

**Influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o  
comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais e voláteis**

**BRUCELI GONÇALVES PEREIRA**

**Influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais e voláteis**

**Acadêmico:** Bruceli Gonçalves Pereira

**Orientadora:** Prof. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico

**Coorientadora:** M.sc. Juliana Dias de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos para obtenção do título de Zootecnista.

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P436i Pereira, Brucei Gonçalves  
Influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais e voláteis [recurso eletrônico] / Brucei Gonçalves Pereira. -- 2024.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Ana Carolina Amorim Orrico.  
Coorientador: Juliana Dias de Oliveira.  
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Aeração. 2. Compostagem. 3. Degradação. 4. Tratamento. I. Orrico, Ana Carolina Amorim. II. Oliveira, Juliana Dias De. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

# **Influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais e voláteis.**

Por

**Bruceli Gonçalves Pereira**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de ZOOTECNISTA

Aprovado em: 28 de fevereiro de 2024.

Documento assinado digitalmente  
 ANA CAROLINA AMORIM ORRICO  
Data: 28/02/2024 20:58:42-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profª Ana Carolina Amorim Orrico – UFGD**  
**Orientador**

Documento assinado digitalmente  
 TARCILA SOUZA DE CASTRO SILVA  
Data: 29/02/2024 16:51:09-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Pesquisadora Tarcila Souza de Castro Silva**  
**(Banca 1)**

Documento assinado digitalmente  
 MARCO ANTONIO PREVIDELLI ORRICO JUNIOR  
Data: 08/03/2024 10:43:23-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Prof. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior**  
**(Banca 2)**

Documento assinado digitalmente  
 JULIANA DIAS DE OLIVEIRA  
Data: 08/03/2024 11:14:57-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**MSc Juliana Dias de Oliveira**  
**(Banca 3)**

## Dedicatória

Dedico este trabalho para meus companheiros diários, Berenice e Chico, os quais estiveram ao meu lado sempre em que a solidão bateu à porta, me dando sentido e muita alegria.

## AGRADECIMENTOS

*À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), por oferecer condições as quais me trouxeram a conclusão desta etapa na minha jornada e condições de eu traçar novas rotas na minha vida como Zootecnista.*

*À minha orientadora Prof. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, a qual me oportunizou a experiência de participar do projeto de iniciação científica “Influência da separação de frações sob o desenvolvimento da compostagem dos dejetos gerados por bovinos alimentados com doses crescentes de monensina na dieta”, além de me orientar e dar suporte na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.*

*À Fundect e UFGD, os quais financiaram parte da minha trajetória, a partir do projeto de iniciação científica e mentoria que participei no decorrer do curso.*

*À Prof. Dra. Andrea Maria de Araújo Gabriel, por me convidar a participar do Projeto de Mentoria, da disciplina de Histologia e Embriologia.*

*À Doutoranda Juliana Dias De Oliveira, pelo suporte na elaboração deste trabalho, sendo parte essencial na coleta de dados, ademais em sugestões de leituras e direcionamentos para que fosse realizado.*

*À Embrapa Agropecuária Oeste, por dispor do local para que o projeto fosse realizado e os dados fossem coletados.*

*Ao Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno, pelas conversas, aconselhamentos e grande influência no desenvolvimento da minha vida profissional.*

*Agradeço à Deus pela vida que tenho, por sempre me acolher em minhas orações, por colocar pessoas boas em minha vida, fazendo com que eu me torne uma pessoa melhor e me dar forças para que eu me torne um profissional de referência.*

*À minha mãe, Tereza Alves Gonçalves, que me deu a educação e o apoio para que eu pudesse me formar, por sempre mostrar o caminho da fé, não me deixando desistir de nada. Uma mulher que transmitiu sua força para que eu mantivesse minha cabeça erguida diante de todas as dificuldades, mostrando que mesmo diante de qualquer dificuldade, devo me manter em pé, sereno, para que eu consiga seguir em frente.*

*Ao meu pai, Celi Antonio Pereira, pelas experiências a mim transmitida e por me dar a educação para que eu me torne o homem que sou hoje.*

*À minha irmã, Celizangela Pereira Maciak, a qual sempre esteve ao meu lado, mostrando que cursar um Curso Superior era possível, sendo a primeira neta, por parte da minha mãe, a obter um diploma. Sempre me apoiou nos momentos mais difíceis e muitas vezes se deslocou até a universidade para me auxiliar em trabalhos práticos, não me deixando desistir em momento algum.*

*Ao meu cunhado Paulo Alexandre Graciano Maciak, por todos os conselhos e conversas que me ajudaram em minha trajetória até aqui e por ser como um irmão pra mim, sempre me apoiando, me encorajando.*

*Aos meus amigos Danilo Eberhart e Luiz Ernesto Ferronato Porto, que foram essenciais na minha graduação, acompanhando-me no dia-a-dia, auxiliando em meus estudos, onde cada um tinha uma forma de me escutar, mas sempre os conselhos dados tinham o mesmo sentido, a amizade de vocês me tornou mais flexível em receber conselhos.*

## Epígrafe

“Se não puder ser reduzido, reutilizado, reparado, reconstruído, remodelado, repintado, revendido, reciclado ou compostado, então deve ser restringido, modificado ou removido da produção.” – Pete Seeger

PEREIRA, Bruceli Gonçalves. **Influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais e voláteis**. 2023. XXIII f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

## RESUMO

Durante a produção do pescado ocorre a geração de resíduos, sendo estes gerados durante todo o processo produtivo. Para o descarte desses resíduos existem diferentes métodos que podem ser utilizadas, sendo que esses métodos podem ter comportamentos distintos no processo de degradação e tratamento dos resíduos. O objetivo da pesquisa foi avaliar a influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV). A pesquisa foi realizada na Embrapa Agropecuária Oeste. Os métodos de disposição utilizados foram a compostagem e método de enterramento, para isso foram utilizados resíduos provenientes do abate de peixes. Esses resíduos foram dispostos em células feitas de alvenaria com aproximadamente 1 m<sup>2</sup>. No método de compostagem os resíduos foram dispostos em duas condições, sendo ambas com a utilização da maravalha, onde os resíduos foram intercalados em camadas junto com a maravalha, a diferença é que em uma das condições foi adicionado o biochar na dose de 10% em relação ao resíduo. No método de enterramento, os resíduos também foram dispostos em duas condições, sendo que em ambas as condições o solo foi forrado com uma camada de maravalha, após isso foi adicionado em torno de 150Kg de resíduo, em uma das condições o resíduo foi coberto primeiro com a maravalha e em seguida com solo, já na outra condição foi utilizado somente o solo para a cobertura. Na compostagem foram realizados manejos, sendo a aeração forçada nas 6 primeiras semanas e revolvimentos aos 50, 70 e 90 dias. Já no método de enterramento, não houve nenhum tipo de manejo. A compostagem teve a duração de 130 dias, já o método de enterramento permaneceu por 220 dias. Durante todo esse período dos processos, foi mensurada a temperatura, com auxílio de dataloggers, inseridos em diferentes pontos dentro das células. Na compostagem, aos 70 e 130 dias foi coletado amostras para avaliar as reduções de ST e SV. No método de enterramento essas coletas ocorreram com 130 e 220 dias. A adição de 10% de biochar favoreceu o aumento da temperatura após a 10<sup>a</sup> semana de compostagem, alcançando a temperatura de 65,9 °C na 15<sup>a</sup> semana. Além disso, as reduções de ST e SV foram maiores quando se utilizou esse aditivo. No método de enterramento, a adição da camada de maravalha para a cobertura junto com o solo provocou aumento de temperatura em relação a cobertura somente com o solo durante todo o processo. As reduções de ST nos resíduos enterrados aos 130 dias foram de 44,4 % quando se utilizou a maravalha e solo para cobertura, já quando se utilizou somente o solo para cobertura, a redução foi de apenas 10,22%. Com isso, a melhor forma de transformar um resíduo em um composto que possa ser utilizável para o cultivo é realizar a compostagem, onde ela alcança temperaturas mais elevadas e realiza a sanitização. Além disso, não é sugerido o método de enterramento, pois esse método não alcança altas temperaturas, e assim não há a formação de um ambiente onde haja o desenvolvimento de microrganismos que realizam a degradação, não havendo a sanitização e a redução de ST e SV do resíduo enterrado.

