



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

Compostagem de resíduos de pescado com dois agentes volumosos

HENRIQUE KASIOROWSKI VERISSIMO

Dourados, MS
Outubro de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

Compostagem de resíduos de pescado com dois agentes volumosos

Acadêmico: Henrique Kasiorowski Verissimo

Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia

Dourados, MS
Outubro de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

	<p>Verissimo, Henrique Kasiorowski</p> <p>Compostagem de resíduos de pescado com dois agentes volumosos. / Henrique Kasiorowski Verissimo. – Dourados, 2022.</p> <p>Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico</p> <p>TCC (Graduação) Zootecnia - Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Capiáçu - leiras estáticas - compostagem. I. Título.</p>
--	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

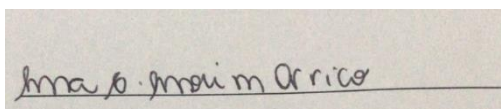
TÍTULO: Compostagem de resíduos de pescado com dois agentes volumosos.

AUTOR: Henrique Kasiorowski Verissimo

ORIENTADOR: Ana Carolina Amorim Orrico

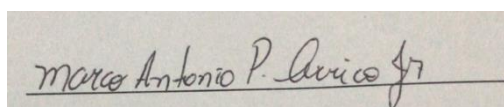
Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em ZOOTECNIA pela comissão examinadora.

**Prof. Dr.
(Orientador)**



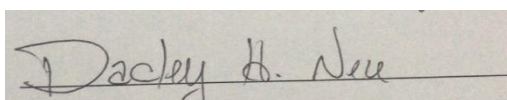
Ana C. Amorim Orrico

Prof. Dr.



Marco Antonio P. Arrico Jr

Prof. Dr.



Dacley H. Neri

Data de realização: 31 de Outubro de 2022

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia



Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar em minha trajetória, com sua benção, me dando forças para enfrentar as batalhas diárias e não desistir dos meus sonhos e objetivos na vida.

A minha família por ser minha base, minha mãe, meu pai e meu irmão por ser minha referência em tudo e estar ao meu lado em todos os momentos e escolhas, por sempre incentivar e apoiar meus sonhos e não me deixar desistir em momento algum, a minha namorada Larissa por estar ao meu lado e me incentivar em toda a minha caminhada, e meus padrinhos que me deram uma base no início.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Ana Carolina Amorim Orrico por depositar em mim confiança e me auxiliar em todos os ensinamentos em todos esses anos, agradeço pela compreensão, ajuda e atenção e crescimento acadêmico e profissional. Agradeço muito a ajuda da minha co orientadora Dra. Tarcila De Souza Castro Silva por todos os ensinamentos durante esse processo de pesquisa. Agradeço muito a minha colega Isabelly Macena por me ajudar muito em fazer as análises necessárias para este trabalho.

Aos Prof. Dr Alexandre Fernandes, Prof. Dr. Eduardo Lucas Terra Peixoto, Prof^a Dr^a Andrea Maria de Araújo Gabriel, Prof. Dr Leonardo de Oliveira Seno, por todo apoio, e companheirismo, ensinamentos em minha formação, sendo exemplos como profissionais e todos outros professores, me ajudando no crescimento acadêmico e profissional. A Faculdade de Ciências Agrárias e ao curso de Zootecnia pelas oportunidades.

“A conquista é um acaso que talvez dependa mais das falhas dos vencidos do que do gênio vencedor.”
Madame de Staël.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURA	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	Erro! Indicador não definido.
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Temperatura	6
2.2 Aeração	Erro! Indicador não definido.
2.3 Umidade	16
2.4 Relação C:N	16
1.5 pH	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS.....	23

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Curva padrão da variação da temperatura durante a compostagem.	Erro! Indicador não definido.
Figura 2. Relação C:N durante o processo de compostagem.	Erro! Indicador não definido.
Figura 3. Visualização das leiras em formato 3D.	20
Figura 4. Montagem das composteiras.	Erro! Indicador não definido.
Figura 5. Composição das leiras do experimento.	Erro! Indicador não definido.
Figura 6. Temperatura (°C), Umidade relativa do ar (%), e tempo de compostagem (semanas).	14
Figura 7. Reduções de sólidos totais (ST) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos.	17
Figura 8. Reduções de sólidos voláteis (SV) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos.	18
Figura 9. Reduções de fibra em detergente neutro (FDN) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos.	19
Figura 10. Reduções de fibra em detergente ácido (FDA) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos.	20
Figura 11. Reduções de carbono durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos.	21
Figura 12. Reduções de nitrogênio durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos.	22

RESUMO

A compostagem é um processo biológico de tratamento de resíduos sólidos, no qual um grupo específico de microrganismos atuam na degradação do material orgânico, tendo como resultado um fertilizante orgânico rico em nutrientes. No entanto, a qualidade do processo de compostagem depende do material base. Diante disso, o objetivo deste estudo foi investigar a influência do agente volumoso sobre o desempenho da compostagem dos resíduos de filetagem da indústria do pescado. Foram utilizados como agentes volumosos o Capiáçu e a Grama Esmeralda e resíduos de pescado (compostos por vísceras, nadadeira caudal, coluna vertebral, nadadeiras, escamas e restos de carne). As leiras foram formadas em camadas, intercalando resíduos de pescado e agente volumoso, na proporção de 3:2, respectivamente, e utilizando-se células de compostagem com capacidade de 200 kg de matéria natural. Para aeração das leiras foram inseridos tubos de PVC entre as camadas de resíduos formadas, sendo estes canos perfurados ao longo do comprimento, permitindo a injeção de ar com o fluxo contínuo de $0,6 \text{ L.kg.SV}^{-1}.\text{min}^{-1}$. O período de compostagem foi de 90 dias, sendo diariamente monitorada a temperatura, e periodicamente coletadas amostras do perfil da leira para controle da umidade. Foi observado que a fase termofílica (temperaturas $\geq 45^\circ \text{ C}$) não ocorreu nesse início do processo, devido ao tempo demandado para que os microrganismos colonizassem o meio e iniciassem a digestão dos resíduos, além disso, as leiras foram formadas no inverno, e as temperaturas ambientais podem ter dificultado o aquecimento das leiras nessa fase inicial do processo. As reduções de (ST, C e N) sofreram influência pela presença da aeração, estação do ano e tempo de compostagem. As reduções de ST e SV para o Capiáçu e para a Grama foram de aproximadamente 75%, ocorrendo o processo de mineralização do material. Foi possível observar reduções médias de FDN (42%), FDA (45%), Carbono e Nitrogênio (75%). Desta maneira, a grama estrela apresentou um composto final melhor do que o Capiáçu. Conclui-se que o processo de compostagem dos resíduos de pescado pode ter sido influenciado pelo excesso de umidade, aeração e pelo ambiente e não alcançou temperaturas termofílicas adequadas. A grama apresentou maiores reduções dos constituintes fibrosos e menores reduções de N, o que indica que seu uso como agente volumoso na compostagem dos resíduos de filetagem do pescado é mais recomendado do que do Capiáçu.

Palavras chaves: Capiáçu, leiras estáticas, peixe, decomposição.

ABSTRACT

Composting of fish waste with two bulking agents

Composting is a biological process of treating solid particles does not qualify a specific group of organic microorganisms in the degradation of an organic material, resulting in an organic fertilizer rich in nutrients. However, the quality of the composting process depends on the base material. Therefore, the objective of this study was to investigate the influence of the bulking agent on the performance of the composting of filleting residues from the fish industry. Capiaçú and Grass Esmeralda and fish waste (composed of viscera, caudal fin, vertebral column, fins, scales and meat remains) were used as bulking agents. As capacity cells, they were designed in layers, interspersing waste residues, in the proportion of 3:2, capacity to use raw material and use natural material with 200 kg of compost. For length operation the structures can be inserted as continuous flow coatings. The composting period was 90 days, the temperature being monitored daily, and samples of the windrow profile were periodically collected to control the humidity. The thermal process (temperature $\geq 45^{\circ}\text{C}$) was observed, which did not occur at the beginning of the temperature process, due to the time required for the microorganisms to homogenize the digestion of waste, in addition, as the temperature laws were at the beginning of winter, and Environmental initiatives may have difficulties with the process. Machining stations ST, C and N) (presence pressure of aeration, year and time of composting) the Capiaçú ST and SV to and from Grama were approximately 75%, the mineralization process of the material took time. It was possible to hear averages (4%), FDA (45%) and Carbon (75%). In this way, the star grass presented a better final compound than the Capiaçú. It is concluded that the process of composting fish waste can be influenced by excess moisture, aeration and heat not affected by the environment. The compost grass, the major organic agent of the fibrous constituents and smaller than the bulkier use of filtering the recommended Capiaçú fish.

