

COMPOSTAGEM SEGURA NA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PESCADO COM MARAVALHA DE PINUS E CASCA DE ARROZ

Flávia Xavier da Silva¹, Leandro Kanamaru Franco de Lima², Marconis de Lima Bessa¹, André Luis Gonçalves Sena¹, Silmara Sanae Sakamoto³

RESUMO:

A compostagem pode representar uma excelente alternativa para a gestão de resíduos provenientes do descarte de pescado. É possível estabilizar os componentes poluentes, inativar micro-organismos patogênicos e gerar um produto com características desejáveis para o uso agrícola. Neste estudo, objetivou-se avaliar a compostagem de resíduos de pescado com maravalha de pinus (grupo TM) e casca de arroz (grupo TA) e analisar a eficiência da técnica para a redução e eliminação de micro-organismos patogênicos (*Escherichia coli* e *Salmonella* spp.). Foi utilizada uma proporção de três partes de material vegetal seco para uma parte de resíduo de pescado. O estudo foi conduzido por 60 dias com acompanhamento diário das temperaturas no interior das composteiras. Amostras para análises microbiológicas foram retiradas no início e no final do período de compostagem. Os resultados demonstraram que as maiores temperaturas registradas foram de $48 \pm 2,2^\circ\text{C}$, no grupo TA, e $43 \pm 3,3^\circ\text{C}$, no grupo TM. Não foi encontrada *Salmonella* spp. em nenhuma das análises realizadas. O processo foi capaz de reduzir a população de *E. coli* no composto final. Devido a ausência de fase termofílica plena nas fases iniciais da compostagem, o trabalho concluiu que será necessário se utilizar maiores proporções de resíduo de pescado. Por outro lado, a ausência de micro-organismos patogênicos garantiu a segurança do produto final.

Palavras-chave: adubo, micro-organismo, peixe, *Salmonella*, temperatura.

SAFE COMPOSTING IN THE USE OF FISH WASTE WITH WOOD SHAVINGS AND RICE HUSK

ABSTRACT:

Composting represents an excellent alternative for the management of fish waste. It is possible to stabilize the polluting components, inactivate pathogenic microorganisms and to generate a product with characteristics for proper agricultural use. The objective of this study was to evaluate the composting of fish residues with wood shavings (TM group) and rice husk (TA group). The study also analyzed the efficiency of the technique for the reduction and elimination of pathogenic microorganisms (*Escherichia coli* and *Salmonella* spp.). A ratio of three parts of wood shavings to one part of fish residue was used. The study was conducted for 60 days with daily monitoring of the temperatures inside the composts. Samples were taken at the beginning and at the end of the composting period for microbiological analyzes. The results showed that the highest temperatures recorded were $48 \pm 2.2^\circ\text{C}$ in the TA group and $43 \pm 3.3^\circ\text{C}$ in the TM group. No *Salmonella* spp. was found in performed analysis. The process was able to reduce the *E. coli* population in the final product. The study concluded that larger proportions of fish residues will be needed for further studies using the same technique. This

¹ Estudantes do Curso de Zootecnia, Faculdade Católica do Tocantins – FACTO, Rodovia TO 050, Lote 07, Loteamento Coqueirinho, CEP: 77000-000, Palmas (TO), Brasil. flavia.fxs@gmail.com; marconislimabessa@gmail.com; andregenna@gmail.com

² Médico Veterinário, Dsc., Pesquisador, Embrapa Pesca e Aquicultura, Prolongamento da Avenida NS 10, cruzamento com a Avenida LO 18, Loteamento Água Fria, CEP: 77008-900, Palmas (TO), Brasil. leandro.kanamaru@embrapa.br (Corresponding author)

³ Médica Veterinária, Dsc., Professora dos Cursos de Zootecnia e Medicina Veterinária, Faculdade Católica do Tocantins – FACTO, Rodovia TO 050, Lote 07, Loteamento Coqueirinho, CEP: 77000-000, Palmas (TO), Brasil. silmara.lima@catolica-to.edu.br

is due to the absence of a full thermophilic phase in the initial stages of composting. However, the absence of pathogenic microorganisms ensured the safety of the final product.

Keywords: fertilizer, fish, microorganism, *Salmonella*, temperature.

INTRODUÇÃO

A compostagem é um processo biológico, aeróbico e controlado de transformação de resíduos orgânicos em substâncias húmicas mediada por micro-organismos benéficos, tais como fungos e bactérias (Kubitza e Campos, 2006; Inácio e Miller, 2009; Lima, 2013). A técnica, quando corretamente desenvolvida, oferece ótimas condições para se obter a rápida estabilização dos componentes poluentes. Este processo gera um fertilizante natural, livre de bactérias patogênicas, vírus e parasitas (Kiehl, 1998; Paiva, 2006).

