que aos 15 dias de compostagem, foi o pico máximo da fase termofílica e após esse dia, a temperatura dos tratamentos começaram cair, até atingir a fase de maturação.

Tabela 1. Médias das temperaturas dos tratamentos, letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Variável	Proporção do resíduo			Tempo (dias)			SEM	Two way Anova		
	0,5:1	0,8:1	1:1	1	21	70		Proporção	Tempo	Interação
Temperatura °C	35,05±5,76	34,70±6,12	35,01±6,55	36,7±2,06b	40,65±2,50a	27,36±1,22c	0,99	0,970	<0,0001	0,945

Fonte: Elaborado pelo autor.

A fase de maturação teve início aproximadamente 20 dias antes do encerramento do ciclo, que teve duração total de 70 dias. Esse tempo é considerado relativamente curto em comparação a outros estudos que relatam ciclos de até 120 dias (Manea *et al*, 2024). A antecipação da maturação pode estar associada à rápida estabilização da matéria orgânica e à eficiência da degradação biológica. No entanto, a utilização de uma peneira com malha muito fina no momento da separação do composto final contribuiu para perdas consideráveis de material, o que influenciou negativamente o rendimento obtido.

A análise de variância fatorial (Two-way ANOVA) demonstrou efeito significativo apenas para o fator tempo ($p < 0,0001$), não sendo observadas diferenças significativas para a proporção dos resíduos ($p = 0,99$) nem para a interação entre os fatores ($p = 0,945$). Isso indica que a evolução térmica da compostagem ocorreu em função do tempo, e não das diferentes proporções utilizadas.

As temperaturas médias registradas nos dias 1, 21 e 70 foram $36,70 \pm 2,06$ °C, $40,65 \pm 2,50$ °C e $27,36 \pm 1,22$ °C, respectivamente, com diferenças estatísticas entre os tempos (Tukey, $p < 0,05$). O pico térmico, observado entre o 9º e o 15º dia, caracteriza a fase termofílica, marcada pela intensa atividade microbiológica na degradação de compostos simples como proteínas e açúcares (Azim *et al*, 2018). A redução da temperatura ao final do processo indica a transição para a fase de maturação, com menor atividade biológica e maior estabilidade do composto (Bernal *et al*, 2009).

Em relação ao rendimento deste trabalho, os valores médios variaram de 7,46% a 7,57%, sem diferenças significativas entre os tratamentos ($p = 0,995$). Esses resultados estão em conformidade com o padrão esperado em processos de compostagem aeróbia, nos quais ocorre perda substancial de massa devido à mineralização da matéria orgânica, liberação de CO₂ e perda de água (Sousa *et al*, 2024).

De acordo com a Tabela 2, os teores de fósforo (3,59–3,92 g/kg), potássio (4,44–4,75 g/kg), cálcio (11,27–12,05 g/kg), magnésio (1,45–1,56 g/kg) e enxofre (1,50–1,56 g/kg) foram compatíveis com compostos orgânicos de qualidade, conforme descrito por Lopes (2019).

Tabela 2 – Rendimento e composição química média do composto orgânico com diferentes proporções de resíduos de peixe e manga.

VARIÁVEL	T1 (0,5:1)	T2 (0,8:1)	T3 (1:1)	VALOR DE P	SEM
RENDIMENTO (%)	7,52 ± 0,72 ^a	7,57 ± 1,99 ^a	7,46 ± 1,95 ^a	0,995	0,83
N (G/KG)	22,43 ± 5,89 ^a	16,73 ± 1,75 ^a	17,60 ± 3,35 ^a	0,155	2,77
P (G/KG)	3,59 ± 2,12 ^a	3,92 ± 2,87 ^a	3,71 ± 2,03 ^a	0,981	1,19
K (G/KG)	4,75 ± 0,41 ^a	4,44 ± 0,69 ^a	4,75 ± 1,02 ^a	0,797	0,37
CA (G/KG)	12,05 ± 3,35 ^a	11,27 ± 5,44 ^a	11,40 ± 3,98 ^a	0,964	2,17
MG (G/KG)	1,56 ± 0,11 ^a	1,45 ± 0,24 ^a	1,55 ± 0,15 ^a	0,654	0,088
S (G/KG)	1,56 ± 0,26 ^a	1,50 ± 0,32 ^a	1,56 ± 0,20 ^a	0,930	0,13

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras iguais na mesma linha indicam ausência de diferença significativa pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). T1: razão peixe:manga 0,5:1; T2: 0,8:1; T3: 1:1. SEM: erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A baixa variação entre os tratamentos e a ausência de diferenças significativas indicam que a compostagem foi eficiente na mineralização e retenção desses nutrientes, independentemente da proporção inicial de resíduos utilizados.

É importante destacar, contudo, que o uso de peneira fina pode ter intensificado essas perdas ao remover partículas menores, que ainda apresentavam valor agrônomo. Além disso, a ausência de materiais com alto teor de carbono pode ter contribuído para a volatilização do nitrogênio, especialmente durante a fase termofílica, comprometendo parcialmente a eficiência na retenção desse nutriente.