Keywords: Capiaçú, static windrows, composting.

INTRODUÇÃO

A piscicultura é o ramo da Zootecnia que desenvolve o cultivo racional de peixes e, nos últimos anos, a atividade contou com um aumento na produção, o que contribui ainda mais para o crescimento agropecuário brasileiro. O aumento da produção de pescado acarreta em uma maior produção de resíduos, se não tratados acarreta danos ao meio ambiente (PEIXEBR, 2022)..

De acordo com Pinto et al. (2017) os resíduos de pescado correspondem a cerca de $\frac{2}{3}$ do volume da matéria-prima da indústria processadora de filetagem e tilápia, tornando-se uma preocupação já que são muito pouco administrados. Além disso, apenas 68% são destinados a indústrias para a fabricação de farinha de pescado para alimentação animal e o restante possui destino variado, muitas vezes inadequados do ponto de vista ambiental e de reciclagem animal.

Os resíduos de pescado são preocupações ambientais em todo o mundo, principalmente em centros urbanos. Esses descartes podem contribuir para degradação do ambiente (GOUVEIA, 2012). O descarte de pescado possui alta concentração de nutrientes, torna-o poluente quando descartado de maneira inadequada, embora seja considerado uma rica matéria-prima a ser utilizada para a produção de outros insumos (NOGUCHI, 2017), como na geração dos fertilizantes orgânicos, se submetido a compostagem.

Segundo Marchi e Gonçalves (2020) os resíduos de pescado precisam de uma destinação ambientalmente correta para que haja a reutilização, reciclagem ou recuperação, para que se evite os problemas ambientais. Um dos métodos empregados para a utilização dos resíduos é a compostagem.

A compostagem é definida pela Norma ABNT NBR 13591/1996 como sendo o processo de decomposição biológica dos resíduos de pescado, realizado em condições aeróbias, através de um conjunto de organismos. Além disso, pode-se caracterizar a compostagem como sendo uma ferramenta de baixo custo e que possui objetivo de converter os resíduos em fertilizantes orgânicos, ricos em micro e macronutrientes (PIRES; FERRÃO, 2017).

Segundo Araújo et al. (2020) este produto, pode ser aplicado em pequenas quantidades diretamente no solo, como adubo para melhorias de características físicas, químicas e biológicas e, também podem ser utilizados como substrato, acompanhado de outros componentes, para a produção de mudas ou plantio de qualquer espécie vegetal.

Assim sendo, a compostagem apresenta-se como uma alternativa importante na gestão de resíduos de pescado, mas alguns agentes de estruturação precisam ser misturados aos

resíduos para que se ajuste o teor de umidade, relação carbono/nitrogênio e os espaços porosos entre as partículas.

O Capiacu é uma abundante forragem da região Centro-Oeste brasileira e contribui para a criação de animais em pastagens, assim como o excedente de sua produção pode representar um potencial agente volumoso durante a compostagem de resíduos orgânicos, incorporando carbono ao meio em digestão. A associação de agentes volumosos aos descartes cárneos é uma necessidade durante a compostagem dos resíduos, buscando equilíbrio da relação C:N e ajuste da umidade na construção das pilhas, resultando em melhor desempenho durante o processo.

Dessa forma, estudos que busquem investigar a influência do agente volumoso sobre o desempenho da compostagem dos resíduos de filetagem dos peixes são demandados, pois o desempenho do processo será determinado pela melhor qualidade da composição dos substratos.

O objetivo deste estudo foi investigar a influência do agente volumoso sobre o desempenho da compostagem dos resíduos de filetagem da indústria do pescado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O mesmo anuário afirma que a região Centro-Oeste também avança no cultivo de tilápia, representando em torno de 11,5% (61.650 toneladas) e se aproxima do Nordeste, que com 95.300 toneladas em 2021 participou com 18% do total. No ranking nacional da produção de tilápia o Mato Grosso do Sul sé o quinto maior produtor (PEIXEBR, 2022).

O mercado da tilapicultura representa quase 50% do montante do pescado produzido, sendo que, o principal produto é o filé de tilápia. Este, possui baixo rendimento (35 a 40%) e, é crucial para a sustentabilidade do setor que medidas sejam tomadas para gerenciar os resíduos gerados, que correspondem de 60 a 70% do total produzido. Os resíduos de pescado são constituídos de cabeça, carcaça e vísceras, pele, escamas e as aparas dorsais e ventrais e o corte em “v” do filé.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), explica que a reciclagem dos resíduos de pescado deve ser incentivada, facilitada e expandida no país, para reduzir o consumo de matérias primas, recursos naturais renováveis e não renováveis, energia elétrica e água. Assim, a compostagem é um dos métodos mais antigos que consiste na reciclagem da matéria orgânica que passa a ser transformada em fertilizante orgânico (PIRES; FERRÃO, 2017).

Desta maneira, ainda de acordo com Lima et al. (2016) a compostagem consiste em um conjunto de técnicas aplicadas para controle da decomposição da materiais orgânicos para se obter um produto final em menor tempo, estável, rico em material mineral e nutrientes biodisponíveis (atributos físicos, químicos e biológicos superiores). A técnica se desenvolveu com objetivo de aumentar a velocidade estabilização da matéria orgânica.

A fase inicial da compostagem ocorre a decomposição dos resíduos de pescado e predomina-se a presença de bactérias que são responsáveis por quebrar a matéria orgânica, gerando calor no material. Os fungos também participam dessa fase e consomem a matéria orgânica já sintetizada pelas bactérias e outros microrganismos para gerar energia. As bactérias e fungos decompõem (através de reações enzimáticas) açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão presentes nos resíduos de pescado (ARAÚJO et al., 2020).

O aumento da temperatura devido à liberação de calor, ocorre a morte de microrganismos mesófilos, havendo a multiplicação de actinomicetos, das bactérias e dos fungos termófilos. Os micro-organismos mesófilos decompõem-se rapidamente, incorporando nitrogênio na forma inorgânica à massa de compostagem. Os compostos degradados nesta fase

pelas bactérias são os lipídeos e frações de hemicelulose, sendo que a celulose e a lignina são decompostas somente pelos actinomicetos e fungos. Ao longo de todo o processo, produz calor, CO₂ e de vapor de água, de acordo com Pereira e Fiore (2022).

Os resíduos de pescado podem ser conduzidos por leiras estáticas, recebendo ou não aeração, sendo essa metodologia criada nos EUA, em 1975, para tratamento de resíduos domésticos (PEDROSO et al, 2013). A compostagem apresenta baixo custo de implantação, recomenda-se a aeração, o ar é introduzido no interior das leiras por tubos de aeração para controle da temperatura e eficiência do processo (NOGUCHI, 2017). A injeção de ar na leira que tem como vantagens: menor demanda de área, menor mão de obra e facilidade de execução em qualquer condição climática, pois não depende de reviramentos periódicos (CHAMBO, 2018).

O oxigênio é um elemento fundamental para o processo de compostagem, principalmente pelo fato de que os microrganismos decompositores são aeróbicos. Caso não haja oxigênio suficiente, a decomposição ocorrerá de forma mais lenta e produzirá odores desagradáveis, provenientes de produtos de decomposição anaeróbia como gás sulfídrico (SOUZA, 2010).

Acredita-se que taxa de aeração inadequada, associada à falta de um sistema eficiente de umedecimento fez com que o material presente, em grande parte do tempo, temperaturas próximas a 40 °C, valor insuficiente para se conseguir controle sanitário do composto (CARLO et al., 2013).

De acordo com Pedrosa et al., (2013) o andamento do processo de compostagem é influenciado por diversos fatores, como a temperatura ambiente, a umidade dos materiais a serem dispostos na leira, a quantidade de manejos ao longo da decomposição, e também a relação entre carbono (C) e nitrogênio (N) (relação C/N) dos materiais no início do processo. É fundamental que leiras de compostagem sejam montadas com materiais ricos em C (poda de árvores e serragem de madeira, por exemplo) e materiais ricos em N (dejetos, carcaças de animais) em proporções adequadas, quando isso não acontece ocorre decomposições lentas e ineficazes.

Ainda, Tabeão (2014) as leiras devem ser colocadas em locais que serão feitas as compostagens dos resíduos siga algumas recomendações em relação à sua estrutura, listadas a seguir como: chão impermeável e de concreto; Proteção contra chuvas; Isolamento gradeados; Caixa de coleta de chorume e, portão de entrada adequado para maquinários.