O processo de compostagem envolve a participação de quatro elementos básicos: fonte de carbono, material fermentativo, umidade e oxigênio (Kiehl, 1998; Inácio e Miller, 2009). Peixes mortos ou descartados da produção aquícola assim como resíduos sólidos provenientes das etapas do beneficiamento industrial de pescado podem ser utilizados como material fermentativo para processos de compostagem. Laos et al. (2002), por exemplo, estudaram a decomposição de carcaças de peixes na compostagem utilizando uma relação aproximada de 66% de material vegetal seco e 34% de resíduos de frigorífico. Similarmente, López-Mosquera et al. (2011) avaliaram a compostagem de resíduos do processamento industrial de pescado marinho utilizando uma mistura de casca de pinheiro e alga marinhas secas como fonte de carbono. Já Liao et al. (1994, 1995, 1997) analisaram o processo de compostagem de vísceras de peixes por meio do monitoramento da umidade. Eles avaliaram o pH e a temperatura interna das unidades experimentais durante 60 dias de compostagem. De acordo com esses autores, o processo possibilitou a rápida estabilização do material poluente e gerou um fertilizante com características físico-químicas desejáveis para utilização agrícola. Outro aspecto relevante foi apontado por Sousa et al. (2016) quando, ao analisarem um composto orgânico de resíduos de peixes, reportaram maior produtividade no cultivo de plantas leguminosas com o uso do produto da compostagem.

A tecnologia para a realização da compostagem não exige altos investimentos. Entretanto, existem poucas informações para os produtores e empresários sobre a decomposição dos resíduos orgânicos provenientes da piscicultura e de unidades de beneficiamento de pescado com a utilização de diferentes fontes de carbono. No que diz respeito aos procedimentos necessários para garantir a obtenção de um adubo orgânico seguro, é importante que o produto final da compostagem esteja livre de micro-organismos patogênicos. Principalmente, quando forem utilizados resíduos animais que contenham conteúdo gastrointestinal (Costa et al., 2006) ou lodos de tratamento de esgotos municipais (Hassen et al., 2001). Pois, a utilização desse composto orgânico em hortaliças comunitárias, por exemplo, pode trazer sérios problemas de saúde para os consumidores, se não desenvolvido corretamente. Essa preocupação tem sido verificada por Costa et al. (2006) durante a utilização de aves mortas no processo de compostagem. Os autores apontaram a necessidade de acompanhar a evolução da temperatura no interior das leiras para garantir a eliminação de bactérias patogênicas e a mineralização da matéria orgânica poluente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de compostagem de resíduos de pescado utilizando duas fontes de carbono e analisar a presença de micro-organismos patogênicos no composto orgânico produzido após 60 dias.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campus experimental de Zootecnia da Faculdade Católica do Tocantins (FACTO), localizada no município de Palmas, TO, entre os meses de setembro e dezembro de 2017. A classificação do clima local é do tipo Aw, segundo Köppen e Geiger, com precipitação pluviométrica anual média de 1.760 mm e temperatura de 26,7°C.

A compostagem foi desenvolvida em caixas de madeira com dimensões de 1,0 m x 0,6 m x 0,8 m (comprimento x

largura x altura). As composteiras foram dispostas em um local plano e arejado, com drenagem suficiente para evitar o acúmulo de água da chuva e lixiviação de nutrientes. Todas as caixas foram cobertas, individualmente, com telhas onduladas de fibrocimento para proteção da chuva e de possíveis animais silvestres.

O experimento considerou os seguintes resíduos de peixes: carcaças, peles, cabeças, vísceras e aparas da filetagem de diferentes espécies utilizadas para comercialização no município de Palmas/TO.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, compreendendo dois tratamentos com quatro repetições cada, representados pelas caixas de compostagem. Os tratamentos foram resíduos de pescado com maravalha de pinus (*Pinus* sp.) (TM) e resíduos de pescado com casca de arroz (*Oryza sativa*) (TA). No TM, foram misturados 3,2 kg de resíduo de peixe com 12 kg de maravalha (proporção de 4:1). No TA, a mesma quantidade de resíduo de peixe foi misturada com 9 kg de casca de arroz em cada caixa (proporção de 3:1). Todo material contido nas caixas, proveniente de cada tratamento TM e TA, foi pesado no início e no final do experimento. Isso foi necessário para conhecimento das perdas durante o período de compostagem.

A disposição do material orgânico em cada caixa foi organizada em três camadas. Primeiramente, utilizou-se uma camada de 0,15 m de resíduo vegetal, seguida por uma camada de resíduo de pescado e finalizando com uma terceira camada do mesmo resíduo vegetal (0,15 m) para o recobrimento. O arranjo dos resíduos no interior das caixas foi suficiente para impedir a exposição de componentes do pescado. No início do experimento, foi adicionada uma quantidade de água na proporção de 20% (v/v), repetida durante as semanas seguintes sempre quando observada baixa umidade relativa do ar (inferior a 35%).

Após a mistura, em cada unidade experimental, realizou-se o acompanhamento da temperatura no interior das composteiras por meio de um termômetro digital portátil (Instrutherm® TH1300). O registro destes dados foram realizados diariamente, seis vezes por semana, no período da tarde. O revolvimento do material foi feito a cada três dias para possibilitar maior aeração no processo. Também foi instalado no local das composteiras um termohigrômetro (Simpla TH02) para acompanhamento diário da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar. O pH do composto orgânico foi determinado no início e no final do processo por meio de phmetro digital portátil (Hanna® Phmeter digital).