**Palavras-chave:** Aeração, Compostagem, Degradação, Tratamento.

## ABSTRACT

During fish production, waste is generated, which is generated throughout the production process. To dispose of this waste, there are different methods that can be used, and these methods can have different behaviors in the waste degradation and treatment process. The objective of the research was to evaluate the influence of the way fish waste is disposed of on the behavior of temperature and the reduction of total solids (TS) and volatile solids (VS). The research was carried out at Embrapa Agropecuária Oeste. The disposal methods used were composting and burial method, for which waste from fish slaughter was used. This waste was arranged in cells made of masonry measuring approximately 1m<sup>2</sup>. In the composting method, the waste was arranged in two conditions, both using wood shavings, where the waste was interspersed in layers together with the wood shavings, the difference is that in one of the conditions biochar was added at a dose of 10% in relation to waste. In the burial method, the waste was also arranged in two conditions, in both conditions the soil was covered with a layer of wood shavings, after which around 150 kg of waste was added, in one of the conditions the waste was covered first with wood shavings and then with soil, in the other condition only soil was used for covering. In composting, management was carried out, with forced aeration in the first 6 weeks and turning at 50, 70 and 90 days. Regarding the burial method, there was no type of management. Composting lasted 130 days, while the burial method remained for 220 days. During this entire period of the processes, the temperature was measured, with the aid of data loggers, inserted at different points inside the cells. During composting, at 70 and 130 days, samples were collected to evaluate the reductions of TS and VS. In the burial method, these collections occurred after 130 and 220 days. The addition of 10% biochar favored the increase in temperature after the 10th week of composting, reaching a temperature of 65.9 in the 15th week, in addition. ST and SV reductions were greater when this additive was used. In the burial method, the addition of the shavings layer to the cover along with the soil caused an increase in temperature compared to covering only with soil throughout the process. ST reductions in buried waste after 130 days were 44.4% when wood shavings and soil were used for covering, whereas when only soil was used for covering, the reduction was only 10.22%. Therefore, the best way to transform a waste into a compost that can be used for cultivation is to carry out composting, where it reaches higher temperatures and performs sanitation. Furthermore, the burial method is not suggested, as this method does not reach high temperatures, and thus there is no formation of an environment where there is the development of microorganisms that carry out degradation, without sanitization and reduction of ST and SV of buried waste.

Keywords: Aeration, Composting, Degradation, Treatment.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
1 Introdução .....	1
2 Revisão de literatura .....	3
<b>2.1 Compostagem</b> .....	3
1.....	4
2.    2.1.1 Temperatura.....	4
2.1.1 Umidade .....	5
2.1.2 Aeração.....	6
2.1.3 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N).....	7
2.1.4 pH .....	8
2.1.5 Biochar .....	8
<b>2.2 Método de enterramento</b> .....	9
3 Material e métodos .....	11
<b>3.1 Local do experimento e caracterização dos resíduos</b> .....	11
<b>3.2 Montagem do experimento</b> .....	12
3.2.1 – Método de Compostagem.....	12
3.3 Análises realizadas .....	14
4 Resultados e discussão .....	16
<b>4.1 Temperatura no processo de compostagem e no método de enterramento</b> .....	16
5 ConSIDerações finais .....	23
6 Referências bibliográficas .....	24

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Materiais utilizados para a disposição dos resíduos de pescado.	11
Figura 2 Células de compostagem com e sem o uso do biochar	12
Figura 3 Resíduos de pescado enterrados em duas condições de cobertura com e sem maravalha.	13
Figura 4 Dataloggers utilizados para monitorar a temperatura.	14
Figura 5 Comportamento da temperatura durante o processo de compostagem dos resíduos de pescado com e sem o uso do biochar.	17
Figura 6 Comportamento da temperatura durante o método de enterramento dos resíduos de pescado em diferentes condições de cobertura.	18
Figura 7 Redução de Sólidos Totais (ST) durante a disposição dos resíduos de pescado no processo de compostagem e no método de enterramento	19
Figura 8 Reduções de Sólidos Voláteis (SV) durante a disposição dos resíduos de pescado no processo de compostagem e no método de enterramento	21

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Composição química dos materiais utilizados nas duas formas de disposição dos resíduos de pescado.	11
---	----

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que dentro da Zootecnia, o ramo que desenvolve o cultivo racional de peixes é a piscicultura. De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária, estima-se que em 2018, a produção global de pescado tenha alcançado aproximadamente 180 milhões de toneladas, o que equivale, financeiramente, a 401 bilhões de dólares.

De acordo com o relatório Estado da Pesca e Aquicultura Mundial (2020), do total produzido, 82 milhões de toneladas, são advindas da aquicultura. Dentre o total, 156 milhões de toneladas foram reservadas ao consumo humano, e 22 milhões de toneladas restantes foram designadas para usos não alimentares, principalmente para produção de farinha e óleo de peixe.

A tilápia, o peixe escolhido para este experimento, é o peixe mais cultivado na piscicultura brasileira (PEIXE BR, 2023). No ano de 2022, foram produzidas em todo o País 550.060 toneladas, volume que representa 63,93% da produção nacional de peixes de cultivo. Em comparação com 2021, houve um crescimento de 3% na produção de 2022.

Entende-se como resíduo de pescado, restos de filetagem, restos da descamação e evisceração do peixe, podendo ainda ser o pescado inteiro, que pode ter sido condenado durante o abate ou processamento, ou até mesmo impróprio para o consumo humano. Parte desses descartes são destinados a produção de farinha de peixe, sendo esta utilizada na própria alimentação do peixe, por conta do alto teor de proteína e, principalmente para reduzir custos com a alimentação durante a criação desses animais (Dilelis *et al.*, 2021).

Apesar dessa utilização, grande parte dos resíduos ainda ficam disponíveis. Isto acontece, pois, apesar da produção de farinha ser um destino proveitoso, algumas características como a limitação de uso na alimentação animal, risco de transmissão de doenças e condições sensíveis de armazenamento fazem com que esse método de aproveitamento seja limitado. Com isso, já que haverá um excedente de resíduo para a produção de farinha, se faz necessário buscar outra alternativa de utilização.

Na compostagem, o uso de resíduos vem como uma forma de reutilizar o excedente que a empresa, produtora de pescado ou indústria alimentícia, que não conseguem processar ou não deve processar, por exemplo, quando há a condenação, na linha de produção. A compostagem é um processo de tratamento eficaz, que atinge altas temperaturas, capaz de promover a sanitização do material contaminante, além de gerar um adubo de alta qualidade, desde que o

processo seja bem conduzido (Vilela *et al.*, 2022). Abaixo há alguns motivos para o descarte na compostagem:

- carga de peixe chega ao frigorífico com os animais mortos, devido ao armazenamento inadequado;
- tempo de espera para a descarga no abate;
- quando há uma taxa de morte nos tanques de peixes na própria propriedade.

Esses fatores permitem recomendar a compostagem como uma alternativa para o tratamento desses resíduos, que deve ser conduzida de forma estática, ou seja, em pilhas sem que haja o contato direto com o material nos primeiros dias, evitando uma possível contaminação pela sua manipulação. Dessa forma a aeração é um fator que requer atenção, pois a falta de oxigenação no interior da pilha pode ocasionar condições anaeróbias, retardando a degradação dos constituintes orgânicos e favorecendo a formação de gases indesejáveis, além de permitir mal cheiro (Mahapatra *et al.*, 2022).

Atualmente algumas alternativas vêm sendo pesquisadas no objetivo de melhorar o processo de compostagem, uma dessas alternativas é a utilização de aditivos como o biochar. O biochar é um produto da decomposição térmica de materiais orgânicos sob baixa disponibilidade de oxigênio e altas temperaturas. Na compostagem, esse produto promove um ambiente favorável ao desenvolvimento de microrganismos, devido a sua grande área superficial e a capacidade de aumentar a porosidade do material em decomposição, diminuindo a densidade e aumentando a aeração e disponibilidade de oxigênio (Awasthi *et al.*, 2020).

Outro método de descarte utilizado na piscicultura é o enterramento dos resíduos. Esse método consiste em cavar uma vala no solo e dispor os resíduos neste local, cobrindo posteriormente. É utilizado principalmente quando se tem uma alta mortalidade do lote, onde se torna inviável realizar outro tipo de tratamento. Ou seja, o enterramento permite que seja descartado grandes quantidades de resíduos em determinado espaço, além de promover a contenção permanente de surtos de doenças, pois uma vez enterrado, esse resíduo não será mais manipulado, porém é necessário ter cautela no momento de cavar a vala, para evitar a contaminação do solo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a Influência da forma de disposição dos resíduos de pescado sobre o comportamento da temperatura e da redução de sólidos totais e voláteis.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 COMPOSTAGEM

De acordo com Haug (1993), a compostagem é o processo de decomposição de material biológico e substratos orgânicos que são estabilizados sob condições que possibilitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, permitindo a produção de um adubo, livre de patógenos e que pode ser aplicado ao solo.

Este processo de decomposição, segundo Inácio e Miller (2014), é complexo, visto que envolve vários grupos de microorganismos que acarretam na transformação da matéria orgânica crua e biodegradável em um produto orgânico humidificado. Sendo assim, podem ser utilizadas as seguintes matérias-primas: restos de alimentos (resíduos dos refeitórios), restos vegetais (podas, cortes de grama, restos de lavouras), estercos de animais de criação (boi, aves, cavalos, etc.).

De acordo com Inácio (2015), os resíduos podem ser classificados em tipos: sendo que os do Tipo 1 são ricos em nutrientes, densos, pesados, extremamente úmidos (tendo em média de 80 a 90% de água) e sofrem rápida degradação. Nessa classificação estão as verduras, frutas, restos de arroz, massas, carnes diversas (carcaças, vísceras, restos de filetagem de peixes).

Sendo assim, segundo Noguchi (2017), para que a compostagem aconteça, deve-se existir condições de temperatura, umidade, que podem acontecer de forma passiva ou forçada (controlada), para que haja condições apropriadas para que os microrganismos possam decompor e consolidar a matéria orgânica de forma rápida e com eficiência.