É possível acompanhar o andamento do processo de compostagem de diversas formas, mas a mais simples trata do acompanhamento da temperatura. A leira de compostagem

apresenta diferentes faixas de temperatura em sua estrutura como um todo, sendo maiores no interior e tanto mais amenas quanto mais próximo à superfície. (ARAÚJO et al., 2020).

A termofílica ocorre quando temperaturas de até 70°C são atingidas no interior das leiras. Após o momento em que as moléculas são completamente consumidas, tem-se o início da fase mesofílica, na qual temperaturas de até 40 °C são registradas nas leiras. Nessa fase, os microrganismos que agem consumindo os resíduos não são os termófilos e, por fim, a última fase é quando a compostagem entra em maturação, quando a temperatura já não é mais elevada, independentemente da realização de manejos de revolvimento, se aproximando da temperatura ambiente estabilizando a matéria orgânica.

A temperatura da leira é extremamente importante, já que esta permite o equilíbrio biológico pois os microrganismos dependem de uma faixa de temperatura ideal para o bom desenvolvimento. Dessa forma, através da temperatura é possível indicar a taxa de atividade microbiana na compostagem, o aumento da temperatura se relaciona com a atividade microbiológica, e sua diminuição indica uma redução na atividade dos microrganismos (XU, 2022).

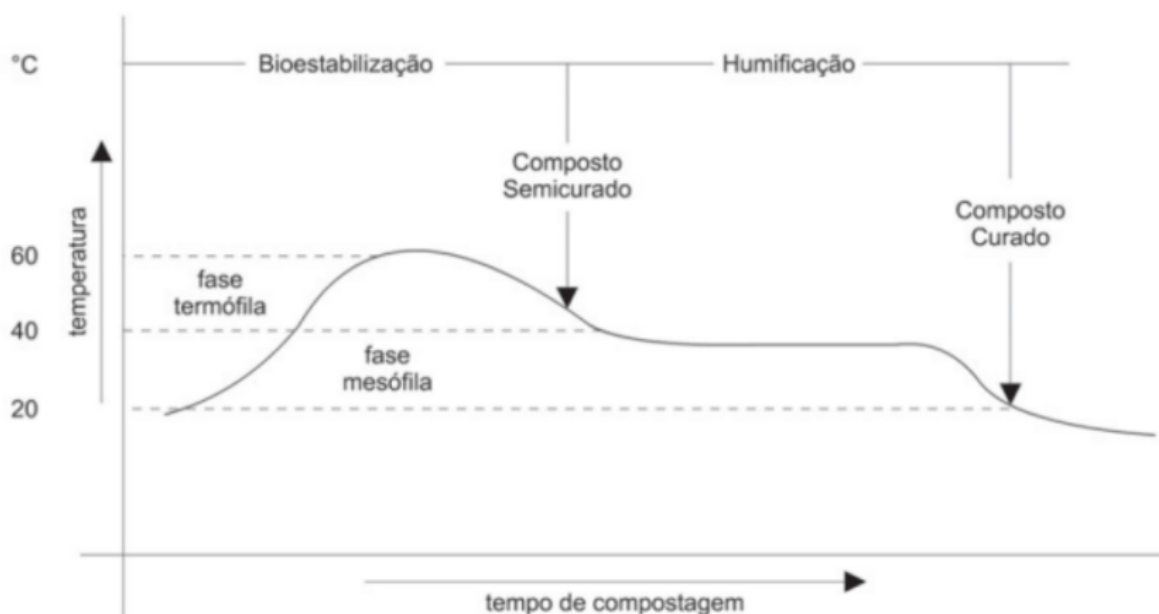


Figura 1. Curva padrão da variação da temperatura durante a compostagem (Noguchi, 2017).

Temperaturas muito altas reduzem a atividade microbiana e aumenta a perda de nitrogênio por volatilização enquanto as temperaturas muito baixas são devido ao erro na relação C:N.

2.3 Umidade

A umidade das leiras é responsável por garantir a condição aeróbica da compostagem, indica-se um teor de 55%. Quando os valores de umidade da leira estão acima de 65% o processo se tornará anaeróbio, gerando a morte de alguns microrganismos; já quando a umidade passa a ser menor que 40% a atividade microbiológica também é inibida, diminuindo a capacidade de degradação da matéria orgânica (VALENTE et al., 2016).

Para Noguchi (2017) os teores de umidade elevados podem levar a anaerobiose devido a ocupação dos fluidos nos espaços porosos enquanto baixos teores de umidade podem inibir a atividade microbiana e serem insuficientes para manter a atividade termofílica e menor degradação da matéria orgânica.

2.4 Relação C:N

De acordo com Vital et al., (2016) no início do processo de compostagem, recomenda-se que a relação C/N entre 25:1 e 35:1, sendo inferior a 20:1 ao final do processo. Quando as relações de C/N são muito baixas, os microrganismos podem mineralizar o excesso de nitrogênio em vez de armazená-lo em composto. A descrição das degradações da matéria orgânica, representada pela relação C:N está descrita na Figura 2.

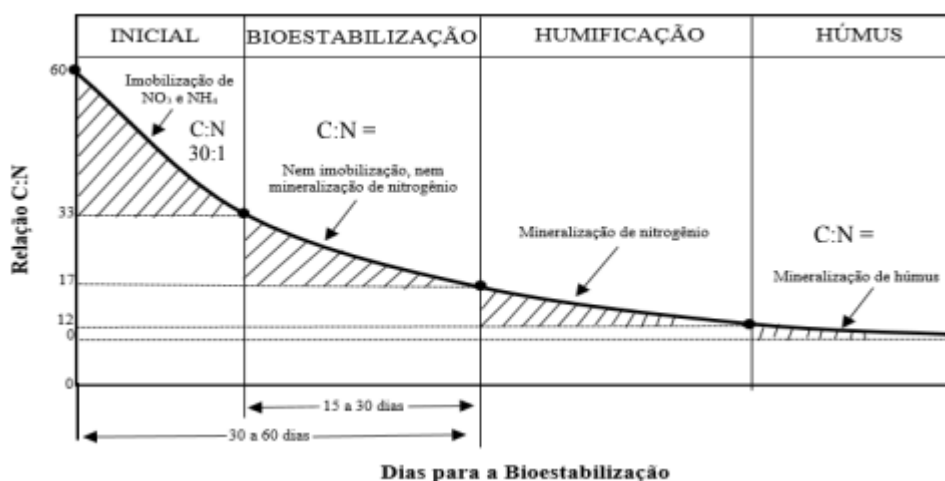


Figura 2. Relação C:N durante o processo de compostagem (Noguchi, 2017)

A relação C:N interferem diretamente na compostagem, já que os microrganismos presentes na composteira degradam a matéria orgânica e, em altas e baixas relações, podem diminuir a eficiência desse processo. As relações baixas de C:N significa um excesso de nitrogênio o qual será perdido como amoníaco e é capaz de gerar odores desagradáveis e influenciar na qualidade do composto. Uma alternativa é utilizar materiais ricos em carbono para fornecimento de energia para a compostagem, não deixando a massa compactar, esses elementos são: palha; capim picado; serragem; fenos e etc (FERREIRA, et al. 2016).

Quando há relação C:N alta, o composto possui uma baixa quantidade de nitrogênio e excesso de carbono, a falta desse elemento limitará o crescimento microbiano e não gerando a degradação do carbono, como consequência, não haverá aumento de temperatura e, o processo se tornará mais longo. Uma alternativa para corrigir o problema é a adição de materiais ricos em nitrogênio e, geralmente mais úmidos como as carcaças.

1.5 pH

O pH da compostagem pode influenciar na atividade microbiana, já que muitas espécies habitam o ambiente e, se adaptam embora tenham atividades ótimas em determinadas faixas as quais são capazes de inibir ou acelerar o desenvolvimento de determinada espécie. Noguchi (2017) afirma que o pH quando está entre 6 e 7,5 e para os fungos entre 5,5 e 8,0 pode favorecer o ambiente, sendo que estes valores podem indicar o estado da compostagem.

Cada resíduo utilizado na compostagem também tem a capacidade de influenciar na dinâmica de microrganismos, principalmente, na fase inicial da compostagem (RODRIGUES, 2013).

