

COMPOSTAGEM NA GESTÃO DE RESÍDUOS DE PESCADO DE ÁGUA DOCE

Beatriz Simões VALENTE¹; Eduardo Gonçalves XAVIER²; Heron da Silva PEREIRA³; Marcus Vinícius Tabeleão PILOTTO⁴

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a contribuição da compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. O tratamento consistiu de dois estágios, onde o primeiro foi realizado em uma estrutura denominada de composteira de alvenaria e o segundo compreendeu a formação da pilha. Foi utilizada maravalha e resíduos da filetagem de pescado de água doce na proporção 3:1. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os resultados demonstraram que a compostagem é uma alternativa eficiente na gestão de resíduos da filetagem de pescado. A estrutura praticamente intacta da maravalha ao final do processo, associada à rápida decomposição dos resíduos da filetagem de pescado e à alta relação C/N no decorrer dos 90 dias de compostagem sugerem que uma maior proporção de fonte proteica poderia ter sido utilizada. O agente de estruturação proporciona compostos imaturos ao final de 90 dias de compostagem e pode ser reutilizado um maior número de vezes. Entretanto, não deve ser utilizado quando o objetivo for produzir fertilizante orgânico.

Palavras chave: Biodegradação; contaminação ambiental; peixes; sustentabilidade

COMPOSTING IN RESIDUES MANAGEMENT OF FRESHWATER FISH

ABSTRACT

A trial was conducted to evaluate the contribution of composting on the suitable management of residues of fresh water fish. The treatment consisted of two stages: the first one was carried out in a composting cell and the second one in a pile. Wood shavings and residues of fresh water fish were mixed in a 3:1 ratio. Data were analyzed through ANOVA and polynomial regression and the averages were compared with the Tukey test at 5%. The results herein obtained showed that composting is an efficient alternative for the management of residues of fresh water fish. The almost intact structure of wood shavings by the end of process, along with the fast decomposition of residues of fresh water fish and the high C/N ratio during 90 days of composting suggest that a higher proportion of the protein source could have been used. The structuring agent allows the formation of immature composts at the end of 90 days of composting and, therefore, may be used a higher number of times. However, it should not be used when the main purpose is to produce an organic fertilizer.

Keywords: Biodegradation; environmental contamination; fish; sustainability

Nota Científica: Recebida em 30/06/2013 – Aprovada em 06/01/2014

¹ Núcleo de Estudos em Meio Ambiente (NEMA PEL). Universidade Federal de Pelotas/RS. Campus Universitário, s/n – Caixa Postal 354 – CEP: 96010-970 – Capão do Leão – RS – Brasil. e-mail: bsvvalente@terra.com.br (autora correspondente)

² Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas/RS. e-mail: egxavier@yahoo.com

³ NEMA PEL. Universidade Federal de Pelotas/RS. e-mail: heron.pereira90@hotmail.com

⁴ NEMA PEL. Universidade Federal de Pelotas/RS. e-mail: marcus.pil@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A região Sul do Rio Grande do Sul é favorecida por reservas de água doce superiores a 3.000 km² na Laguna dos Patos e Lagoas Mirim e Mangueira (PIEDRAS e BAGER, 2007). Segundo dados do MPA (2011), a produção de pescado na região Sul foi de 336.451,5 toneladas de pescado em 2011, respondendo por 23,5% da produção nacional (MPA, 2011), o que garantiu o fornecimento periódico de diversas espécies de peixe de água doce e salgada, além da sobrevivência de pequenas propriedades de base familiar. O pescado é vendido junto ao comércio varejista dos municípios (BALDISSEROTO, 2009). Adicionalmente, indústrias processadoras de pescado estão presentes, o que proporciona um aumento do volume de resíduos devido à preferência do consumidor pelo filé de peixe (OETTERER, 2002).