Quanto à composição química do composto final, também não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para os principais macronutrientes. Os teores de nitrogênio total variaram entre $16,73 \pm 1,75$ g/kg e $22,43 \pm 5,89$ g/kg, com valores numericamente mais altos na proporção 0,5:1, que apresentou maior quantidade de resíduo de pescado. Embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($p = 0,155$), sugere uma tendência de maior retenção de N em tratamentos com mais resíduo animal.

De forma geral, os resultados obtidos neste trabalho indicam que as três proporções testadas foram tecnicamente viáveis, resultando em compostos com perfil nutricional equilibrado, estabilidade térmica adequada e rendimento compatível com processos de compostagem aeróbia. Embora tenham ocorrido perdas associadas ao uso de peneiras de malha fina e à possível volatilização de nitrogênio devido à ausência de materiais com elevado teor de carbono, o desempenho geral das

formulações foi satisfatório. A flexibilidade na composição das leiras permite ajustar o processo conforme a disponibilidade sazonal e regional dos resíduos, favorecendo estratégias sustentáveis de manejo e valorização de resíduos orgânicos urbanos e agroindustriais.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a compostagem de resíduos de pescado e manga com poda urbana mostrou-se tecnicamente viável nas três proporções testadas, resultando em compostos com boa estabilidade térmica e perfil nutricional adequado. A variação térmica foi influenciada apenas pelo tempo, e o rendimento, embora dentro do esperado, foi reduzido pelo uso de peneiras finas e pela possível volatilização de nitrogênio, associada à baixa presença de materiais ricos em carbono. A proporção 0,5:1 destacou-se numericamente na retenção de nitrogênio. Assim, o processo demonstrou potencial para ser ajustado conforme a disponibilidade de resíduos, promovendo uma alternativa sustentável para o reaproveitamento orgânico urbano e agroindustrial.

7. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura 2025**. Curitiba: Associação Brasileira da Piscicultura, 2025.

AMUAH, E. E. Y. FEI, B. SACEY, L. N. A. *et al.* Uma revisão dos princípios da compostagem: compreendendo os processos, métodos, méritos e deméritos. **Organic Agriculture**, v. 12, p. 547–562, 2022.

AYILARA, M. S.; OLANREWAJUL, O. S.; BABOLA, O. O.; AZIM, K. Waste management through composting: Challenges and potentials. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4456, 2020.

BATISTA, M., CAIADO, R. G. G., QUELHAS, O. L. G. *et al.* A framework for sustainable and integrated municipal solid waste management: barriers and critical factors to developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v.312, p.127516,2021.

CHANG, H. Q.; ZHU, X.H.; GUO, D.Y. *et al.*; Dynamics of microbial diversity during the composting of agricultural straw. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 5, p. 1121-1136, 2021.

DA CRUZ, U.R.X.; FERREIRA, E. R.; GARCIA, R. A. Breve panorama socioeconômico da reciclagem no Brasil atual. **Revista de Estudos Interdisciplinares**, v. 6, n. 2, p. 01-14, 2024.

FAO - Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture. Meeting the sustainable development goals**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome (Italy). 2018, 209 p.

FONSECA, R. A. MOURA NETO, H. da PASCHOA, J. C. V. *et al.* **Aquicultura: impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas**. 2021.

GAVILANES, T. I. JARA, S.J., IDROVO. N. J. *et al.* Windrow composting as horticultural waste management strategy: a case study in Ecuador. **Waste Management**, v. 48, p. 127-134, 2016.

GAUR, V. K., SHARMA, P., SIROSHI, R., AWASTHI, M. K., DUSSAP, C. G., *et al.* Assessing the impact of industrial waste on environment and mitigation strategies: a comprehensive review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 398, p. 123019, 2020.

GREGOLIN, Jean Carlos. **Aceleração da compostagem de resíduos de poda urbana com adição de dejetos de animais**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

YIN, J., XIE, M., YU, X., FENG, H., *et al.* A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. **Environmental Pollution**, v. 342, 2024.

LIMA, R. F. C.; OLIVEIRA, I. P. A compostagem de resíduos sólidos e de poda. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 5, ed. 12, vol. 19, p. 128-142, dez. 2020. ISSN 2448-0959.

LOPES, I.G.; DE SOUZA, L.F.; VIDOTTI, R.M. Composting as a strategy to recycle aquatic animal waste: Case study of a research center in São Paulo State, Brazil. **Gestão de Resíduos e Pesquisa**. 2019

MANEA, E. E.; BUMBAC, C.; DINU, L. R. *et al.* Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements. **Sustainability**, 16(15), 6329, 2024.

DO NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

PEIXOTO, C. C. M. Avaliação de diferentes relações C/N no processo de compostagem de resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 123-135, 2022.

SANTOS, Diego Muniz da Silva. **Atributos químicos do solo e crescimento de mudas de uvaia (Eugenia pyriformis Cambess) adubadas com composto de resíduos de aquicultura**. 2021.

SOUSA, J.M.; PEREIRA R.D.; AZEVEDO. A. G. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE PESCADO PARA PRODUÇÃO DE ADUBOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA: REVISÃO DE LITERATURA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 9, n. 1, 2024.

ZHAO, B., WANG, Y., SUN, H., & XU, Z. *et al.* Analysis of humus formation and factors for driving the humification process during composting of different agricultural wastes. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, p. 954158, 2022.