No início do processo de compostagem, geralmente o pH é ácido devido à formação de ácidos minerais. Posteriormente, quando o material começa a ser decomposto, forma-se ácidos orgânicos que diminuem o pH, estes reagem com as bases liberadas pela matéria orgânica, e aumentam o pH. A compostagem forma ácidos húmicos que reagem com os elementos químicos básicos, formando humatos alcalinos. Portanto, o pH do composto se torna alcalino, alcançando valores superiores a 8,0 (NOGUCHI, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a montagem das leiras foram utilizados descartes da filetagem de pescado e como agentes volumosos duas fontes, o capim Capiaçú pré-colhido e poda de grama esmeralda. Os resíduos de pescado foram compostos por: vísceras, nadadeira caudal, coluna vertebral, nadadeiras, escamas e restos de carne. Já os agentes volumosos foram triturados para obtenção de um tamanho médio de partícula de 2.5 cm. Na Tabela 1 está apresentada a composição inicial dos resíduos e dos tratamentos experimentais avaliados na compostagem.

A compostagem foi realizada no setor de resíduos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a EMBRAPA Oeste da cidade de Dourados/MS. Foram construídas leiras estáticas em baias de alvenaria quadradas com medidas laterais 1,10 m, divididas ao meio, sendo assim quatro compartimentos utilizados para a obtenção de dois tratamentos, sendo que as pilhas tinham altura média de 0,55 m, conforme representação da Figura 3.

Tabela 1. Composição química dos resíduos e condições experimentais utilizadas na compostagem dos resíduos de pescado em pilhas estáticas utilizando-se dois agentes volumosos

	Matérias Primas				Tratamentos Experimentais	
	Pescado	Capiaçu	Gramma	Maravalha	Capiaçu	Gramma
	pH	6,20	7,10	8,20	4,10	7,75
ST (%)	39,95	20,47	64,81	76,01	35,55	50,57
SV (% de ST)	91,6	98,9	80,5	86,8	92,35	87,38
C (% de ST)	48,35	38,11	42,03	46,47	45,84	46,12
N (% de ST)	5,39	3,66	0,83	0,14	4,13	2,98
C:N	8,98	10,81	50,40	322,31	11,10	15,49
EE (% de ST)	38,80	3,01	1,33	0,56	9,77	7,62
FDN (% de ST)	0	66,60	47,17	78,40	27,53	27,58
FDA (% dos ST)	0	39,21	24,62	65,49	19,48	19,73
Hem (% dos ST)	0	27,39	22,54	12,92	8,05	9,23
Celulose (% dos ST)	0	31,72	15,09	30,65	11,98	10,73
Lignina (% dos ST)	0	17,64	12,24	42,82	11,02	12,41
P (g.kg ⁻¹)	28,46	2,63	1,66	0,03	18,12	14,78
K (g.kg ⁻¹)	5,16	17,61	28,81	0,25	7,0	11,03
Ca (g.kg ⁻¹)	57,25	6,81	3,09	0,30	36,81	29,71
Mg (g.kg ⁻¹)	1,13	4,28	2,01	0,23	1,65	1,20
S (g.kg ⁻¹)	2,99	1,99	0,82	0,24	2,31	2,05
Zn (mg.kg ⁻¹)	45,81	41,21	26,64	4,0	37,75	25,85
Mn (mg.kg ⁻¹)	6,30	163,09	98,66	166,73	67,03	66,40
Fe (mg.kg ⁻¹)	358,77	13557,35	511,3	110,83	3144,47	351,94
Cu (mg.kg ⁻¹)	8,21	40,99	5,76	2,11	14,20	7,14
B (mg.kg ⁻¹)	1,60	51,48	4,43	1,00	12,18	2,30

ST: sólidos totais, SV:sólidos voláteis, EE: extrato etéreo, HEM: hemicelulose, FDA: fibra em detergente ácido, FDN: fibra em detergente neutro

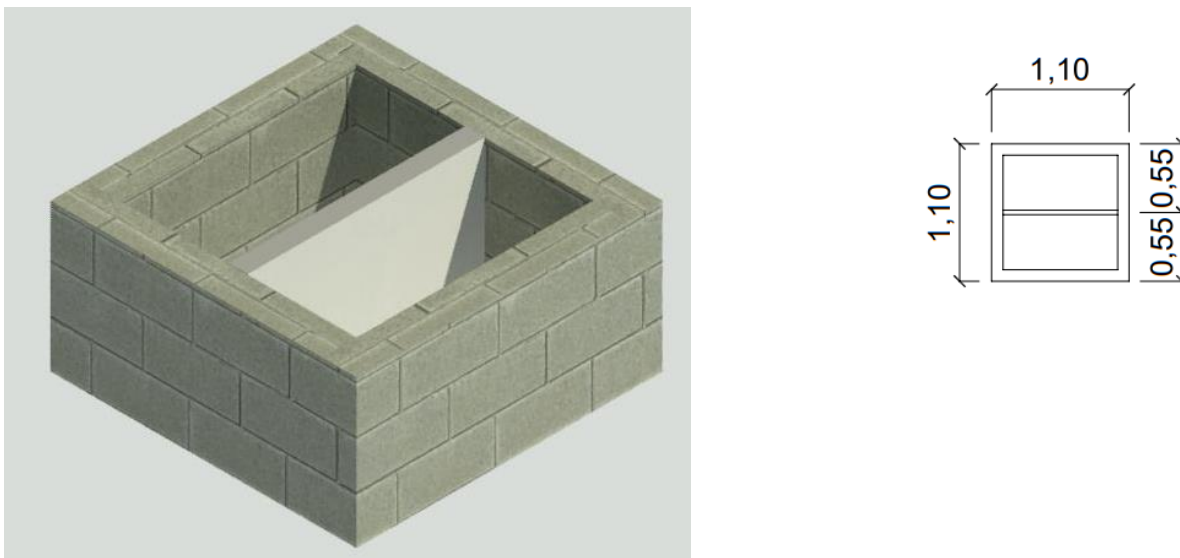


Figura 3. Representação gráfica das composteiras utilizadas para montagem das leiras estáticas

Em cada célula de compostagem foi confeccionada uma leira com o respectivo agente volumoso, tendo sido adotadas duas leiras (repetições) por agente volumoso, totalizando assim 4 leiras. A distribuição dos resíduos, camadas e representação de construção das pilhas está demonstrada nas Figuras 4 e 5. A proporção de resíduo orgânico e agente volumoso adotada foi de 3:2, respectivamente, com base no volume.



Figura 4. Disposição dos resíduos em camadas nas composteiras de alvenaria. Detalhe para visualização do cano de condução da aeração forçada.

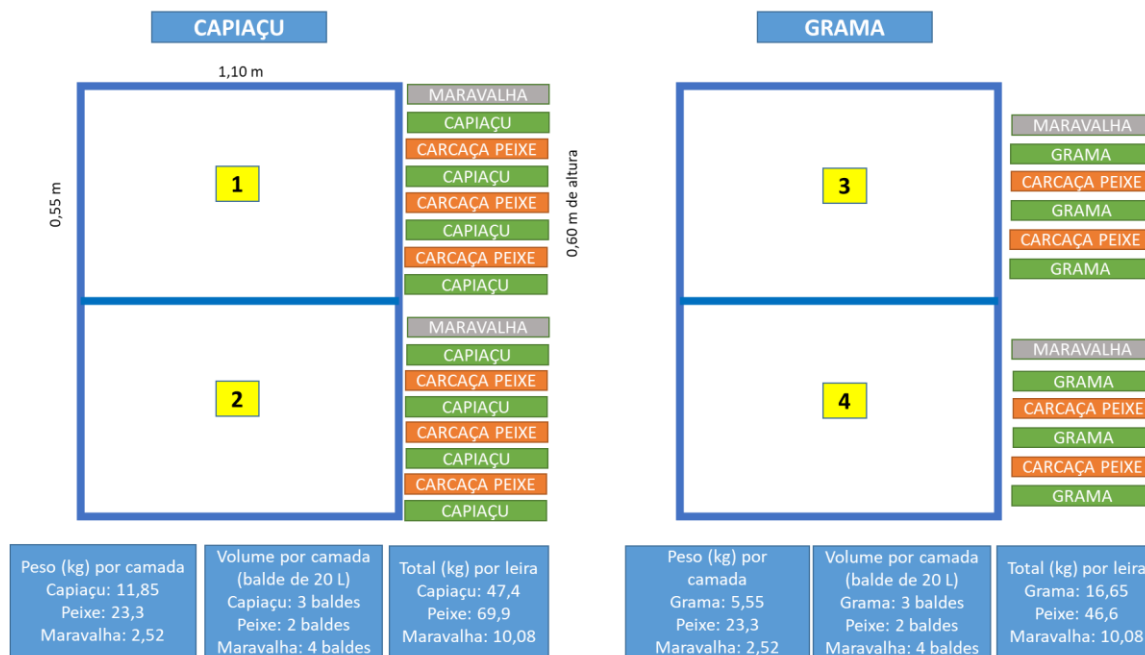


Figura 5. Composição das camadas de construção das leiras experimentais do experimento.