O termo resíduo refere-se às sobras e aos subprodutos dos processamentos de alimentos. O volume de resíduo gerado durante a industrialização do pescado varia conforme a espécie (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). Normalmente, 65% do peso vivo é descartado durante o processo de filetagem, de modo que apenas 35% do pescado é aproveitado. Além disso, há uma quantidade considerável da pesca presente nos entrepostos de comercialização *in natura* que não é aproveitada para consumo humano, devido ao seu baixo valor comercial. Há relatos que 68% é encaminhado às indústrias de farinha de pescado, 23% ao aterro sanitário e 9% é despejado diretamente nos rios, o que acarreta um grave impacto ambiental (STORI *et al.*, 2002). SIPAÚBA-TAVARES *et al.* (2008) acrescentam que o descarte de resíduos nos recursos hídricos gera um aumento significativo na concentração de fósforo e nitrogênio, bem como um decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido, que é essencial para a manutenção da vida aquática.

Embora grande parte dos resíduos de pescado seja destinada a fabricação de farinha, estudos que viabilizem a exploração de outras potencialidades são essenciais para o fortalecimento deste segmento do agronegócio (LÓPEZ-MOSQUERA *et al.*, 2011). FELTES *et al.* (2010) afirmam que há diversas alternativas para o aproveitamento

sustentável dos resíduos gerados na indústria pesqueira, assegurando melhores condições para que os subprodutos provenientes de resíduos de pescado sejam valorizados, incrementando a geração de renda para comunidades de pescadores artesanais. ARRUDA *et al.* (2007) explicam que o interesse em pesquisar alternativas mais vantajosas deve-se ao fato de que a comercialização da farinha proporciona um retorno econômico relativamente baixo para a indústria, levando-se em conta, principalmente, que a linha de produção deste subproduto exige grande investimento, equipamentos especiais e alto consumo energético. Além disso, é comum ocorrer problemas de rancificação do produto final. A alternativa seria a produção de fertilizantes. Corroborando esta afirmação, FERNANDES JÚNIOR *et al.* (2009) ressaltam que existem ainda poucos estudos formais a respeito da transformação de resíduos de pescado em fertilizantes, bem como o seu uso. Entretanto, por ser fonte de aminoácidos e micronutrientes, apresentam potencial para desempenhar importante papel na adubação orgânica (FELTES *et al.*, 2010).

Estudos demonstram que o processo de compostagem é uma importante tecnologia de tratamento, sendo utilizado para as mais diversas fontes orgânicas (LIAO *et al.*, 1995; LAOS *et al.*, 2002; GUO *et al.*, 2012). Componentes orgânicos são facilmente mineralizados e metabolizados pelas diferentes populações de micro-organismos aeróbios mesófilos, termotolerantes e termófilos, que produzem gás carbônico, amônia, água, ácidos orgânicos e calor (BERNAL *et al.*, 2009). Entretanto, AN *et al.* (2012) ressaltam que os resíduos orgânicos apresentam uma grande variabilidade nas suas propriedades físico-químicas determinando, assim, a eficiência do processo de compostagem. VALENTE *et al.* (2009) salientam que a eficiência do processo de compostagem está diretamente relacionada à combinação de fatores como umidade, taxa de oxigênio, relação carbono/nitrogênio e porosidade, que proporcionam condições ótimas para que as diferentes populações de micro-organismos aeróbios possam crescer e se desenvolver na biomassa. Sendo assim, a utilização de agentes de estruturação torna-se fundamental porque fornece ótimos espaços porosos (LAOS *et al.*, 2002), o que

facilita a difusão de oxigênio no interior das pilhas (IQBAL *et al.*, 2010).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição da compostagem como tecnologia de tratamento na gestão de resíduos de pescado de água doce.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre abril e julho de 2012, no Setor de Compostagem do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica (LEEZO) "Professor Renato Rodrigues Peixoto", do Departamento de Zootecnia (DZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município de Capão do Leão/RS. O município está a 31°52'00"S e 52°21'24"O, a uma altitude de 13,4 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, com

precipitação pluviométrica anual média de 1.280 mm e umidade relativa do ar média de 78,8% (Moreno, 1961 apud SOUZA *et al.*, 2009).