As análises microbiológicas foram realizadas no início e no final do processo de compostagem. Para isso foram utilizadas placas 3M™ Petrifilm™ para contagem de co-

liformes e *E. coli* e também para verificar a presença de *Salmonella* spp. Uma amostra, por período de avaliação, foi retirada de cada unidade experimental e encaminhada para o laboratório. Para a análise da presença de *Salmonella* spp., 25 g de material foi diluído com 225 ml do caldo de enriquecimento (3M™ Salmonella Enrichment Supplement), conforme a metodologia descrita pelo fabricante. As leituras das placas (3M™ Petrifilm™ SALX Plate) foram realizadas antes e após a utilização do disco confirmativo (3M™ Petrifilm™ SALX Confirmation Disk). Isso foi feito sempre que observada colônias supeitas da presença da bactéria. Para as análises de coliformes, foram diluídos 10 g de material da compostagem em frascos contendo 90 ml de água peptonada tamponada a 0,1%. Na sequência, foram realizadas diluições seriadas até o valor de 10^{-3} . Para o plaqueamento, foi transferido 1 ml de cada um dos tubos de diluição para as placas (3M™ Petrifilm™ EC), conforme metodologia descrita pelo fabricante. Para todos os tratamentos, foram realizados plaqueamentos em duplicata.

Os dados de temperatura foram submetidos à análise de regressão polinomial e os valores percentuais de redução da matéria orgânica compostável foram submetidos à análise de variância. Para isso, utilizou-se o software GraphPad InStat versão 3.06 para Windows (GraphPad Software, San Diego California, USA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5% (Vieira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compostagem foi iniciada em 15 de setembro de 2017 e finalizada em 13 de dezembro de 2017. Neste período, a temperatura média do ambiente foi de $30,8 \pm 3,1^\circ\text{C}$ e a umidade média relativa do ar foi de $47,3 \pm 18,7\%$. O mês de setembro foi considerado o mais quente com temperatura média de $31,9 \pm 3,2^\circ\text{C}$, dado obtido do termohigrômetro no local de experimentação.

As Figuras 1 e 2 apresentam a evolução da temperatura média obtida no interior do material das composteiras dos grupos TM e TA, respectivamente, e a sua relação com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar. O resultados mostraram que, após 48 horas do início da compostagem, as temperaturas aumentaram de $17,8 \pm 3,4^\circ\text{C}$ para $40,8 \pm 3,1^\circ\text{C}$ no TM e de $22,25 \pm 3,8^\circ\text{C}$ para $41,3 \pm 1,9^\circ\text{C}$ no TA. Ficou demonstrada evidências da reação exotérmica inicial de decomposição das substâncias orgânicas misturadas. Na sequência, as maiores temperaturas registradas durante todo o estudo foram de $48 \pm 2,2^\circ\text{C}$, no dia 20 de setembro de 2017, para o grupo TA, e $43 \pm 3,3^\circ\text{C}$, no dia 25 de setembro de 2017, para o grupo TM.

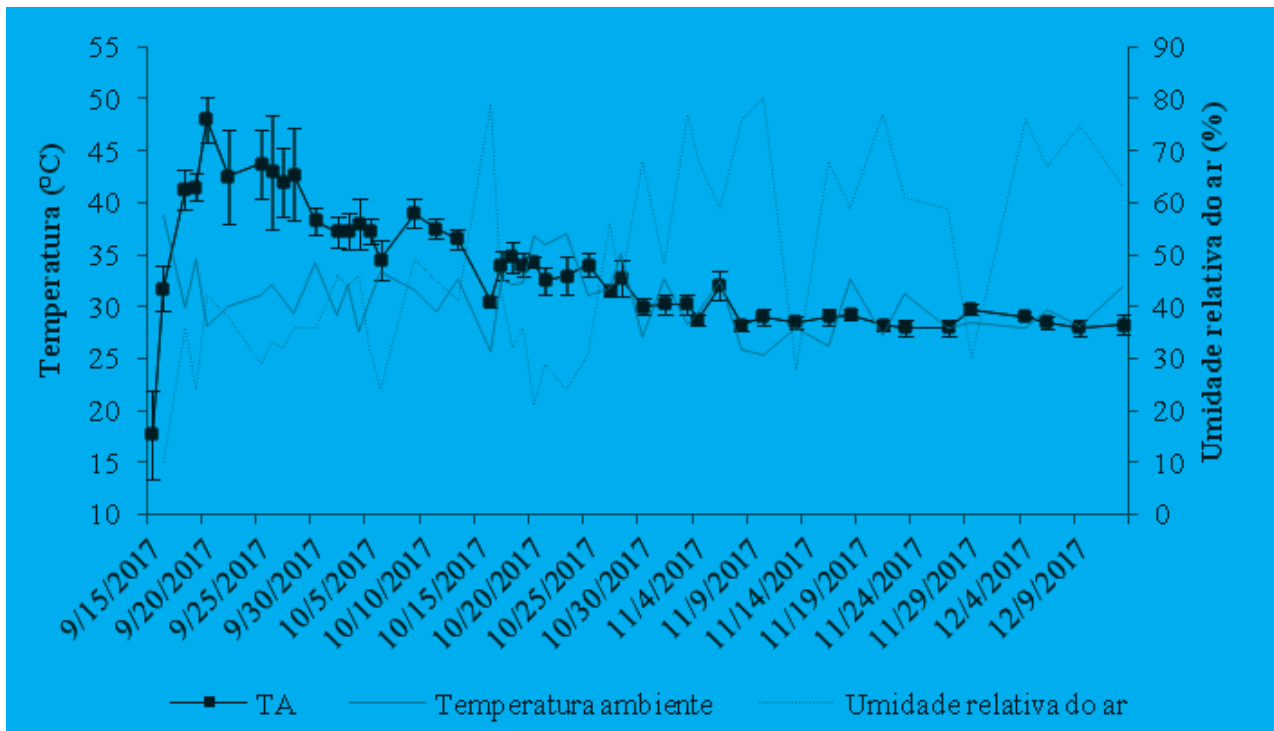


Figura 1. Evolução da temperatura média registrada no interior das unidades experimentais no TM e sua relação com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