As células de compostagem foram montadas em camadas alternadas na seguinte ordem: a primeira camada (base) continha agente volumoso, a segunda camada o resíduo de pescado, e assim foi seguida essa ordem até que se alcançasse a altura da composteira, sendo a última camada de maravalha.

Ao todo, foram confeccionadas 3 camadas para a leira do Capiaçú e 2 camadas para a leira de grama de jardim, sendo a espessura média de cada camada em torno de 10 cm, o que resultou em maior contato entre agente volumoso e resíduo de pescado, criando um ambiente de digestão mais homogêneo ao longo do perfil da leira.

Todas as células de compostagem foram formadas e mantidas no interior de uma casa de vegetação, protegidas da exposição direta ao sol e a chuva. Na formação das leiras que receberam aeração foram inseridos tubos de PVC com diâmetro de 50 mm entre as camadas de resíduos formadas, sendo estes canos perfurados ao longo do comprimento para que pudessem conduzir a aeração por todo o perfil da leira.

Estes canos foram distribuídos na horizontal, acompanhando a profundidade da célula, com distância de 20 cm da base para o primeiro cano e 40 cm da base para o segundo cano, sendo estes dois canos interligados na parte frontal da composteira em uma única entrada, que foi acoplada a um soprador de ar, permitindo assim um fluxo contínuo de $0,6 \text{ L.kg}^{-1} \cdot \text{SV} \cdot \text{min}^{-1}$, de acordo com recomendações de (RASAPOOR, 2009).

As temperaturas foram aferidas diariamente pela manhã, das 8h às 10h, sendo tomados 10 pontos de medição para cada leira, 5 na superfície e os outros 5 no fundo da leira.

Para conferência dos valores e melhor acompanhamento das variações de temperatura foram utilizados quatro pontos de *datalogger* em uma leira de Capiacu e outros quatro na leira com agente a base de grama, sendo esses distribuídos em dois pontos na superfície e mais dois no fundo na pilha. Além disso, a temperatura ambiental também foi aferida diariamente no mesmo horário.

Durante todo o período de compostagem, elegeu-se aleatoriamente pontos para a coleta de amostras no perfil, e determinou-se os teores de sólidos totais (ST), para que fossem acrescentadas pequenas quantidades de água (evitando assim a formação de chorume) e se mantivesse a umidade dentro da faixa considerada ideal de 40 a 60%.

A leira permaneceu estática até os 50 dias, quando se efetuou o primeiro revolvimento, sendo repetido aos 64, 78 e 92 dias compostagem. Para os revolvimentos, todo o material do interior da leira foi retirado e acondicionado sobre lona plástica para homogeneização e adequação do teor de umidade, e posteriormente devolvido na composteira.

Nos revolvimentos foram coletadas amostras para avaliação da degradação dos constituintes orgânicos e quantificação do nitrogênio (N). As amostras iniciais foram secas por liofilização devido ao alto teor de gordura presente e as de 50, 64, 78 e 92 dias através de estufa de ventilação forçada.

No material inicial, e nos coletados aos 64, 78 e 92 dias de compostagem foram determinados os valores de pH, e os teores de ST, sólidos voláteis (SV), carbono orgânico, FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido), lignina e N, sendo assim estimadas as reduções desses constituintes durante o processo. Nos resíduos originais e substratos formados foram quantificados os teores extrato etéreo (EE), de macrominerais (P, K, Ca, Mg, S e Na) e microminerais (Zn, Mn, Fe, Cu e B).

A análise dos teores ST e SV, foram mensurados de acordo com a metodologia descrita por Apha (2017). Os teores de EE foram determinados de acordo com o método de Randall (INCT-CA G-005/1) e, para a análise de pH foi realizada de acordo com a Instrução Normativa 17/2007 (BRASIL, 2010). Os teores de FDN, FDA e lignina foram determinados de acordo com metodologia proposta por (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). Os conteúdos de carbono e nitrogênio foram determinados por meio do analisador Elementar modelo VARIO MACRO (ORRICO, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os comportamentos de temperatura desenvolvidos pelas leiras de compostagem durante o processo (Figura 6), observa-se que na primeira semana, a média da temperatura interna nas pilhas que tinham o Capiacu como agente volumoso foi de 42° C, já para as pilhas formadas com grama esse valor foi de 39°C, sendo que o principal problema encontrado foram os altos valores de umidade.

Desta forma, observa-se que a fase termofílica (temperaturas $\geq 45^{\circ}\text{C}$) não ocorreu nesse início do processo, possivelmente devido ao tempo demandado para que os microrganismos colonizassem o meio e iniciassem a digestão dos resíduos de forma mais efetiva. Observa-se que as temperaturas ambientais nas primeiras semanas da compostagem estavam mais amenas, já que as pilhas foram formadas na estação do inverno, o que pode ter dificultado o aquecimento das leiras nessa fase inicial do processo.

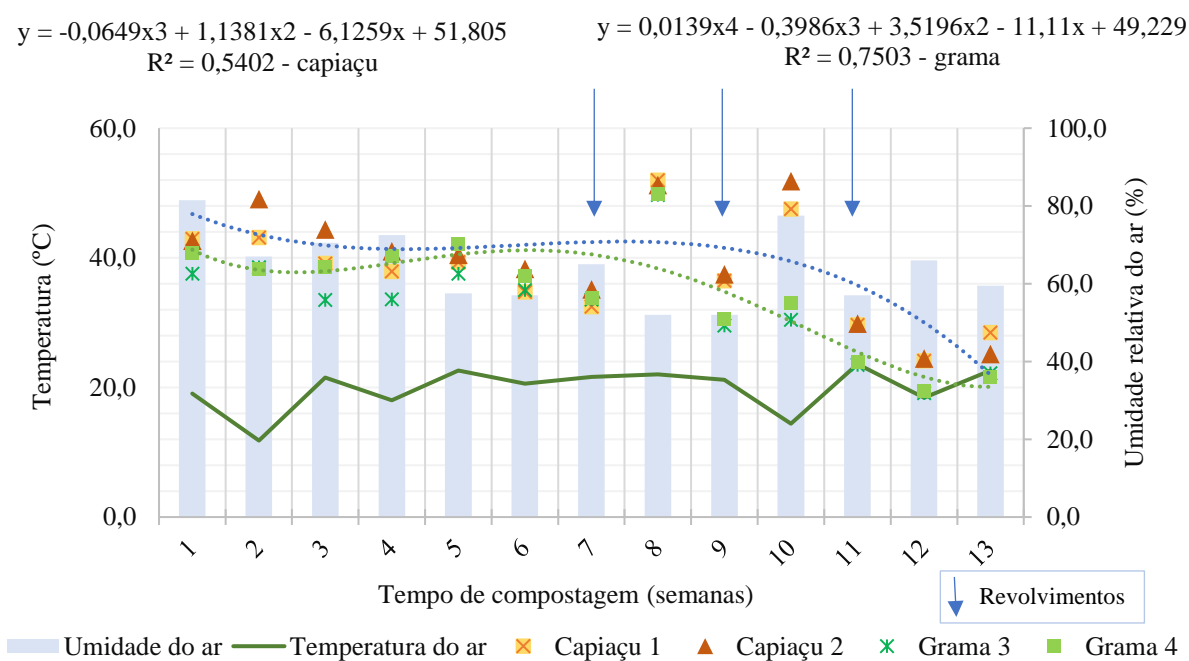


Figura 6. Comportamento das temperaturas em leiras estáticas formadas com resíduos de pescado e dois agentes volumosos.

Paiva (2012) avaliou a compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas e explica que além das temperaturas ambientais, outros fatores como a quantidade de oxigênio e água podem influenciar no processo de degradação

do material dentro da composteira. O mesmo autor afirma que esses dois fatores podem ser considerados as principais variáveis utilizadas para avaliar a atividade microbiana.

A partir da segunda semana de compostagem, observa-se temperaturas em faixa próximo a termofílica para ambas as condições de agente volumoso, sendo que para o Capiacu, os picos foram mais proeminentes, ultrapassando os 45°C em alguns dias de medição, em comparação com as pilhas que continham a grama.

É importante frisar que nessa fase experimental a injeção de ar atmosférico era realizado diariamente e duas condições insatisfatórias podem ter sido ocasionadas a partir desse manejo de aeração das pilhas, que foi a dificuldade de reaquecimento, em função das baixas temperaturas do ar injetado, e também a retirada excessiva de umidade, em virtude da baixa quantidade de água presente no ar atmosférico (Figura 6). No entanto, mesmo com essas condições ambientais, as leiras persistiram dos 49 aos 77 dias com a mesma temperatura, para os agentes volumosos Capiacu e grama, respectivamente, sendo que novos picos de temperatura e reaquecimento foram visualizados em ambas as condições de agente volumoso, após os revolvimentos, especialmente o de 50 dias.