O processo de compostagem, segundo Kiehl (2012), pode ser dividido em duas fases. A primeira é denominada degradação ativa e a segunda é chamada de maturação, também conhecida como cura. A fase de degradação ativa pode ser dividida em duas outras etapas: fitotóxica e a semicura.

Na etapa fitotóxica, Noguchi (2017) explica que “ocorre o desprendimento de calor, vapor d’água e CO<sub>2</sub>, indicando o início da decomposição da matéria orgânica”. Nesta fase, as temperaturas são variáveis entre 45°C a 70°C, tendo início em até 48h, durando aproximadamente 15 dias após a montagem das leiras. Neste processo, ocorre a formação de reações ácidas, envolvendo ácidos orgânicos (fórmico, propiônico, butírico, caproico e cáprico). A formação destes ácidos é resultado da presença de materiais orgânicos crus como

dejetos sólidos e líquidos dos animais e humano. É importante ressaltar que o pico de aeração da leira não aumenta a oxidação dos ácidos inorgânicos, muito menos elimina a fitotoxicidade.

Já a etapa de semicura se inicia entre 10 a 20 dias e vai até entre 60 a 90 dias. Neste momento, a decomposição tem baixa progressão, pois o material entra no estágio de semicura, ou mais especificamente, no estágio de bioestabilização. Quando esta fase está completa, o composto não gera mais danos às plantas, mas ainda não apresenta as características e propriedades necessárias para ser considerado ideal. Isso ocorre, pois o composto só irá adquirir as desejáveis propriedades químicas, biológicas, físicas e físico-químicas quando chegar na fase de maturação, a qual pode variar entre 60 a 90 dias.

1.

## 2. 2.1.1 Temperatura

De acordo com Valente et al (2008), é por meio do acompanhamento da temperatura que se verifica a eficiência do processo de compostagem. No entanto, o bom desempenho da temperatura está sujeito às características da matéria prima, do sistema utilizado, do controle operacional e dos microrganismos presentes.

Dessa forma, segundo Paixão *et al.* (2012), o tipo de material usado para construir as leiras influencia no desenvolvimento da temperatura. Vale ressaltar, que materiais ricos em proteínas, com relação carbono/nitrogênio baixa, tem a probabilidade de aquecer rapidamente. Já materiais moídos e com maior homogeneidade, formam montes mais uniformes acarretando uma perda menor de calor. Por fim, pilhas possuindo materiais grosseiros, com boa aeração, alcançam temperaturas mais altas, porém, perdem calor rapidamente.

A temperatura é o principal indicador do funcionamento do processo de compostagem, já que através dela é possível avaliar como está ocorrendo a degradação do material. No decorrer do processo podem ocorrer variações na temperatura. Kiehl (2012) descreve que, no primeiro momento após a montagem da leira ocorre a elevação da temperatura do substrato. Logo após a temperatura poderá ser menor do que a do ambiente, devido ao resfriamento provocado pela evaporação da água presente na decomposição da massa, essa fase é denominada criófila (crio = frio). Nos dias seguintes, a decomposição do composto começa a gerar calor e a temperatura começa a subir, nessa ascensão tem-se, inicialmente, a fase mesófila.

A fase mesófila tem duração média de 24 horas, podendo chegar até a 3 dias, porém tudo dependerá do tipo de material orgânico e do método usado para a obtenção do composto orgânico. De acordo com Cazzonato *et al.* (2009) nesta fase ocorre a expansão das colônias de microrganismos mesófilos e a intensificação da decomposição. Além disso, há liberação de

calor e elevação rápida da temperatura, predominando temperaturas moderadas, até cerca de 45°C no interior das leiras.

Quando o material atinge temperatura superior a 45°C, inicia-se a fase termófila, predominando a faixa de temperatura entre 50°C a 65°C, e ocorre a plena ação dos microrganismos termófilos. A decomposição do material é intensa, com a formação de água metabólica e a manutenção da geração de calor e vapor d'água. Por isso a inspeção das leiras nesta fase é importante para o correto funcionamento, pois o calor gerado nas leiras impulsiona a aeração por convecção, e a acelerada decomposição pode gerar o colapso do substrato orgânico dificultando fortemente o suprimento de ar.

Neste momento ocorre a eliminação dos agentes patógenos e ervas daninhas, o que garante a qualidade sanitária do composto. Esta fase pode ter a duração de poucos dias a vários meses, de acordo com as características do material que está sendo compostado.

Depois de intensas temperaturas ocorre o resfriamento da leira, retornando a fase mesófila, onde ocorre a degradação de substâncias orgânicas mais resistentes, redução da atividade microbiana e a perda de umidade. A decomposição ocorre a taxas muito baixas e prosseguirá quando o composto orgânico for aplicado ao solo, liberando nutrientes. Enquanto a fase termofílica é predominada por bactérias, a partir do resfriamento da leira a presença de os fungos e actinomicetos têm papel igualmente relevante. (Noguchi, 2017).

### **2.1.1 Umidade**

Além da temperatura, outro fator indispensável na compostagem é a umidade, sendo ela essencial para que haja reações metabólicas e fisiológicas dos microrganismos. A umidade considerada adequada, para que haja um processo de decomposição satisfatório, é de 50 a 60%.

De acordo com Richard (2002), quando os materiais possuem em torno de 30% de umidade, ocorre a inibição na atividade microbiana. Desta forma, deve-se realizar o ajuste de umidade adicionando água na leira. Entretanto, quando a umidade está acima de 65%, a decomposição ocorre de forma lenta, decorrente da perda de nutrientes para o solo e falta de oxigênio.

O excesso de umidade dificulta a penetração de oxigênio na leira, pois a matéria orgânica, que está em processo de decomposição absorve muita água, afetando as propriedades físicas e químicas do composto. Assim é necessário fazer o ajuste da umidade através da adição

de um material volumoso seco, incorporando esse material em todo o perfil da leira. Essa correção também pode ser feita colocando o material em compostagem para secar ao sol.

Deve-se levar em conta que, para que haja eficiência no processo de compostagem, a umidade, juntamente com o pH, a relação C/N (Carbono/Nitrogênio), a aeração, o material orgânico e as dimensões das leiras, possuem um efeito direto sobre o desenvolvimento de microrganismos e indireto sobre a temperatura.

### 2.1.2 Aeração

Dentre as etapas da compostagem, considera-se a aeração a mais importante. É o processo de aeração que introduz oxigênio no decorrer da compostagem. Esta etapa é realizada para que a atividade dos microrganismos seja ativada e ocorra controle da temperatura. Sendo assim, a oxigenação possui uma grande importância para a compostagem, constituindo em uma forma de regular a temperatura e a oxidação biológica do carbono que faz parte da composição dos resíduos orgânicos.

Com isso, é preciso que haja disponibilidade de oxigênio para que os microrganismos tenham condições de realizar a degradação dos resíduos e assim obter energia, sendo que uma parte da energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos, e o restante é liberado na forma de calor (Oliveira *et al.*, 2008, Fernandes *et al.*, 2008).

De acordo com Kiehl (2012), é por meio da aeração que se pode evitar altas incidências de temperaturas alcançando a aceleração da oxidação, causando uma baixa liberação de cheiros e diminuindo a quantidade de umidade do material em decomposição (Pereira Neto, 1994; Kiehl, 2012).

É exatamente pelo grau de participação do oxigênio no decorrer do processo que consideramos se a compostagem é aeróbica e anaeróbica. Sendo que a aeróbia produz CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia e a anaeróbia gera CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e alguns ácidos orgânicos. Sendo assim, segundo Valente *et al* (2009), para o tratamento de resíduos orgânicos, a compostagem aeróbica possui uma decomposição mais ligeira, a qual reduz a emissão dos gases de efeito estufa, como o metano e o óxido nítrico.

O processo de aeração deve ser monitorado e bem controlado. Com isso, quando há uma concentração acima de 10% de oxigênio, considera-se que o processo aeróbico está bom. No entanto, o excesso de oxigênio pode acarretar na perda de calor maior do que produção microbiana de calor.

A aeração pode ocorrer de duas formas, sendo a primeira por um meio artificial (mecânico) ou natural (revolvimento manual). Para aeração mecânica, que é feita em leiras estáticas, utiliza-se sopradores para ser feito a injeção do oxigênio. Já na forma natural, realiza-se o revolvimento do composto de três em três dias, durante um mês, posteriormente diminuindo para um revolvimento a cada seis dias, até que chegue ao final da degradação ativa. (Pereira Neto *et al.*, 2001).

Os dois métodos utilizados são eficazes, entretanto, deve-se atender a quantidade adequada de oxigênio nas fases da compostagem. Por isso, é fundamental realizar a aeração devido a degradação do composto orgânico ser rápida e a atividade microbiana ser intensa, necessitando de uma grande quantidade de oxigênio.

Segundo Pilotto (2014), a mensuração de oxigênio é muito difícil de ser feita nas leiras, desse modo é feito o controle há partir de avaliações de temperatura, umidade e o tempo em que se demora para realizar a aeração. Na fase seguinte, a maturação, a atividade microbiana é pouco intensa, logo a necessidade de aeração é bem menor.