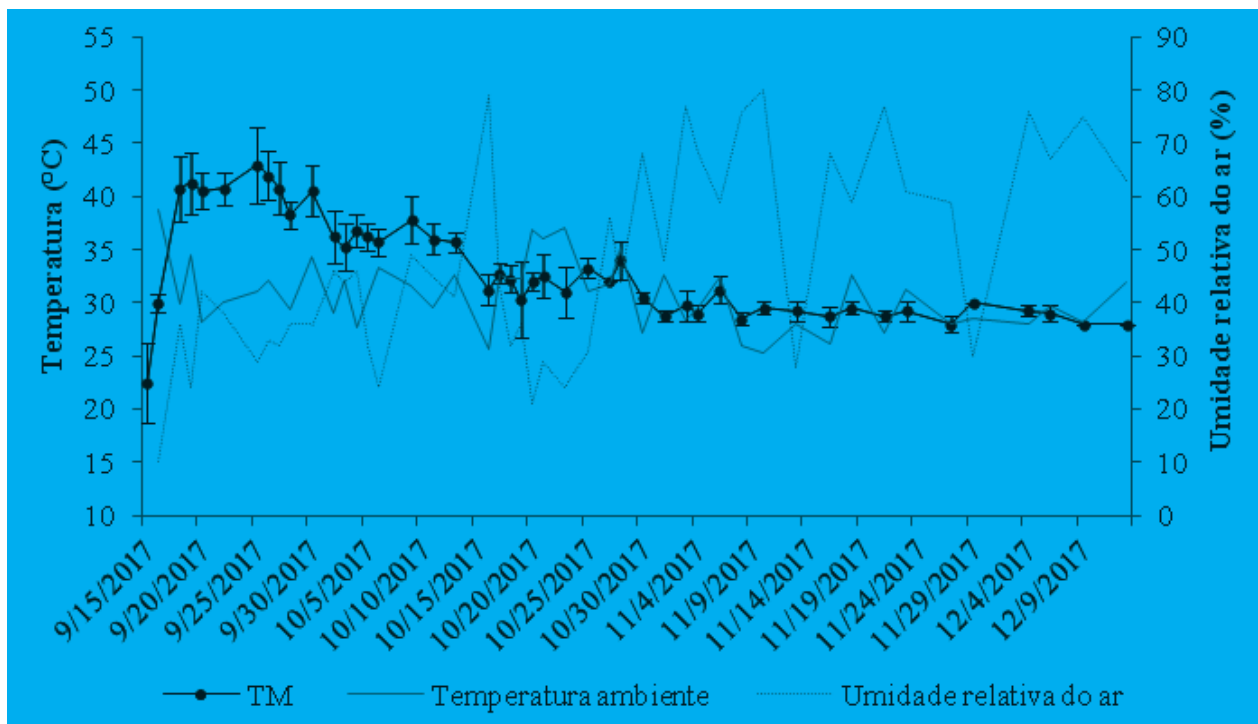


Figura 2. Evolução da temperatura média registrada no interior das unidades experimentais no TA e sua relação com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

Aguns autores (Bernal et al. 2009, Inacio e Miller 2009 e Onwosi et al. 2017), têm apontado que bactérias e fungos mesófilos são dominantes nas fases iniciais da compostagem quando as temperaturas ainda estão relativamente baixas (entre 25°C e 45°C). Nesse período, os micro-organismos consomem o oxigênio disponível para obter energia a partir do carbono presente no substrato orgânico. Consequentemente, ocorre a liberação de CO₂ e o calor eleva rapidamente a temperatura no interior da composteira. A partir desse ponto, passam a atuar grupos microbianos termófilos que elevam as temperaturas para uma faixa entre 50°C e 65°C. Essa condição é considerada a mais adequada para

a decomposição acelerada do material. Por outro lado, esse aumento de temperatura é uma consequência da retenção do calor no interior do material orgânico compostável. Os resultados obtidos neste estudo, demonstraram um aquecimento inferior ao limite mínimo desejado de temperatura para atingir a fase termofílica em ambos os tratamentos. Consequentemente, houve predominância de micro-organismos mesófilos, principalmente, pela reduzida capacidade de auto-aquecimento do material. Essa constatação foi observada pela tendência quadrática de queda dos valores médios de temperaturas dos grupos TA (R² = 0,7865) e TM (R² = 0,7542) ao longo do tempo (Figura 3).