As temperaturas alcançadas no estudo de Vilela (2019) foram de 40 e 45°C. O autor explica que não ocorreu as temperaturas termofílicas. O autor explica que as leiras foram revolvidas e, a partir do momento em que as partículas foram expostas a condições aeróbias houve o aumento da temperatura.

Ressalta-se ainda que os materiais fonte de carbono das composteiras não foram previamente secos, aumentando a umidade inicial dos substratos. Por fim, a temperatura ambiente pode ter influenciado nos valores já que não ultrapassaram 22°C em nenhum momento. De acordo com Amorim et al. (2005) no inverno, as temperaturas no interior das leiras de compostagem são mais baixas do que no verão, resultados que acabam reforçando a possível influência climática sobre a temperatura das leiras de compostagem.

Sanes et al. (2015) também encontraram os mesmos resultados em um estudo com composto a base de resíduo de peixe e casca de arroz (composto 1) o qual apresentou grande oscilação de temperatura quando comparada com o composto à base de resíduo de peixe e casca esgotada de acácia (composto 2). Os autores atribuem o resultado devido as características da casca de arroz por apresentar elevados teores de sílica, material de difícil processamento pelos microrganismos.

As reduções dos constituintes sólidos, fibrosos e de N foram avaliadas aos 64, 78 e 92 dias de compostagem, estando os resultados representados nas Figuras de 7 a 12. As reduções de sólidos totais foram crescentes durante o processo, apresentando menores valores aos 64

dias (72,2% para a Grama e 68,52% para o Capiáu), e com estabilização ou próximo dela aos 78 dias (70,62% para a Grama e 67,58% para o Capiáu) e 90 dias (70,38% e 69,03%) de compostagem (Figura 7).

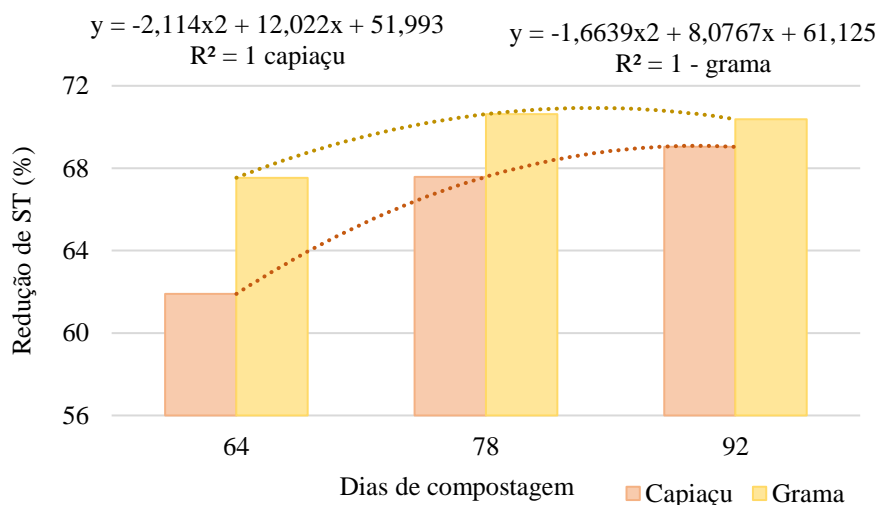


Figura 7. Reduções de sólidos totais (ST) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos

O monitoramento dos sólidos totais possibilita acompanhar a degradação dos resíduos durante o processo de compostagem. Ao final do período de experimento, os teores de sólidos voláteis tendem a diminuir à medida que a degradação da matéria orgânica avança, aumentando o percentual de redução dos sólidos totais na massa em decomposição.

De acordo com Macena (2022) trabalhando com compostagem encontrou valores muito parecidos e, afirma que a temperatura ambiental, aeração e umidade podem contribuir para os valores encontrados. Ao final do período de compostagem, as reduções de ST quase se igualaram em virtude das condições da compostagem que proporcionaram um melhor ambiente para os microrganismos degradadores, especialmente após os revolvimentos. Conforme já mencionado; provavelmente, nesse período as leiras podem ter apresentado maior quantidade de fungos que degradam os constituintes fibrosos do agente volumoso, sobretudo no período mais tardio de compostagem.

Na Figura 8, a redução de sólidos voláteis durante o processo de compostagem, demonstra comportamento similar ao verificado para as reduções de ST. No dia 64 o Capiáu apresentou valores de 68,52% enquanto a Grama apresentou 72,20%. Para o dia 78, a Grama e o Capiáu apresentaram valores de sólidos voláteis de 75,29% e 75,43% e, no dia 92 apresentaram 77,07% e 77,38% (Figura 9). Em ambos os parâmetros avaliados, reduções de ST e SV, observa-se que aos 64 de compostagem, a maioria da degradação total já havia

ocorrido e que aos 78 dias de processo, quase a totalidade já havia sido alcançada. Esse comportamento demonstra a eficiência de digestão do processo sobre os resíduos enleirados, demonstrando boa capacidade de degradação inclusive dos constituintes mais resistentes, como estruturas de parede celular dos vegetais dos agentes volumosos.

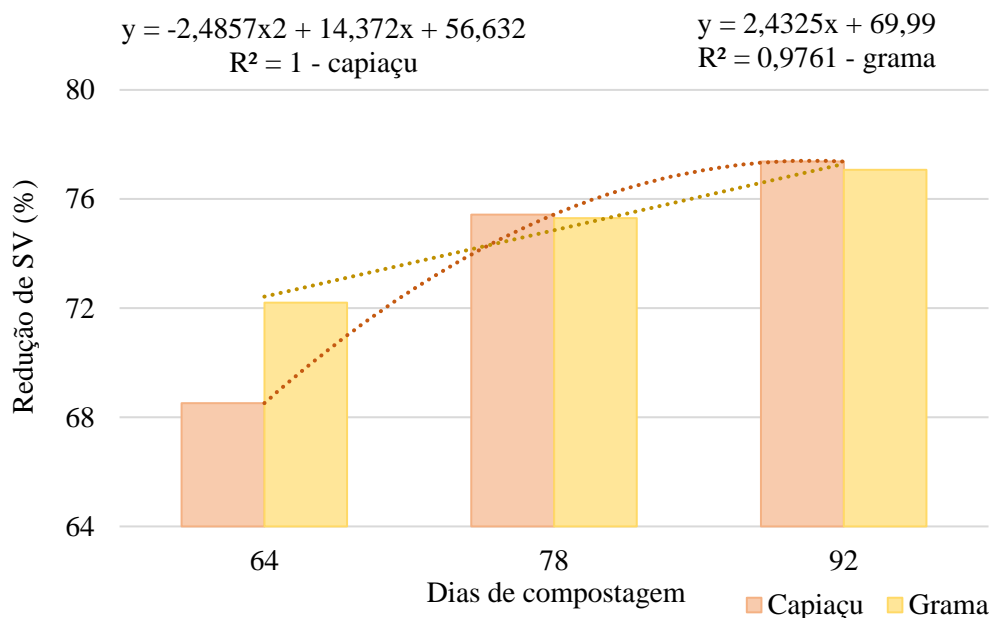


Figura 8. Reduções de sólidos voláteis (SV) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos

De acordo Souza et al. (2017), no processo de decomposição da matéria orgânica, o percentual de sólidos voláteis tende a reduzir (Figura 8) e conseqüentemente, a de sólidos totais tende a aumentar, onde o mesmo representa a fração inorgânica, isso porque, ocorrerá o processo de mineralização refletindo no teor de sólidos voláteis, que expressa a fração orgânica do composto.

De acordo com Pedroso (2019) os valores dos sólidos totais voláteis indicam a degradação da matéria orgânica e também a estabilização da massa do substrato, sendo que ao longo da compostagem, os índices de sólidos totais voláteis tendem a diminuir, em decorrência da estabilização.

As reduções de fibra em detergente neutro (FDN, Figura 9) se apresentaram mais intensas para as pilhas formadas por grama, aos 64 dias de compostagem, alcançando 41,12% de redução, contra 33,42% de degradação nas pilhas constituídas por Capiacu. Já aos 78 e 92 dias essas reduções foram mais similares, 41,56 e 42,48% aos 78 dias e 43,70% e 44,15% para os mesmos agentes volumosos aos 92 dias. Com esse comportamento, observa-se que nas

pilhas que continham a grama como agente volumoso, a degradação inicial ocorreu de forma mais acentuada, o que possivelmente possui relação com a constituição inicial dos volumosos, possuindo a grama menores teores de FDN, FDA e lignina (Tabela 1).