### **2.1.3 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)**

Os microrganismos utilizam o nitrogênio para sintetizar as proteínas, e necessitam da presença do carbono como fonte de energia. Desta maneira, a relação C/N é um fator que possibilita a estabilidade dos substratos, além disso, tem um papel muito importante no tempo e na qualidade do processo de compostagem. (ver as observações do professor)

Valente *et al.* (2008) ressalta que os microrganismos precisam predominantemente do carbono e do nitrogênio para o seu desenvolvimento, pois a fonte básica de energia das atividades vitais dos microrganismos é o carbono, e para a reprodução protoplasmática é o nitrogênio. Devido a concentração de nutrientes que estão presentes no material a ser composto, o C/N é relacionado diretamente na atividade dos microrganismos.

De acordo com Heberts *et al.* (2005) o processo de compostagem tem a eficácia diretamente relacionada com a eficiência que os microrganismos captam e metabolizam os nutrientes presentes no material utilizado na compostagem.

A relação C/N ótima para o substrato, deve ser no início em torno de 30:1, variando de 20:1 a 70:1 se caso a biodegradabilidade do substrato for maior ou menor. Caso ocorra a falta de nitrogênio ou carbono, se tem uma limitação na atividade dos microrganismos. Tendo uma relação C/N muito baixa ocorre grandes perdas de nitrogênio com a volatilização da amônia. Já

se a relação C/N for muito alta, o nitrogênio não é encontrado pelos microrganismos na quantidade suficiente para que realizem a síntese de proteínas. Em consequência, assim, limita-se fazendo com que o desenvolvimento da compostagem ocorra lentamente.

Apesar de ser irrelevante a relação C/N inicial, no final do processo de compostagem essa relação se concentra e mantém um valor de 10:1 a 20:1, pois ocorre maiores perdas de carbono do que do nitrogênio ao decorrer do processo de compostagem.

#### **2.1.4 pH**

O pH é o potencial hidrogeniônico existente em uma determinada mistura ou solução. Ele se refere à concentração molar de cátions hidrônio presentes no meio, indicando se este meio é ácido, básico ou neutro.

Um composto maduro que passou por todos os processos de compostagem, geralmente tem um pH entre 6 e 8. No entanto, de acordo com Noguchi (2017), à medida que o adubo se decompõe, forma-se ácidos orgânicos, os quais diminuem o pH, fazendo com que, no início da decomposição, o pH seja bastante ácido. Porém, com o tempo, a compostagem forma ácidos húmicos, os quais reagem com os elementos químicos básicos, originando humatos alcalinos, fazendo com que o pH do composto aumente e se torne alcalino, chegando a valores maiores que 8,0.

É extremamente necessário fazer o controle do pH do composto, pois o mesmo pode ser utilizado para corrigir o pH do solo, ou seja, se o solo for ligeiramente alcalino ou ácido, pode-se tentar alterar o nível de pH com o composto, para equilibrar e alterar o solo.

#### **2.1.5 Biochar**

Segundo Lehmann e Joseph (2009), biochar, também conhecido como biocarvão, é obtido através da decomposição térmica de materiais orgânicos em condições de baixa presença de oxigênio. Sua distinção do carvão vegetal comum reside no fato de ser produzido com o propósito específico de ser usado como condicionador de solo. Há várias formas possíveis de aplicar o biochar, além dos benefícios, os quais abrangem muitas finalidades.

Conforme indicado por Ferreira *et al* (2017), em primeiro lugar, destaca-se sua utilidade como uma alternativa para reutilizar grandes volumes de resíduos orgânicos, contribuindo para a redução da poluição ambiental. Em segundo lugar, vale o uso do biochar como condicionador de solo.

Vale ressaltar que, este material é reconhecido como um reservatório de carbono estável e com degradação lenta, o que o torna uma opção eficaz para aumentar o armazenamento e a captura de carbono no solo, resultando na diminuição das emissões de gases de efeito estufa quando incorporado nesse ambiente.

Conforme descrito por Ribeiro (2016), o biochar tem sido amplamente utilizado na prática de compostagem possível devido à sua extensa área superficial, que proporciona um ambiente propício para a colonização de microrganismos decompositores na leira. Além disso, o biochar demonstra sua eficácia ao aumentar a porosidade do composto, resultando na redução da densidade e no incremento da aeração e disponibilidade de oxigênio.

Além das características já citadas, este material possui uma alta capacidade de troca catiônica (CTC), fazendo com que seja capaz de segurar nutrientes. Com isso, acaba evitando que os nutrientes sejam diluídos por lixiviação ou volatilização. Devido a esse processo, os nutrientes se mantêm- disponíveis para o metabolismo microbiano na leira agindo como suporte físico ao desenvolvimento microbiano.

Além do mais, como observa Sanchez-Montero *et al* (2018), o biocarvão possui capacidade alcalinizante, a qual contribui para neutralizar a acidez gerada no início da decomposição da matéria orgânica, impossibilitando que o pH se apresente menor do que a faixa ideal para os microrganismos.

Dias *et al.* (2010), enfatizam que o Biochar pode exercer a função de ampliar os espaços vazios por meio do aumento da porosidade, evitando a compactação e por conseguinte aumentando a oxigenação.

No que se refere a composição química do biocarvão, Ribeiro *et al* (2016) ressalta que o biochar atua como fonte de carbono e conseqüentemente de energia aos microrganismos. Além de que, a adição de frações de carbono biodegradáveis equilibra a relação C/N inicial da mistura, reduzindo as perdas de nitrogênio durante o processo.

## **2.2 MÉTODO DE ENTERRAMENTO**

Comumente, durante a produção de peixes, quando ocorrem perdas na criação, as carcaças são enterradas no solo, em valas, de forma superficial e sem nenhum tipo de revestimento. Porém, este procedimento ocasiona problemas como mal cheiro e atração de vetores como ratos e moscas. Além disso, o chorume produzido pode alcançar o lençol freático, gerando mais contaminação. Mesmo assim, por ser uma prática mais simples e mais barata,

muitos produtores acabam adotando este procedimento, quando a produção de resíduo é baixa e há disponibilidade de espaço.

Porém, deve-se seguir alguns passos para que não haja contaminação e poluição do meio. Sendo assim, de acordo com Ministério do Meio Ambiente (2017), a forma correta é cavar uma vala quadrada de 20cm de lado por 30cm de profundidade para cada 10 litros de resíduos. Após isso, é necessário adicionar matéria seca, como serragem, maravalha, palha ou folhas, e cobrir a mistura com terra. Este processo é importante para que crie condições de degradação aeróbia do material orgânico, dessa forma, evitando o mal cheiro.

Além do tamanho da vala e a necessidade de se colocar material seco, recomenda-se evitar o enterramento de carnes, e é imprescindível que haja um isolamento da área para que animais domésticos (cães, gatos, etc) não tenham acesso à área. (Brasil, 2017 p21)

Assim, este trabalho foi realizado buscando avaliar e compreender como ocorre o funcionamento das duas formas de disposição (compostagem e enterramento) dos resíduos de pescado, além de avaliar diferentes técnicas que podem ser empregadas durante essa disposição, como a adição do biochar na compostagem e o uso da maravalha junto com o solo para a cobertura dos resíduos no método de enterramento, buscando tornar os processos mais eficientes.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

O experimento foi conduzido em um galpão da área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizado no município de Dourados MS, Brasil (lat 22° 16' 30" S, long 54° 49' 00" W), com 408 m de altitude. O clima da região conforme classificação de Köppen (1931) é do tipo Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) com precipitação anual média de 1500 mm e temperatura média anual de 22 °C.

Para a condução deste teste foram coletados resíduos da piscicultura Mar & Terra localizada na região de Itaporã- MS. Esses resíduos foram coletados frescos no momento da filetagem, sendo compostos de cabeças, escamas, carcaças e peixes inteiros. O material volumoso utilizado foi a maravalha, coletada em uma madeireira da região de Dourados-MS. O biochar utilizado foi oriundo da queima do bambú e o solo foi coletado no próprio local do experimento.

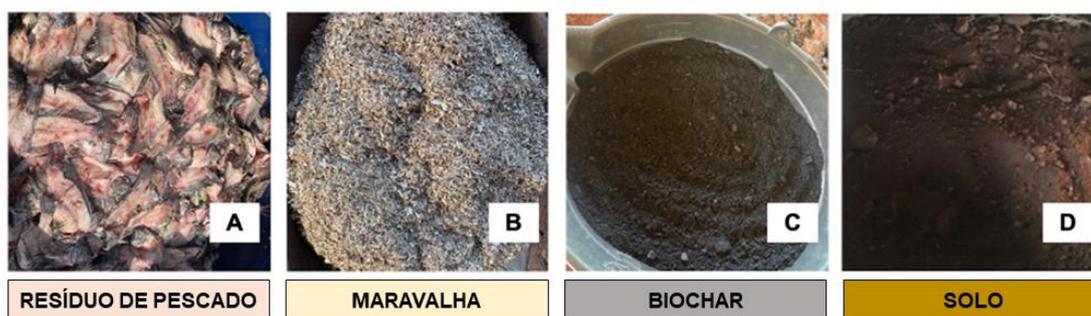


Figura 1 Materiais utilizados para a disposição dos resíduos de pescado.

A figura 1 demonstra os materiais utilizados na montagem das células e a Tabela 1 apresenta a composição química dos materiais *in natura*.