O processo de compostagem consistiu de duas etapas. A primeira foi realizada em uma célula de compostagem ou composteira de alvenaria, impermeabilizada, de 1,10 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,20 m de altura, com pé direito de 2,50 m. A parte superior da célula de compostagem era aberta e protegida por uma estrutura telada e sua parte frontal apresentava tábuas móveis para facilitar o preenchimento com os resíduos orgânicos até a altura de 1,00 m, os quais foram submetidos à compostagem por 60 dias (Figura 1). A segunda etapa, que teve duração de 30 dias, foi realizada em um galpão coberto, com piso impermeabilizado e sem paredes laterais. Foi formada uma pilha da biomassa da primeira etapa nas dimensões de 1,50 m de comprimento, 1,40 m de largura e 1,00 m de altura.



Figura 1. Célula de compostagem ou composteira. Fonte: ACERVO DOS AUTORES (2012)

A célula foi abastecida com maravalha de pinus (*Pinus* spp.) e resíduos da filetagem de pescado de água doce (cabeça, carcaça e vísceras não triturados) na proporção mássica de 3:1. As proporções entre as matérias primas iniciais foram baseadas em estudos de LIAO *et al.* (1995) e LAOS *et al.* (2002), que usaram serragem e/ou maravalha

como agentes de estruturação na compostagem desses resíduos. A altura utilizada para as camadas do agente de estruturação foi de 0,10 m, seguindo a metodologia de PAIVA (2004), determinada pelas pesagens e definida por medições com auxílio de uma fita métrica, obtendo-se, assim, 28,10 kg por camada.

As porções de resíduos de peixe foram dispostas sobre as camadas, respeitando a distância de 0,10 m entre elas, das paredes e da parte frontal da célula de compostagem. Assim, foram dispostos 9,5 kg de resíduos de pescado de água doce. Os resíduos orgânicos ocuparam a altura de 1,00 m, totalizando 291,3 kg de biomassa. A água foi adicionada com o auxílio de um recipiente graduado, na proporção de 30% da massa da camada de maravalha (COSTA *et al.*, 2005), o que correspondeu a 8,4 L por camada.

Foram colocadas cinco estacas de madeira numeradas, a uma distância de 0,20 m entre elas e da lateral da parede da célula de compostagem a fim de demarcar cada ponto de coleta e de aferição. Em cada um dos cinco pontos, foi introduzido um tubo de PVC, com 1,00 m de comprimento, fechado em uma das extremidades e perfurado a uma altura de 0,20 m. As avaliações da temperatura da biomassa, no interior do cano de PVC, foram realizadas às 9:00 h, a 0,20 m da base da célula de compostagem, com auxílio de

um termohigrômetro digital ($\pm 0,1^\circ\text{C}$ INCOTERM), enquanto que a temperatura superficial foi obtida com o auxílio de um termômetro infravermelho ($\pm 5^\circ\text{C}$ SK -8700).

Ao final do período de 60 dias de compostagem, a biomassa foi retirada e pesada para posterior cálculo do volume de água a ser adicionada durante a segunda etapa. A quantidade de massa foi de 267,4 kg. O volume de água foi calculado com base na mesma metodologia utilizada para o primeiro estágio, sendo adicionados 80,22 L de água, durante o revolvimento da pilha, a cada 15 dias.

A temperatura ambiente média diária foi obtida na Estação Agroclimatológica de Pelotas, ($31^\circ 52' 00''\text{S}$ e $52^\circ 21' 24''\text{O}$, a uma altitude de 13,24 m). As análises da composição química da biomassa foram realizadas em triplicata, sendo que a primeira amostragem correspondeu aos substratos maravalha e peixe de água doce, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química dos substratos utilizados na compostagem.