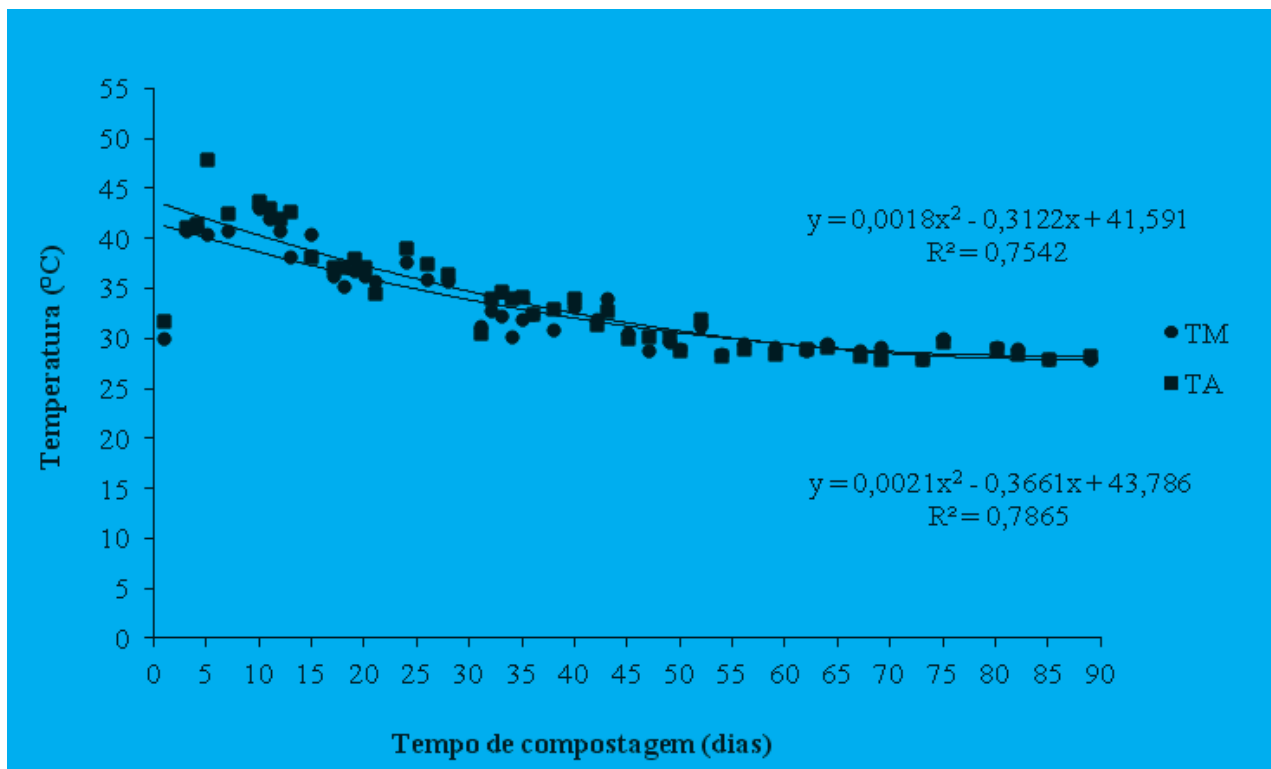


Figura 3. Análise de regressão das temperaturas médias do processo de compostagem realizado com maravalha (TM) e casca de arroz (TA) com o tempo de duração da compostagem.

As variações de temperatura ao longo da compostagem são determinadas pelas diferenças obtidas entre o calor gerado pelas atividades microbianas termófilas e mesófilas e as suas perdas no material compostável (Ahn et al., 2007). Com isso, o tipo de resíduo utilizado para a compostagem pode influenciar no balanço térmico por meio de suas características próprias de aquecimento e retenção de calor (Klamer

e Baath, 1998; Ahn et al., 2009). Igualmente, a quantidade de revolvimentos para a aeração na composteira, também ocasiona perdas de calor para o ambiente. Isso leva a uma redução na capacidade de aquecimento do material, principalmente, quando são utilizadas pequenas quantidades de resíduos para a compostagem com maior relação superfície/volume (Vandergheynst e Lei, 2003; Inacio e Miller, 2009).

Os resultados apresentaram baixa atividade termofílica na compostagem dos resíduos de pescado (Figura 1 e 2). É possível que as fontes de carbono utilizadas em todos os tratamentos tenham contribuído para este resultado.

As características do material utilizado e das condições desenvolvidas neste estudo dificultaram a manutenção das altas temperaturas nos grupos TA e TM. Resultando, consequentemente, na decomposição realizada apenas pelos micro-organismos mesófilos. Essa mesma condição foi observada por Valente *et al.* (2014) ao realizarem uma compostagem de resíduos de pescado com a maravalha de pinus durante 90 dias. Segundo os autores, a alta relação carbono e nitrogênio (C/N próximo de 191/1) e a presença de componentes de difícil degradação (celulose e lignina) na fonte de carbono utilizada, restringiram o desenvolvimento da microflora bacteriana termofílica. Por esse motivo, o estudo sugere aumentar a quantidade de resíduos de pescado na mistura. Este aumento melhorará o processo a partir do desenvolvimento de uma fase termofílica para a maturação desejável dos resíduos compostados.

A compostagem de resíduos de pescado com casca de arroz, em concentrações próximas das utilizadas neste estudo, também foi avaliada por Valente *et al.* (2016). Os resultados demonstraram inatividade de micro-organismos termofílicos pelas baixas temperaturas (inferior a 40°C) obtidas durante o período de compostagem. Dessa forma, foi reportado que o aquecimento das composteiras dependiam da atividade microbiana termofílica. Pelas condições desenvolvidas no estudo, ficou demonstrada a dificuldade de retenção de calor no interior dos resíduos de pescado misturados com a casca de arroz.