Tabela 1 Composição química dos materiais utilizados nas duas formas de disposição dos resíduos de pescado.

Matérias primas				
	Pescado	Maravalha	Biochar	Solo
<b>pH</b>	6,20	4,46	8,24	6,08
<b>ST (%)</b>	27,81	81,54	82,37	89,00
<b>SV (% de ST)</b>	80,60	98,55	89,58	13,02

<b>C (% de ST)</b>	48,35	46,47	49,93	-
<b>N (% de ST)</b>	5,39	0,14	0,63	-
<b>C:N</b>	8,97	331,9	79,25	-
<b>FDN (% de ST)</b>	-	88,89	71,29	-
<b>FDA (% de ST)</b>	-	73,12	64,06	-
<b>Lignina (% de ST)</b>	-	42,82	22,6	-

ST: sólidos totais, SV: sólidos voláteis, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, pH: potencial hidrogeniônico, C: carbono, N: nitrogênio, C:N: relação carbono nitrogênio

## 3.2 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

### 3.2.1 – Método de Compostagem

Foram utilizadas duas células de alvenaria para realizar a disposição dos resíduos através da compostagem. As células continham a base sem revestimento, em contato com o solo e a parte superior totalmente aberta. A medida de cada célula era de aproximadamente 1m<sup>2</sup>, com capacidade estimada para 300Kg de material *in natura* compreendendo os resíduos orgânicos e o material volumoso. Assim a disposição dos resíduos através da compostagem foi conduzida em duas condições experimentais: 1) leira estática utilizando maravalha e resíduo de pescado; 2) leira estática utilizando maravalha, resíduo de pescado e biochar.

Os resíduos foram inseridos de maneira alternada dentro das células, sendo a maravalha associada ao resíduo de pescado na proporção de 1:2,5 (massa: massa), sendo uma camada de maravalha e uma de resíduo de pescado e assim seguiu até o preenchimento da célula de compostagem. Na condição em que o biochar foi utilizado, o mesmo foi inserido após a camada de resíduo na dose de 10% em relação ao resíduo, de modo que cobrisse toda a camada de resíduo de peixe. A figura 2 representa a compostagem nas duas condições.

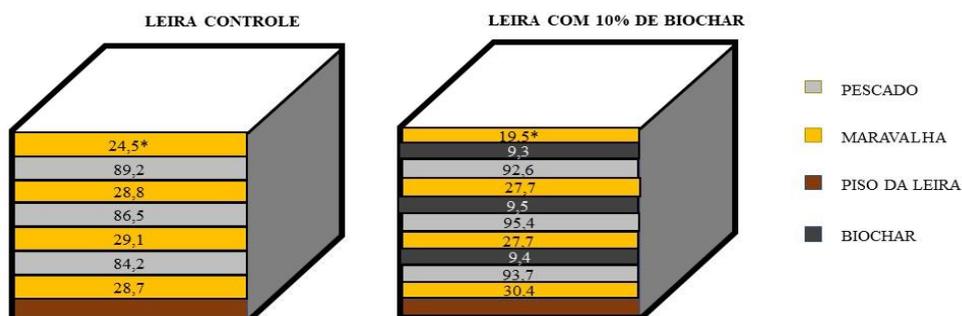


Figura 2. Células de compostagem com e sem o uso do biochar

\*: massas expressas em kg

O processo de compostagem teve a duração de 130 dias, sendo realizada a aeração forçada nas primeiras seis semanas. A aeração foi feita através de um soprador de ar, que era conectado em tubos de PVC com diâmetro de 50 mm, inseridos nas camadas de resíduos, sendo estes canos perfurados ao longo do comprimento para que pudessem conduzir a aeração por todo o perfil da leira, permitindo assim um fluxo contínuo de ar de  $0,6 \text{ L.kg}^{-1}.\text{SV}.\text{min}^{-1}$ , de acordo com recomendações de Rasapoor (2009).

### 3.2.2 Resíduos enterrados

Foram utilizadas duas células de alvenaria para a disposição dos resíduos através do método de enterramento. As células continham a base sem revestimento, em contato com o solo e a parte superior totalmente aberta. A medida de cada célula era de aproximadamente  $1\text{m}^2$ , com capacidade estimada para 300Kg de material *in natura* compreendendo os resíduos orgânicos e o material volumoso. Assim a disposição dos resíduos através do enterramento foi conduzida em duas condições experimentais: 1) enterramento de resíduo de pescado no solo, entre camadas de maravalha nas partes superior e inferior e 2) enterramento de resíduo de pescado no solo, com uma camada de maravalha na parte inferior.

No método de enterramento foi primeiramente inserido uma camada de maravalha sobre o solo, após isso foi adicionado mais solo sobre a maravalha, em seguida foi adicionado em torno de 150 Kg de resíduo de pescado. Em uma das células os resíduos foram cobertos primeiro com a maravalha e em seguida com o solo. Já na outra célula, os resíduos foram cobertos somente com o solo. Diferente da compostagem, o método de enterramento não foi realizado em camadas. A figura 3 representa a montagem dos resíduos enterrados nas duas condições.

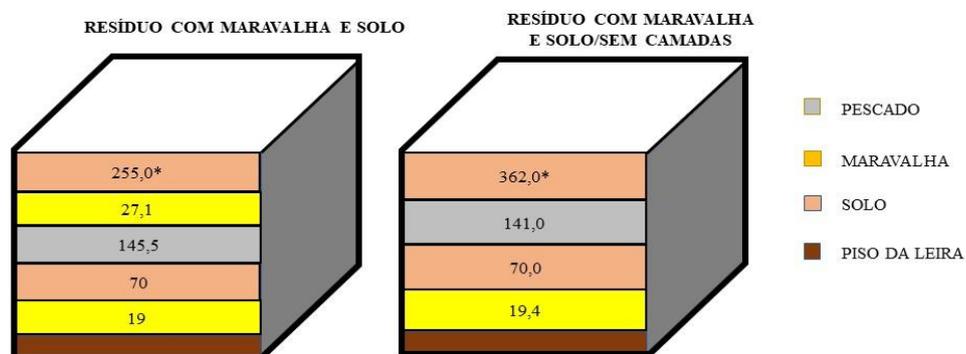


Figura 3. Resíduos de pescado enterrados em duas condições de cobertura com e sem maravalha.

O método de enterramento teve a duração de 220 dias, sendo que neste método não foi realizado nenhum tipo de manejo, como aeração e revolvimento, por conta de ser um método sem interferências quando realizado. Durante todo o processo, foi realizado a simulação da chuva para representar o método real de enterramento, que ocorre em local aberto. Assim sempre que havia chuva na região, era adicionada a mesma quantidade nas células, através de um regador.

### 3.3 ANÁLISES REALIZADAS

#### 3.3.1 Temperatura

Em ambas as formas de disposição dos resíduos de pescado foi realizado o monitoramento da temperatura durante todo o período. Essa avaliação foi realizada com o auxílio de *dataloggers*. Esses *dataloggers* possuem extensões que foram inseridas em diferentes pontos dentro das células, sendo na base, meio e no topo. A temperatura foi registrada nos *dataloggers* a cada uma hora, sendo posteriormente realizado a média desses valores, transformando-os em média semanal de temperatura para cada tratamento.



Figura 4 Dataloggers utilizados para monitorar a temperatura.

#### 3.3.2 Redução de Sólidos totais e voláteis

Para as análises de ST e SV foram coletadas amostras de todas as células, sendo primeiro quantificado os ST e SV nos materiais utilizados nos processos de tratamento. Na compostagem, no revolvimento de 70 dias foi coletada amostra para analisar as reduções de ST e SV. Neste revolvimento todo o conteúdo das células foi retirado, pesado, espalhados em uma calçada, homogeneizados e após isso coletado uma amostra homogênea para quantificar os ST e SV, sendo também realizado o ajuste da umidade e posteriormente devolvido nas células. Essa coleta também ocorreu no final do processo, aos 130 dias.

Aos 130 e 220 dias foram coletadas amostras dos resíduos enterrados, essa coleta foi realizada com o auxílio de um trado, para evitar muita interferência no processo, sendo coletadas amostras em diferentes pontos das células para avaliar as reduções de ST e SV. Não foi realizado a coleta da amostra aos 70 dias como na compostagem por conta que o resíduo ainda não estava totalmente degradado, devido a esse processo ser mais lento, por isso sua duração também foi maior em relação a compostagem.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 TEMPERATURA NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM E NO MÉTODO DE ENTERRAMENTO

A temperatura das células de compostagem (figura 5) permaneceu na faixa termofílica, para ambas as condições (com e sem biochar) durante a maior parte do processo. Ambas as células de compostagem entraram na fase termofílica na segunda semana, sendo que a célula controle permaneceu por 87 dias nesta fase, com uma temperatura média termofílica de 53°C. Já a célula com a adição de 10% de biochar permaneceu por 105 dias acima de 45°C, com média de temperatura termofílica de 54,1°C. O pico de temperatura de ambas as células foi alcançado aos 100 dias, sendo de 64,3°C e 69,6°C para a célula controle e com 10% de biochar, respectivamente.