Composição química	Substratos	
	Maravalha	Peixe de água doce
pH	4,9 \pm 0,50	nd
Umidade (%)	10,3 \pm 0,85	71,0 \pm 1,70
Matéria orgânica (%)	99,7 \pm 0,02	78,1 \pm 0,81
Cinzas (%)	0,3 \pm 0,02	21,9 \pm 0,81
Carbono orgânico total (%)	55,4 \pm 0,20	43,4 \pm 0,79
Nitrogênio total (%)	0,3 \pm 0,01	9,6 \pm 0,40
Relação carbono/nitrogênio	191,0 \pm 0,90	4,5 \pm 1,10

Valores médios de três replicatas. nd: não determinado

No Laboratório de Nutrição Animal do DZ/FAEM/UFPEL foi realizada a determinação da umidade, pH, Nitrogênio total (N), segundo metodologia descrita por SILVA e QUEIROZ (2004), e também para a análise da matéria orgânica total, teor de cinzas e do Carbono orgânico total (C), conforme metodologia descrita por KIEHL (1985). A relação C/N foi obtida pela equação

$$C/N = \%C \div \%N,$$

onde %C = porcentagem de carbono orgânico total na amostra; %N = porcentagem de

nitrogênio total na amostra, conforme descrito por TEDESCO *et al.* (1995).

O cálculo do índice de mineralização do composto foi obtido por meio da equação

$$\text{IMC} = \%CZ \div \%C,$$

onde %CZ = porcentagem de cinzas na amostra; %C = porcentagem de carbono orgânico total na amostra, segundo DROZD *et al.* (1997).

As demais coletas foram realizadas nos pontos demarcados, com o auxílio de um tubo de PVC com 55 mm de diâmetro, nos seguintes

períodos: 30 e 60 dias da primeira etapa e aos 30 dias da segunda etapa de compostagem, correspondendo respectivamente a T1, T2 e T3.

Para a análise estatística, utilizou-se o delineamento completamente casualizado. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM ("General Linear Models") do programa "Statistical Analysis System" versão 9.1 (SAS Institute Inc. 2002-2003) e regressão polinomial, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, pode ser observado, no dia zero, que a média da temperatura interna da biomassa foi de 31,8°C, indicando uma intensa atividade microbiana mesofílica, possivelmente em decorrência do maior conteúdo de N inicial (9,6%

± 0,40) prontamente disponível nas carcaças de pescado para a síntese de proteínas microbianas e, também, pelo C facilmente degradável. BERNAL *et al.* (2009) salientam que as bactérias e os fungos mesófilos degradam componentes simples da matéria orgânica, como açúcares, aminoácidos e proteínas, aumentando rapidamente a temperatura. Concomitantemente, os micro-organismos utilizam o C solúvel e facilmente degradável como fonte de energia, sendo uma pequena fração incorporada às células microbianas (TUOMELA *et al.*, 2000). O restante do C é liberado na forma de CO₂, ficando o calor retido no interior da massa em compostagem, devido ao metabolismo microbiano ser exotérmico (TANG *et al.*, 2004). KLAMER e BAATH (1998) ressaltam que o calor produzido pela atividade metabólica fica parcialmente retido devido às características térmicas dos materiais compostados.