Uma importante característica de resíduos como a casca de arroz é a presença de sílica revestindo o material. Além disso, o resíduo possui baixo carbono solúvel em água e elevado percentual de celulose, hemicelulose e lignina. A sílica reduz a capacidade de retenção de água e limita a atividade microbiana termofílica. Pouca variação de temperatura na composteira foi igualmente observada em estudos

que realizaram o processo de compostagem com diferentes tipos de resíduos orgânicos agroindustriais (Leconte *et al.*, 2009; Caldeira *et al.*, 2012; Carmona *et al.*, 2013). Sanes *et al.* (2015), por outro lado, obtiveram altas temperaturas na compostagem, porém, foram utilizadas proporções inversas as utilizadas nesses estudos. Os autores misturaram, para cada parte de casca de arroz, três partes de resíduos de pescado (primeiro tratamento) e partes iguais de casca de arroz e resíduos de pescado (segundo tratamento). Além do mais, foram realizados poucos revolvimentos do material durante o período de compostagem. Embora tenham sido reportadas temperaturas dentro da faixa desejada para a atividade microbiana termofílica, os autores relataram interrupção do aquecimento do material. Isso foi justificado pelas características desfavoráveis da casca de arroz para manutenção do calor no interior das composteiras.

Os valores médios obtidos de redução da matéria orgânica, em peso de material compostável, foi de 31,9±7,2% para o grupo TM e 44,4±5,4% para o grupo TA (Tabela 1). Esses valores foram obtidos durante o período de avaliação. Os dados demonstraram maior redução de volume no grupo que utilizou a casca de arroz como fonte de carbono ($p < 0,05$). Esse valor se mostrou superior aos encontrados por Sanes *et al.* (2015) com o mesmo tipo de resíduo vegetal seco. De acordo com Zhang e He (2006) existem diferentes fatores que podem estar relacionados com a oxidação da matéria orgânica mesmo com reduzida atividade microbiana termofílica. Campbell (1999) demonstrou reduções de 20 a 40 % dos sólidos na composteira quando o carbono disponível é consumido, culminando, posteriormente, no aquecimento do material. Este estudo evidenciou resíduos de peixe secos e sem decomposição no produto final da compostagem no grupo TA. Diferentemente, no grupo TM, o produto final apresentou uma característica mais úmida e escura, com poucos resíduos de pescado íntegros. É mais provável, portanto, que ocorreram perdas de material no grupo de casca de arroz durante os revolvimentos e que a umidade retida na maravalha tenha influenciado os percentuais observados na Tabela 1.

Tabela 1. Perdas de material durante a compostagem dos resíduos de pescado com maravalha de pinus (TM) e casca de arroz (TA)

Tratamento	Pesagem dos resíduos no início da compostagem	Pesagem dos resíduos após a compostagem	Redução da matéria orgânica*(%)
	(kg)	(kg)	
TM 001	16	10,4	35
TM 002	16	10	37,5
TM 003	16	10,6	33,8
TM 004	16	12,6	21,3
Média TM	-	-	31,9±7,3 ^b
TA 001	12,5	7,8	37,6
TA 002	12,5	7,2	42,4
TA 003	12,5	6,4	48,8
TA 004	12,5	6,4	48,8
Média TA	-	-	44,4±5,4 ^a

* Média e desvio padrão seguido por letras diferentes para os valores de TM e TA indicam diferença significativa, ao teste comparativo de média, considerando nível de 5% de confiança.

Para que ocorra a transformação dos resíduos em adubo orgânico na compostagem em um menor intervalo de tempo, é recomendável combinar resíduos com maior quantidade de nutrientes. Neste aspecto, a alta relação de carbono e nitrogênio na mistura dificultaram a compostagem. Valente et al. (2014) encontraram uma relação de carbono e nitrogênio de $191 \pm 0,9$ na maravalha de pinus e $4,5 \pm 1,1$ nos resíduos de pescado, respectivamente. Em outro estudo, Valente et al. (2016) determinaram a relação de carbono e nitrogênio da casca de arroz e dos resíduos de pescado marinho, sendo reportados valores de $74,7 \pm 0,9$ e $5,6 \pm 0,1$, respectivamente. Para ambas as compostagens, o tempo utilizado não foi suficiente para obter um adubo orgânico desejável, semelhante ao dos grupos TA e TM desse estudo que utilizou condições similares para o delineamento experimental. Em geral,

elevados valores de relação carbono e nitrogênio indicam ausência de nitrogênio para o desenvolvimento dos micro-organismos. Consequentemente, isso implica em uma possível redução na velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos (Zhu, 2007; Valente et al., 2014; 2016).

Os resultados das análises microbiológicas nos grupos TM e TA para coliformes totais demonstraram uma grande quantidade de micro-organismos presentes no material impossibilitando sua contagem, nas diluições utilizadas. Isso ocorreu em todas as unidades experimentais, no início e no final do experimento (Tabela 2). A presença de *E. coli* foi observada, principalmente, na etapa inicial da composteira para ambos os tratamentos. Por outro lado, não foi encontrada presença de *Salmonella* spp. em nenhuma das análises realizadas.