É importante ressaltar que, segundo Kiehl (2012) a fase termofílica acontece quando a temperatura do composto ultrapassa os 45°C, ficando entre uma faixa de 50°C a 65°C. Essa fase é de extrema importância para o processo, pois é nesta etapa que ocorrerá intensa decomposição do material, assim como a sanitização, através da ação de bactérias termofílicas.

No decorrer do processo, foram realizados três revolvimentos, que ocorreram aos 50, 70 e 90 dias. É possível observar que, após os revolvimentos, a temperatura das células teve um aumento, principalmente na célula que continha o biochar. Esse comportamento reforça a importância de realizar esse manejo durante a compostagem, pois os revolvimentos auxiliam na descompactação do material, tornando as partes ainda não degradadas mais disponíveis para a ação microbiana (Peng *et al.*, 2023). Sendo assim, a realização do revolvimento é importante para analisar a condição em que está o material em compostagem e, com isso, verificar se há necessidade de ajuste de umidade. Além do revolvimento, a condução da aeração nas primeiras seis semanas contribuiu para promover um ambiente aeróbio para os microrganismos, que consequentemente favoreceu a degradação mantendo a temperatura elevada.

A persistência das altas temperaturas, durante quase todo o processo, foi beneficiada também pela temperatura e umidade relativa do ar, já que durante o período de compostagem a temperatura e umidade estavam altas, o que pode ter colaborado para promover um ambiente mais quente, que somado as condições das células provocou altas temperaturas. Além disso, o formato das células utilizadas, que tinham as laterais de alvenaria (Figura 2), colaborou para que o calor gerado não fosse perdido.

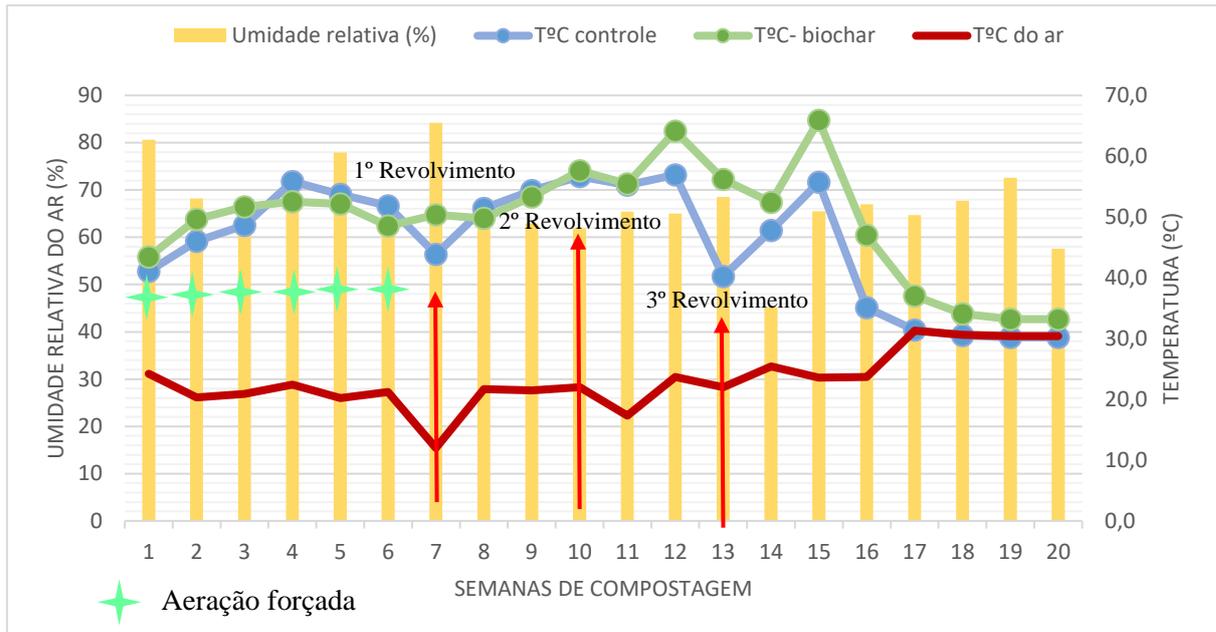


Figura 5. Comportamento da temperatura durante o processo de compostagem dos resíduos de pescado com e sem o uso do biochar.

Observa-se na figura 5, após a 10<sup>a</sup> semana, a célula que continha 10% de biochar apresentou temperaturas mais elevadas em relação a célula sem o biochar. Esse comportamento pode estar relacionado as características do biochar, como a porosidade, que colaborou na aeração do material, reduzindo a compactação e facilitando a passagem de oxigênio para o interior da célula, o que auxiliou a atividade microbiana, aumentando a temperatura. Possivelmente esse efeito do biochar sobre a temperatura só foi observado após a 10<sup>a</sup> semana devido ao revolvimento realizado, que promoveu a homogeneização de todo o conteúdo da célula e assim o biochar passou a ficar mais bem distribuído em todo o material, visto que o mesmo foi colocado em camadas sobre o resíduo na montagem das células.

Somente após a 17<sup>a</sup> semana que as temperaturas das duas células começaram a reduzir, entrando na fase mesofílica (abaixo de 45°C) e posteriormente atingiram a fase de maturação, chegando a temperatura ambiente. A fase mesofílica também é de extrema importância para a compostagem, pois é nesta fase que ocorre a degradação dos constituintes fibrosos através da ação de fungos. Como foi utilizado a maravalha no processo de compostagem, que é um material altamente fibroso, é necessário que tenha a presença dessa fase.

Em relação aos resíduos que foram enterrados, é possível observar (figura 6) que as temperaturas permaneceram abaixo de 45°C quase que em todo o processo em ambas as condições de cobertura. Somente na 20<sup>a</sup> semana que os resíduos que foram cobertos com a maravalha e o solo atingiu a temperatura de 45,7°C, porém, esse foi o único momento que a temperatura ultrapassou os 45°C.

O pico de temperatura nos resíduos enterrados ocorreu aos 102 e 121 dias, sendo a temperatura de 40,8°C e 48,0°C para os resíduos cobertos somente com o solo e os cobertos com maravalha e solo respectivamente. Ki *et al* 2018 trabalharam com carcaças de suínos enterradas inteiras no solo, os autores relataram que a maior temperatura alcançada foi de 40,8 °C que ocorreu com 181 dias de processo.

Este comportamento da temperatura durante o método de enterramento possivelmente esteja relacionado com a condição em que o material estava, pois foi adicionado em torno de 150Kg de resíduo de pescado em uma única camada, o que deve ter provocado uma grande compactação e além disso a cobertura com o solo colaborou ainda mais para esta compactação, principalmente nos dias que ocorria a adição de água no material, assim o meio se tornou um ambiente anaeróbico, tendo uma degradação lenta e com isso não alcançando elevadas temperaturas. Vale ressaltar que diferente da compostagem, os resíduos enterrados não passaram por nenhum tipo de manejo, o que provavelmente colaborou para esse comportamento da temperatura.

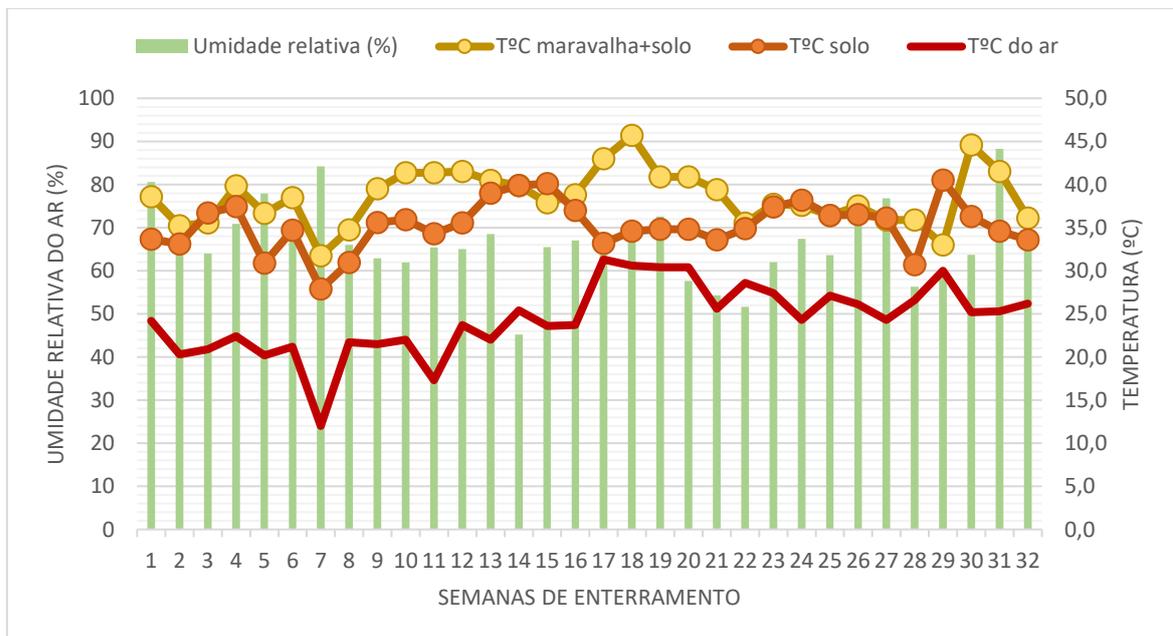


Figura 6. Comportamento da temperatura durante o método de enterramento dos resíduos de pescado em diferentes condições de cobertura.