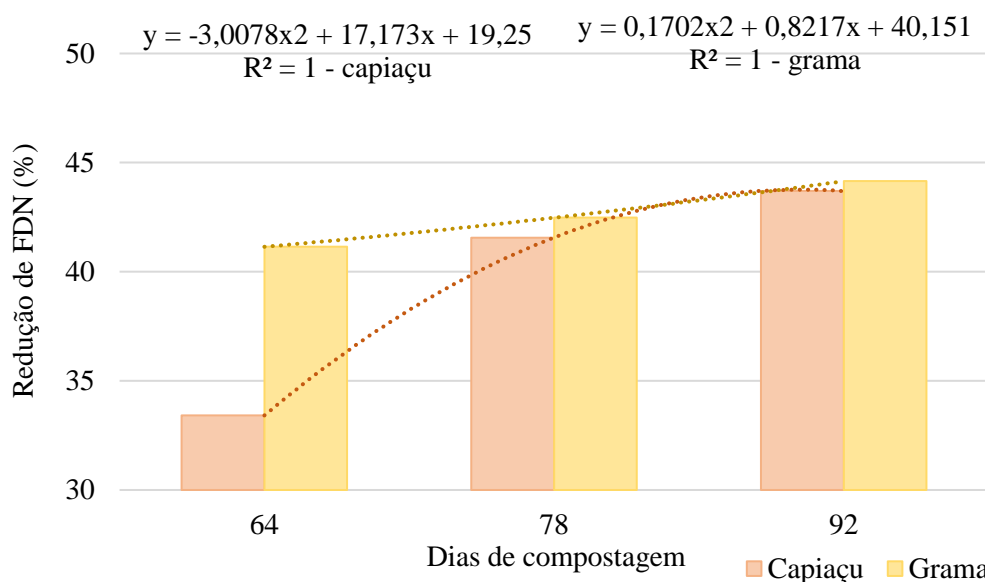


Figura 9. Reduções de fibra em detergente neutro (FDN) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos

Na Figura 10, as reduções do constituinte FDA demonstram maior resistência do Capiacu para digestão durante a compostagem, em comparação com a grama, conforme também observado na redução de FDN. Sendo assim, nos dias 64, 78 e 92 de compostagem, o Capiacu apresentou resultados de degradação de FDA de 34,49; 39,42 e 40,72%, enquanto a grama, para os mesmos períodos de avaliação apresentou valores de 48,07; 48,76 e 49,21%.

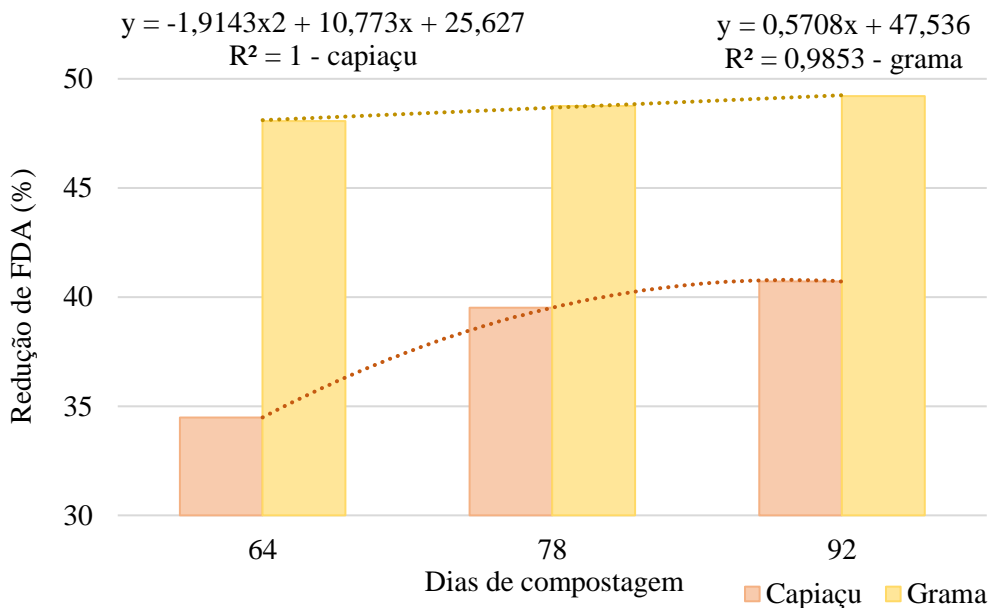


Figura 10. Reduções de fibra em detergente ácido (FDA) durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos

A Figura 11 representa as reduções de carbono durante o processo de compostagem, nesse experimento, no dia 64 encontrou-se valores de 73,35% para o Capiacu e 78,46% para a Grama; no dia 78, o Capiacu apresentou valores de 77,37% e a Grama 79,33%, já no dia 92, encontrou-se valores de 78,97% para o Capiacu e 80,51% para a Grama.

Silva et al. (2021) encontraram valores médios para C, no início e no final do processo de compostagem, foram 42,6% e 20,0%, respectivamente, demonstrando que houve a estabilidade do composto. O mesmo autor afirma que durante o processo de estabilização da matéria orgânica, ocorre a mineralização de uma parte do material e a humificação da outra parcela. Logo, o teor de matéria orgânica diminui ao longo do processo de estabilização, uma vez que parte do carbono presente no material inicial passou para a atmosfera na forma de CO_2 , por meio da respiração dos microrganismos que degradam a matéria orgânica.

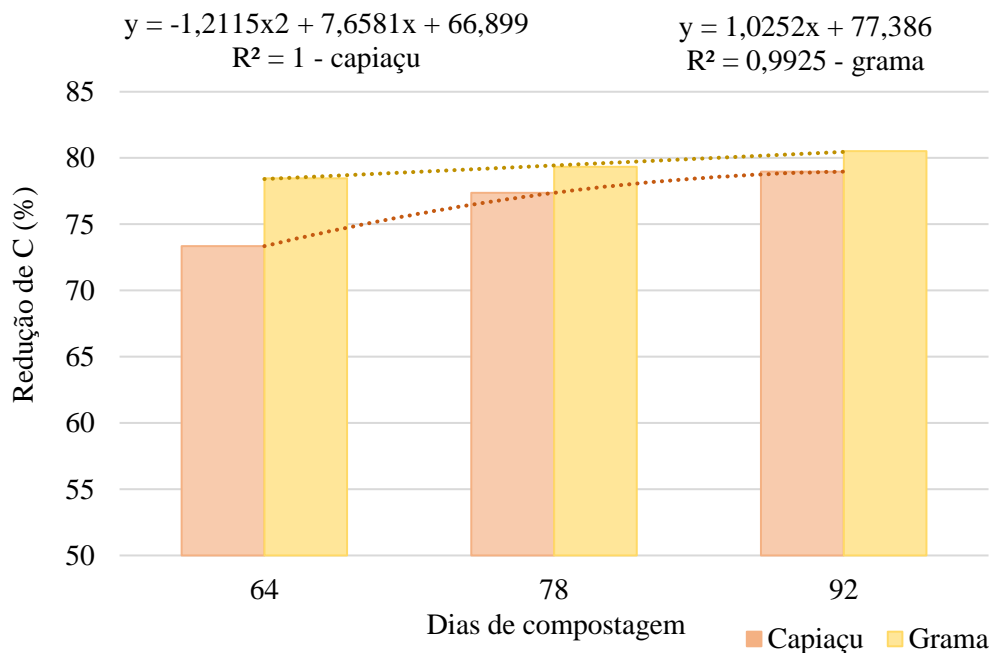


Figura 11. Reduções de carbono durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos

Pereira e Fiori (2020) explicam que o carbono pode apresentar influencia quanto a estação do ano e aeração. Em seu experimento que a aeração pode acelerar as degradações de carbono nas fases iniciais. A mineralização do material compostado e ligeira redução no percentual de matéria orgânica, atestando que o processo de humificação se concretizou.

Neste estudo, a quantidade de carbono para a grama, foi elevada, assim, o carbono vai sendo consumido e eliminado, enquanto o nitrogênio vai sendo reciclado, devido a morte de microorganismos, para que o processo entre na fase de estabilização, alongando o tempo de compostagem (COLARES, 2017).