Tabela 2. Resultados das análises microbiológicas realizadas nas composteiras no início e no final do período de compostagem dos resíduos de pescado com maravalha e casca de arroz

Tratamento	Início da compostagem*			Final da compostagem		
	CT ⁽¹⁾	EC ⁽²⁾	SA ⁽³⁾	CT	EC	SA
TM 001	7,2 x 10 ³	2,0 x 10 ²	Ausente	INC	ND	Ausente
TM 002	INC	1,0 x 10 ²	Ausente	INC	1,0 x 10 ²	Ausente
TM 003	INC	1,0 x 10 ²	Ausente	INC	1,0 x 10 ²	Ausente
TM 004	2,8 x 10 ³	ND	Ausente	INC	ND	Ausente
TA 001	INC	1,7 x 10 ³	Ausente	INC	ND	Ausente
TA 002	INC	2,0 x 10 ²	Ausente	INC	ND	Ausente
TA 003	INC	3,4 x 10 ³	Ausente	INC	ND	Ausente
TA 004	INC	2,5 x 10 ²	Ausente	INC	ND	Ausente

*Início da compostagem corresponde a análise realizada com amostras colhidas após cinco dias do início do estudo (20 de setembro de 2017). ⁽¹⁾ Coliformes totais (UFC.g⁻¹).

⁽²⁾ *Escherichia coli* (UFC.g⁻¹). ⁽³⁾ *Salmonella* spp. (ausência em 25g).

Soto et al. (2017) avaliaram a população de coliformes totais em um sistema de compostagem de resíduos sólidos de hortaliças com serragem e capim seco como fonte de carbono. De acordo com o estudo, não foi encontrada redução desses micro-organismos durante o período de avaliação. Além disso, de forma similar, os autores não relataram aumento de temperatura durante o processo de compostagem inexistindo uma fase termofílica clara, semelhante aos dados dos grupos TA e TM deste estudo.

A Resolução nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, (Brasil, 2006) estabelece um limite de 10³ UFC g⁻¹ como critério microbiológico para *E. coli* e ausência de *Salmonella* spp. em 10 g de amostra retirada do composto maturado procedente de lodos de esgotos. Embora este não seja o material utilizado como fonte de nitrogênio para a compostagem nos grupos TA e TM, os resultados encontrados no composto final produzido demonstraram atender aos limites legais estabelecidos para uso agrônomico.

Outros estudos também descreveram a eficiência do processo de compostagem com carcaças de animais para a redução de coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp. em níveis compatíveis com a legislação (Sanchuki et al., 2011; Paiva et al., 2012). As razões para que isso ocorra pode estar associada à dificuldade de crescimento das bactérias patogênicas em ambientes com intensa atividade microbiana termofílica no interior do composto orgânico (Kiehl, 1998). Além disso, a competição entre os micro-organismos e a escassez de nutrientes pela exaustão das

fontes de energia, na forma de carbono, disponível nos resíduos durante a compostagem limita o desenvolvimento de bactérias patogênicas (Puri e Dudley, 2010; Heck et al., 2013).

CONCLUSÃO

Ficou comprovado neste estudo que a ausência de micro-organismos patogênicos não foi resultado de altas temperaturas desejáveis nas etapas iniciais de uma compostagem, mas sim da possível escassez de fatores favoráveis ao desenvolvimento tanto de bactérias termófilas como patogênicas.

A compostagem realizada com resíduos de pescado, utilizando como fonte de carbono a maravalha de pinus e a casca de arroz, se mostrou ineficiente para desenvolver uma fase termofílica plena. As características das misturas utilizadas não mantiveram o aquecimento no interior das composteiras experimentais. Por outro lado, as avaliações microbiológicas realizadas demonstraram ausência de *Salmonella* spp. no composto final após 60 dias de experimento. A *E. coli* também foi reduzida, em ambos os tratamentos, a níveis aceitáveis para garantir sua segurança durante uma possível utilização agrônomico.

Pesquisas futuras devem considerar um aumento na relação entre resíduos de pescado misturados com as fontes de carbono, como avaliadas neste estudo. De forma a obterem um produto final com melhores condições de utilização agrícola.