Quando comparado a temperatura nas duas formas de cobertura (maravalha + solo e somente solo) é possível observar que quando se utilizou a maravalha para cobertura junto ao solo as temperaturas foram maiores durante quase todo o processo. Possivelmente a maravalha permitiu uma maior passagem e circulação de oxigênio para o interior da célula, já que é um material de difícil compactação, e apesar de se ter uma camada de solo sobre a maravalha, era

uma quantidade menor em relação a célula que foi coberta somente com solo (Figura 2), isso fez com que o oxigênio penetrasse mais facilmente pela camada de solo.

#### 4.2 Redução de Sólidos Totais (ST) e Sólidos Voláteis (SV) no processo de compostagem e no método de enterramento

Em relação às reduções de ST (figura 7) nas duas formas de disposição, é possível observar um comportamento crescente com o passar do tempo, o que é um comportamento esperado, já que quanto mais tempo o material permanece degradando, maior será sua redução.

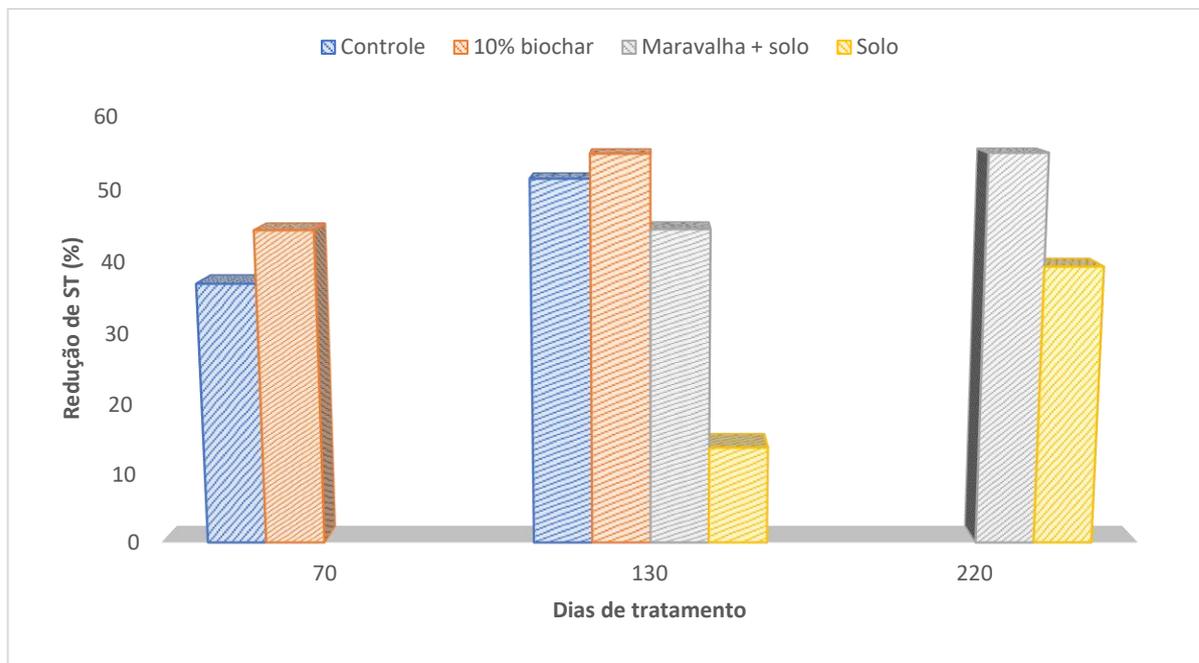


Figura 7. Redução de Sólidos Totais (ST) durante a disposição dos resíduos de pescado no processo de compostagem e no método de enterramento

As reduções foram analisadas em dois momentos. Sendo o primeiro momento com 70 dias e o segundo com 130 dias. Na célula controle, as reduções de ST foram de 36,91% na primeira avaliação e um total de 51,38% na segunda. No entanto, reduções de ST teve uma maior percentagem quando se utilizou 10% de biochar, o que aconteceu nos dois períodos de avaliação. Na metade do processo, aos 70 dias, observou-se uma redução de 44,32% e no final dos 130 dias uma redução de 54,77%. Esse comportamento acompanhou a temperatura que estava mais elevada na célula com biochar, indicando que a degradação estava mais acelerada.

De acordo com Czimczik et al (2002), o biochar é caracterizado como um material com estabilidade química e biológica, sendo um material inerte, apesar disso, o biochar pode ser parcialmente degradado por fungos que decompõem materiais com alto teor de lignina durante a compostagem, principalmente se o biochar for de tamanho reduzido, dessa forma, a degradação do biochar pode ter colaborado para alcançar maiores reduções de ST.

Já no método de enterramento, é possível observar que as reduções de ST foram maiores nos resíduos que foram cobertos com a maravalha e solo do que nos resíduos cobertos somente com o solo. Ambos os processos foram avaliados aos 130 dias, sendo que a cobertura com maravalha e solo teve uma redução de 44,47% de ST, enquanto a cobertura somente com solo obteve uma redução de 10,22%. Na segunda avaliação, a qual ocorreu aos 220 dias (final do processo), a redução nos resíduos enterrados com maravalha e solo foi de 54,5% enquanto na cobertura somente com solo foi de 33,16%.

A degradação do resíduo coberto com maravalha e solo ocorreu de forma mais acelerada. Isso se dá, porque o uso da maravalha para cobertura dos resíduos de pescado juntamente com o solo pode ter favorecido na aeração do material, já que a maravalha ficou entre os resíduos e o solo, reduzindo a compactação, tornando o ambiente mais aeróbio. Com isso, teve uma maior redução de ST, pois ocorreu um desenvolvimento maior de microrganismos.

No entanto, quando se utilizou somente o solo para cobertura total do resíduo, houve uma alta compactação do material, já que uma camada de 150 Kg de resíduo se compactou facilmente com o solo. Sendo assim, gerando maior pressão, condensando ainda mais o resíduo, impossibilitou a circulação de uma quantidade significativa de oxigênio, a qual é necessária para o desenvolvimento de microrganismos. Devido a isso, a degradação do material foi mais lenta.

Em relação às reduções de SV é possível observar (Figura 8) que assim como na redução de ST, o uso do biochar na compostagem favoreceu as degradações nos dois períodos avaliados. Aos 70 dias, as reduções de SV foram de 30,50 % e de 38,09% para o tratamento controle e para o com 10% de biochar, respectivamente. No final do processo de compostagem, essa redução no tratamento controle foi de 44,59%, enquanto na dose de 10% de biochar essa redução alcançou 49,7%.

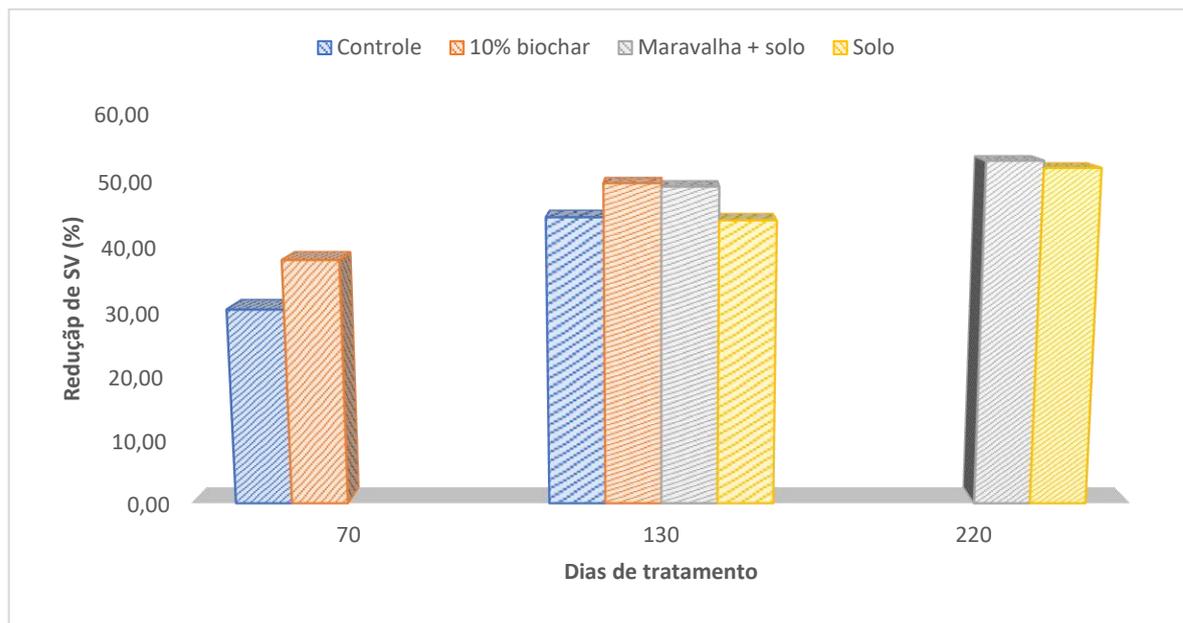


Figura 8. Reduções de Sólidos Voláteis (SV) durante a disposição dos resíduos de pescado no processo de compostagem e no método de enterramento

Ao comparar as duas leiras, observou que em 70 dias, o desenvolvimento da leira com 10% de biochar foi de 8,4% em relação a leira controle, já a avaliação feita aos 130 dias, apresentou uma evolução de 5,11%, demonstrando que a utilização do biochar foi um intensificador no processo de decomposição do resíduo. Desta forma como podemos observar que ambas as leiras estiveram acima do recomendado, mas alcançando a eficiência ao final da compostagem, pois segundo Souza et al., (2017), uma compostagem eficiente tem a duração em média de 120 dias, demonstrando uma redução média de sólidos voláteis de 40%.