Na Figura 12, observa-se as reduções de nitrogênio durante o processo de compostagem. Para o dia 64 a leira de Capiacu apresentou 76,15% e a Grama 71,22; no dia 78, as leiras apresentaram 76,95% e 74,59% para Capiacu e Grama, respectivamente. Por fim, no dia 92 o Capiacu apresentou valores de 83,95% enquanto a Grama apresentou 75,72%. As menores reduções observadas quando a grama foi utilizada como agente volumoso são de extrema importância, visto que o N é o nutriente demandado em maior quantidade para a adubação das culturas vegetais e a sua persistência durante o processo de compostagem é benéfica.

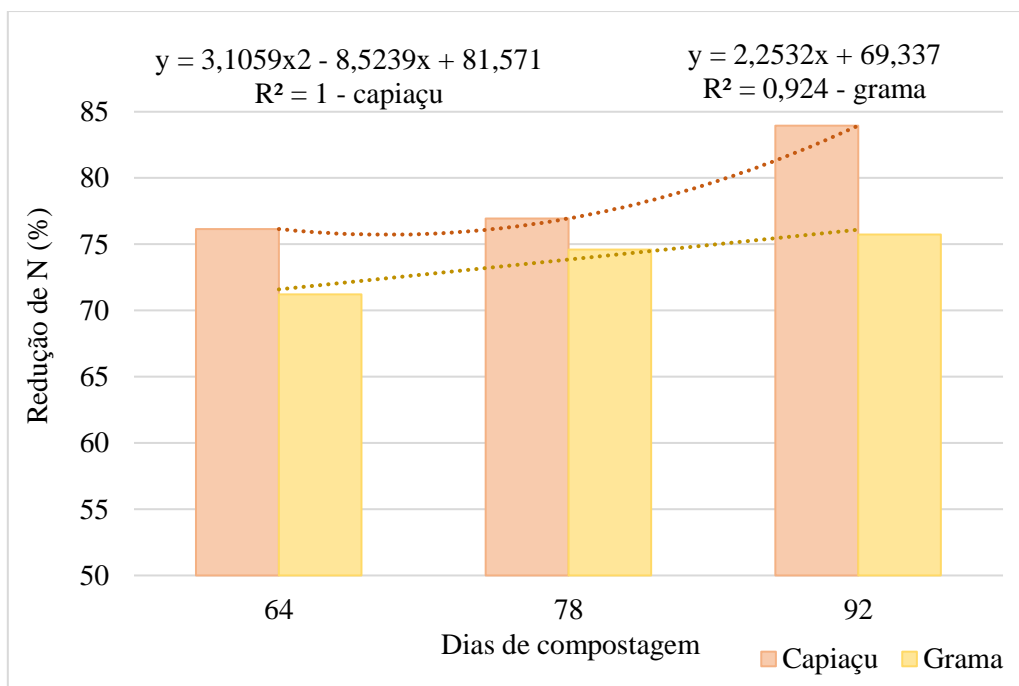


Figura 12. Reduções de nitrogênio durante o processo de compostagem de resíduos de filetagem de peixe utilizando-se dois agentes volumosos

De acordo com Ferreira (2016) a volatilização de amônia ou a redução de nitrogênio acontece com maior ênfase quando há temperaturas mais altas e também pela condição de pH, sendo que estes, na faixa alcalina pode elevar as perdas. Assim, Vilela (2019) afirma que o progresso da compostagem, quando o pH apresenta valores maiores, combinados com a faixa termofílica há a formação do íon amônio, que volatiliza como gás amônia e é perdido, principalmente com a aeração forçada.

De acordo com Ávila (2019) trabalhando com composteiras e a influência das estações do ano ressaltou que as perdas de nitrogênio durante o verão são maiores do que no inverno e que podem receber influência da aeração.

Durante o monitoramento da compostagem dos resíduos de filetagem, as médias de pH verificadas segundo os tempos de avaliação foram de 7,75; 7,88; 7,37 e 7,15 para as leiras que tinham o capiaçu como agente volumosos aos 50, 64, 78 e 92 dias de processo, enquanto que as leiras que possuíam a grama como agente volumoso apresentaram valores de 7,70; 8,23; 7,09 e 6,59 nos mesmos períodos de acompanhamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de compostagem dos resíduos de pescado pode ter sido influenciado pelo excesso de umidade, aeração e pelo ambiente e não alcançou temperaturas termofílicas adequadas. A grama apresentou maiores reduções dos constituintes fibrosos e menores reduções de N, o que indica que seu uso como agente volumoso na compostagem dos resíduos de filetagem do pescado é mais recomendado do que do Capiáçu. Estudos futuros devem ser conduzidos para melhor ajuste da umidade do processo associado ao uso de aditivos para a mitigação das perdas de N durante o processo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. C. et al. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.57-66, 2005.

ANDRADE, I. **Tratamento de Excretas Humanas e Resíduos Sólidos Orgânicos em Leiras de Compostagem Estáticas, Termofílicas e de Aeração Passiva**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. 98 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591: Compostagem**. Rio de Janeiro, 1996.

ARAÚJO, C. C. O. et al., Prospecção tecnológica para processos de compostagem de resíduos orgânicos. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 4, 2020, p. 1177-1187.

ÁVILA, M. R. **Influência da aeração e estações do ano a compostagem dos resíduos de abatedouro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2019, 31 f.

COLARES, L. G. T. et al. Compostagem de resíduos sólidos em reator: gestão de resíduos orgânicos gerados no restaurante universitário da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **In.:** 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. 2017.

CHAMBO, A. P. S. **Aproveitamento do resíduo de filetagem da tilapia do Nilo para produção de farinhas com potencial aplicação na alimentação humana**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá Maringá, 2018, 97 f.

FELTES, M. M. C. Alternatives for adding value for the fish processing wastes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 669–677, 2010.

FERREIRA, A. K. C. et al. Relação C:N na compostagem de resíduos sólidos biodegradáveis. **In.:** II Workshop de Manejo de Água de Qualidade Inferior, Mossoró, RN, 2016.

FIGLIOLA, M. et al. Método simplificado de compostagem para tratamento de cama de grango. **Revista AIDIS de Ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 13, n. 1, 2020, p. 20-32.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, 2012, p. 1503-1510.

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

LIMA, G. A. A. et al. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos como tema incentivador de educação ambiental. **Scientia Plena**, v. 12, n. 6, 2016.

MARCHI, C. M. D. F.; GONÇALVEZ, I. O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, E1, 2020.

NOGUCHI, H. S. **Processo de compostagem de resíduos sólidos em leira estática automatizada com aeração forçada**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2017, 130 f.

PAIVA, E. C. R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e leiras estáticas aeradas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2018, 164 f.

PEDROSA, T. D. et al., Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, v. 1, n. 1, 2013, p. 44-48.

PEDROSO, R. S. **Uso de compostagem na recuperação de resíduos de laticínios**. Dissertação (Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí). Urutaí, GO, 2019, 44 f.

PEREIRA, V. R.; FIORE, F. A. Fatores influenciadores da segregação de resíduos orgânicos na fonte geradora para a viabilização de sistemas de compostagem. **Eng Sanit Ambient**, v.27, n.4, 2022, p. 643-652.

PINTO, V. B. B. 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.

PIRES, I. C. G. FERRÃO, G. E. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, p.01-18, v. 9, n. 1, 2017.

SANES, F. S. M. et al. Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, 2015.

SOUZA, A. L. K. et al. Compostagem com aeração forçada como alternativa de aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria conserveira. **R. Bras. Agrociência**, v.16, n.1-4, p.69-75, jan-dez, 2010.

SOUZA, H. A. et al., Características físicas e microbiológicas de compostagem de resíduos animais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 71, n. 1, 2019, p 291-301.

SILVA, F. X. et al. Compostagem segura na utilização de resíduos de pescado com maravalha de pinus e casca de arroz. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 4, n. 2, 2018.

SILVA, M. J. Análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos necessários à qualidade de adubo orgânico oriundo de processo de compostagem realizado na Universidade Estadual da Paraíba, PB. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, jul. 2021.

PAIVA, E. C. R. et al. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.32, n.5, p.961-970, set./out. 2012.

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. 237-248.

VILELA, N. M. S. **Comparação dos métodos de compostagem por leiras estáticas aeradas e por reviramento no tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 2019, 93 f.

VILELA, D. M.; PIESANTI, J. L. Gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos da UFGDpor meio da compostagem. **Rev. Ciênc. Ext.**, v.11, n.3, p.28-39, 2015.

VITAL, A. F. M. et al. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos e produção de biofertilizante enriquecido. **Revista Saúde e Ciência Online**, v. 7, n. 2, 2018.

XU, Y. Biomodification of feedstock for quality-improved biochar: A green method to enhance the Cd sorption capacity of *Miscanthus lutarioriparius*-derived biochar. **Journal of Cleaner Production**, v. 350, n. March, p. 131241, 2022.