REFERÊNCIAS

- Ahn, H.K.; Saver, T.J.; Richard, T.L. & Glanville, T.D. (2009). Determination of thermal properties of composting bulking materials. **Bioresource Technology** 100(17): 3974-3981. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.056>
- Ahn, H.K.; Richard, T.L. & Choi, H.L. (2007). Mass and thermal balance during composting of a poultry manure - Wood shavings mixture at different aeration rates. **Process Biochemistry** 42(2): 215-223. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.08.005>
- Bernal, M.P.; Alburquerque, J.A. & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology** 100(22): 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Brasil. (2006). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 375 de 29 de agosto de 2006**. Dispõe sobre critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2018.
- Caldeira, M.V.W.; Harbs, R.M.P.; Tavares, L.B.B.; Sperandio, V. & Pilon, L.C. (2012). Maturidade de composto orgânico de resíduos do abatedouro de frangos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** 7(2): 149-155.
- Campbell, S. (1999). **Manual de compostagem para hortas e jardins: como aproveitar bem o lixo orgânico e doméstico**. São Paulo: Nobel, 149p.
- Carmona, V.B.; Oliveira, R.M.; Silva, W.T.L.; Mattoso, L.H.C. & Marconcini, J.M. (2013). Nanosilica from rice husk: extraction and characterization. **Industrial Crops and Products** 43: 291-296. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.050>
- Costa, M.S.S.M.; Costa, L.A.M.; Pelá, A.; Silva, C.J.; Decarli, L.D. & Matter, U. F. (2006). Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaça de aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 10(3): 692-698. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300023>.
- Hassen, A.; Belguith, K.; Jedidi, N.; Cherif, A.; Cherif, M. & Boudabous, A. (2001). Microbial characterization during composting of municipal solid waste. **Bioresource Technology** 80(3): 217-25. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00065-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00065-7)
- Heck, K.; De Marco, E.G.; Hahn, A.B.B.; Kluge, M.; Spilki, F.R. & Van Der Sand, S.T. (2013). Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 17(1): 54-59. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100008>
- Inácio, C.T. & Miller, P.R.M. (2009). **Compostagem - Ciência prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Empra Solos. 156p.
- Kiehl E.J. (1998). **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Esalq, 1998. 171p.
- Klamer, M. & Baath, E. (1998) Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. **Microbiology Ecology** 27(1): 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(98\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(98)00051-8)
- Kubitza, F. & Campos, J.L. (2006). O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Revista Panorama da Aquicultura** 16(94): 23-29.
- Laos, F.; Mazzarino, M.J.; Walter I.; Roselli, I.; Satti, P. & Moyano, S. (2002). Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. **Bioresource technology** 81(3): 179-186. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00150-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00150-X)
- Leconte, M.C.; Mazzarino, M.J.; Satti, P.; Iglesias, M.C. & Laos, F. (2009). Co-composting rice hulls and/or sawdust with poultry manure in NE Argentina. **Waste Management** 29(9): 2446-2453. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.006>
- Liao, P.H.; Jones, L.; Lau, A.K.; Walkemeyer, S.; Egan, B. & Holbek, N. (1997). Composting of fish wastes in a full-scale invessel system. **Bioresource technology** 59(2-3): 163-168. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00153-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00153-8)
- Liao, P.H.; May, A.C.; Chieng, S.T. (1995). Monitoring process efficiency of a full-scale in-vessel system for composting fisheries wastes. **Bioresource technology** 54(2): 159-163. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00123-9](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00123-9)
- Liao, P.H.; Vizcarra, A.T.; LO, K.V. (1994). Composting of salmon farm mortalities, **Bioresource technology** 47(1): 67-71.
- Lima, L.K.F. (2013). **Reaproveitamento de resíduos sólidos na cadeia agroindustrial do pescado**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura. 28p.
- López-Mosquera, M.E.; Fernández-Lema, E.; Villaresa, R.; Corral, R.; Alonso, B. & Blanco, C. (2011). Composting fish waste and seaweed to produce a fertilizer for use in organic agriculture. **Procedia Environmental Sciences** 9: 113 – 117. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.11.018>
- Onwosi, C.O.; Igbokwe, V.C.; Odimba, J.N.; Eke, I.E.; Nwankwoala, M.O.; Iroh, I.N. & Ezeogu, L.I. (2017).

- Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environmental Management** 190(1): 140-157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>
- Paiva, D.P. (2006). **Cartilha de compostagem de carcaças e resíduos das criações na propriedade rural**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 35p.
- Paiva, E.C.R.; Matos, A.T.; Azevedo, M.A.; Barros, R.T.P. & Costa, T.D.R. (2012). Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal** 32(5): 961-970. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000500015>.
- Puri, A. & Dudley, E.G. (2010). Influence of indigenous eukaryotic microbial communities on the reduction of *Escherichia coli* O157:H7 in compost slurry. **FEMS Microbiology Letters** 313(2): 148-154. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2010.02141.x>
- Sanchuki, C.E.; Soccol, C.R.; Carvalho, J.C.; Soccol, V.T.; Nascimento, C.; Woiciechowski, A.L. (2011). Evaluation of poultry litter traditional composting process. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 54(5): 1053-1058. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132011000500024>
- Sanes, F.S.M.; Strassburguer, A.S.; Araújo, F.B. & Medeiros, C.A.B. (2015). Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias** 36(3): 1241-1252. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1241>
- Soto, F.R.M; Moura, S.L.; Nóbrega, L.P. & Azevedo, S.S. (2017). Pesquisa de coliformes em compostagem de resíduos de hortaliças com a utilização de diferentes substratos. **Revista Agrogeoambiental** 9(2): 119-128. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017951>
- Sousa, W.L.; Teófilo, E.M.; Freitas, J.B.S; Oliveira, A.L.T.; Sousa, P.Z.S. & Sales, R.O. (2016). Aplicação do composto orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L) walp.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** 10(2): 252-270. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20160022>
- Valente, B.S.; Xavier, E.G.; Pereira, H.S. & Pilotto, M.V.T. (2014). Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto de Pesca** 40(1): 95-103.
- Valente, B.S.; Xavier, E.G.; Pereira, H.S. & Pilotto, M.V.T. (2016). Compostagem de resíduos da filetagem de pescado marinho e casca de arroz. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal** 17(2): 237-248. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402016000200011>
- Vandergheynst, J.S. & Lei, F. (2003). Microbial community structure dynamics during aerated and mixed composting. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 46(2): 577-584. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.12912>
- Vieira, S. (2011). **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Elsevier. 345p.
- Zhang, Y. & He, Y. (2006). Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology** 97(16): 2024-2031. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.004>
- Zhu, N. (2007). Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology** 98(1): 09-13. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.12.003>