Com o monitoramento dos SV, há a possibilidade de efetuar um acompanhamento da degradação dos resíduos durante o processo de compostagem. Segundo Souza et al. (2017) e Queiroz (2007), no período final do experimento, os teores dos SV possuem a tendência de diminuir com o avanço da degradação do material orgânico, aumentando os ST na decomposição, onde o mesmo representa a fração inorgânica. Como também, Kiehl (1985) ressalta que durante o processo de compostagem a porção de matéria orgânica diminui devido à mineralização e isso é refletido no teor de SV, a qual expressa a fração orgânica do composto.

No método de enterramento, é possível observar que a redução de SV aos 130 dias teve uma redução de 49,19% quando se utilizou a maravalha para a cobertura, já quando se utilizou somente o solo para cobrir os resíduos, essa redução foi de 44,11%. Já no final do processo de enterramento (220 dias), a redução de SV foi semelhante nas duas condições de cobertura dos resíduos, sendo de 53,06% e 51,99% para a cobertura com maravalha e solo e na cobertura somente com solo, respectivamente.

Com isso, observou que, na primeira medição, o resíduo com maravalha e solo obteve 5,08% a mais de redução de SV em relação ao resíduo coberto somente com solo. E ao final do período de experimento, houve uma redução mínima entre os dois resíduos analisados, com uma diferença de 1,07%. Diante os dados apresentados, percebeu que utilizando a maravalha se tem um melhor resultado no processo de decomposição do resíduo enterrado mesmo que seja mínima.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na leira com o biochar, o aditivo favoreceu o aumento da temperatura logo na segunda semana, além de promover maiores reduções de ST e SV, nos períodos de 70 e 130 dias, se mostrando ser um aditivo benéfico para ser utilizado neste processo, a fim de melhorar seu funcionamento por ele possuir porosidade facilitando a circulação de oxigênio na compostagem aumento de temperatura e retendo nutrientes possibilitando o desenvolvimento microbiano. Com isso, a melhor forma de transformar um resíduo em um composto que possa ser utilizável para o cultivo é realizar a compostagem, onde ela alcança temperaturas mais elevadas e realiza a sanitização.

No método de enterramento, a maravalha se mostrou eficiente no aumento da temperatura e na degradação de ST e SV, principalmente aos 130 dias. Apesar disso, esse método tem uma ação bem menos eficiente quando comparado a compostagem, pois o tempo de tratamento do resíduo é bem maior.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos**. Brasília – DF, 2017.

\_\_\_\_\_, Ministério da Agricultura e Pecuária. **Consumo e tipos de peixes no Brasil**. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/rede-do-pescado/consumo-e-tipos-de-peixes-no-brasil#:~:text=Desse%20total%2C%2082%20milh%C3%B5es%20de.Mundial%202020%2C%20elaborado%20pela%20FAO>. Acesso em 15 de dezembro de 2023

BURGESS, G. H. O.; CUTTING, C. L.; LOVERN, J. A.; Waterman, J. J. 1987. **El pescado y las industrias derivadas de la pesca**. Ed. Acribia, Zaragoza.

CAZZONATTO, A.C.; MEIRA, A.M.; SOARES, C.A. **Manual Básico de Compostagem**. Piracicaba: USP Recicla, 2009.

CZIMCZIK, C et al., **Effects of charring on mass, organic carbon, and stable carbon isotope composition of wood**. Organic Geochemistry, v. 33, 2002.

CLUCAS, I. J. & WARD, A R. 1996. **Post-Harvest Fisheries Development: A Guide to Handling, reservation, Processing and Quality**. Ed. Crown Copyright. United Kingdom

COLE, R. C. 1967. **Problems associated with the Development of Fisheries in Tropical Countries**. Tropical Science, Vol. X, N° 1.

DILELIS, F., FREITAS, L. W., QUARESMA, D. V., REIS, T. L., SOUZA, C. S., AND LIMA, C. A. R. **Determination of true ileal digestibility of phosphorus of fish meal in broiler diets**. Animal Feed Science and Technology, 272(October 2020):114742. 2021.

DIAS, B. O. et al. **Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification**. Bioresource Technology, v. 101, n. 4, p.1239-1246, fev. 2010.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. PROSAB, UEL: Londrina, 2008, 91 p.

FERREIRA, F. da S. et al. **À margem do rio e da sociedade: a qualidade da água em uma comunidade quilombola no estado de Mato Grosso**. Saúde e Sociedade, v. 26, n. 3, p.822-828, set. 2017.

HAUG, R.T. **Practical handbook of compostengineering**. Lewis Publishers. Boca Raton.1993. 717 p

HERBETS, R. A. et al. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos**. Revista Saúde e Ambiente, v., n. 1, jun 2005.

INÁCIO, Caio de Teves. MILLER, Paul Richard Momsen. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro – RJ, 2009.

INÁCIO, Caio de Teves. **Compostagem: Curso prático e teórico**. Circular Técnica 48, 1ª Edição, Online. Embrapa. Rio de Janeiro – RJ, 2015.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto.** Piracicaba: 2012.

KI, B. M et al. **Characterization of odor emissions and microbial community structure during degradation of pig carcass using the soil burial- composting method.** Waste Management, v. 77, p. 30- 42, 2018.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: An introduction.** In: Lehmann, J.; Joseph, S. (ed). Biochar for environmental management: Science and Technology. 1.ed. Londres: Earthscan, p. 4-18, 2009

MAHAPATRA, S., Ali, M. H., and Samal, K. 2022. **Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin.** Energy Nexus 6(March):100062.

NOGUCHI, Harumy Sales. **Processo de compostagem e resíduos sólidos em leira estática automatizada com aeração forçada.** Dissertação de Mestrado. UFMT – Cuiabá-MT, 2017.

OLIVEIRA, J. D et al. **Effects of aeration and season on the composting of hatchery waste.** Environmental Progress and Sustainable Energy, v. 43, 2023.

ORRICO, A. C. A.; VILELA, R. N. S.; Juliana Dias. **Efeitos da aeração e da estação do ano na compostagem dos resíduos de incubatório.** Dissertação de Mestrado – UFGD – Dourados-MS, 2022.

PAIXÃO, R.M.; SILVA, L.H.B.R.; TEIXEIRA, T.M. **Análise da Viabilidade da Compostagem de Poda de Árvore no Campus do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR.** In: MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6, 2012, Maringá. Anais Eletrônico. 2012.

PEIXE BR. **Produção brasileira de peixes de cultivo sobe 4,7% e atinge 841.005 toneladas.** 2022. Anuário 2022. Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022. São Paulo - SP

PEIXE BR. **A força do peixe brasileiro.** 2023. Anuário 2023. Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2023. São Paulo – SP

PENG, L., Tang, R., Wang, G., Ma, R., and Li, Y. 2023. Environmental Technology & Innovation **Effect of aeration rate , aeration pattern , and turning frequency on maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting.** Environmental

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** Belo Horizonte. UNICEF. 1996. 56p.

PILOTTO, M.V.T. **Compostagem dos Resíduos de Filetagem da Atividade Pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, Pelotas-RS.** 2014. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para a conclusão o Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2014

PINTO, B. V. V. et al., **O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos.** Revista Meio Ambiente e Agrárias. Curitiba, PR, v.2, n.2, 15, jul./dez., 2017.

QUEIROZ, F. **Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas.** Estudo de caso de Londrina. (Dissertação de pós-graduação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RIBEIRO, P. H. **Uso de finos de carvão e esterco de galinha em solo cultivado com milho na produção de mudas de café.** Tese de Doutorado – UFES – Alegres – ES, 2016.

RICHARD, T., N. Trautmann, M. Krasny, S. Fredenburg and C. Stuart. 2002. **The science and engineering of composting.** The Cornell composting website, Cornell University. [http://www.compost.css.cornell.edu/composting\\_homepage.html](http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html). Acesso em 18 de outubro 2023

VALENTE, B. S. et al., **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** Arch. Zootec., v. 58, n. 2, 2009, p. 59-85.

VALENTE, B. S. et al. **Compostagem de resíduos da filetagem de pescado marinho e casca de arroz.** Revista Brasileira Saúde e Produção Animal, Salvador, v. 17, n. 2, 2016, p. 237-24

VILELA, R. N. da S., Orrico, A. C. A., Orrico Junior, M. A. P., Aspilcueta Borquis, R. R., Tomazi, M., Oliveira, J. D. de, Ávila, M. R. de, Santos, F. T. dos, and Leite, B. K. V. 2022. **Effects of aeration and season on the composting of slaughterhouse waste.** Environmental Technology & Innovation 27:102505.