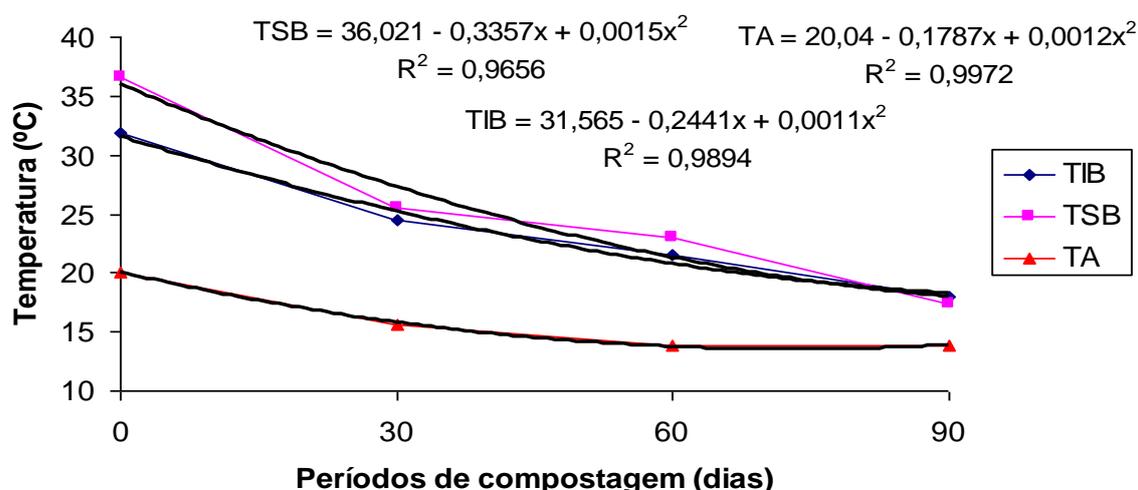


Figura 2. Médias da temperatura interna e superficial da biomassa e do ambiente durante a compostagem de resíduos da filetagem de pescado de água doce e maravalha. TIB: temperatura interna da biomassa. TSB: temperatura superficial da biomassa. TA: temperatura ambiente do ar.

Entretanto, a partir deste período, houve decréscimos progressivos na temperatura interna da biomassa, podendo ser constatado através do comportamento quadrático ($R^2 = 0,98$) no decorrer dos 90 dias de compostagem, momento em que foi verificada temperatura de 18°C, estando esta próxima à temperatura ambiente (13,8°C). Da mesma forma, verificou-se tendência quadrática para as médias da temperatura superficial da

biomassa ($R^2 = 0,96$) e da temperatura ambiente do ar ($R^2 = 0,99$). Estas verificações sugerem que o volume de 1,65 m³ de biomassa possa ter favorecido as perdas de calor, prejudicando, assim, o desenvolvimento do processo de compostagem. As variações de temperatura durante a compostagem é resultado do balanço térmico entre o calor gerado pelos micro-organismos e o calor é transferido no interior da massa por condução, e

perdido pela evaporação, convecção e radiação (AHN *et al.*, 2007), estando diretamente relacionada às propriedades térmicas do agente de estruturação e também dos resíduos de pescado (AHN *et al.*, 2009). Porém, HIGARASHI *et al.* (2011) afirmam que, em pilhas contendo grandes quantidades de biomassa, o efeito de troca de calor superficial pode ser minimizado devido ao maior número de camadas de maravalha, que funcionam como isolante térmico.

Em decorrência disso, a população mesofílica manteve-se presente em todo o período experimental, sugerindo também que a alta relação C/N inicial ($191/1 \pm 0,90$) da maravalha e da biomassa no decorrer dos períodos (Tabela 2), associado ao tipo de C do agente de estruturação,

afetaram o desenvolvimento dos micro-organismos termófilos. Esse fato fica evidenciado pelo pequeno decréscimo do teor de matéria orgânica total entre os 30 ($96,9\% \pm 0,69$) e 60 ($96,3\% \pm 0,79$) dias de compostagem. O mesmo aconteceu com o teor de C orgânico total, que diminuiu de $53,8\% \pm 1,95$ para $53,5\% \pm 1,79$, respectivamente. Quando parte do C disponível é de difícil degradação, como a celulose, a lignina e a hemicelulose, o C biodisponível, que será utilizado como fonte de energia pelos micro-organismos, é inferior ao C total (VALENTE *et al.*, 2009). Sendo assim, a qualidade do C interfere na velocidade e na quantidade de C que será transformado em CO_2 durante a compostagem (COSTA *et al.*, 2005).

Tabela 2. Composição química da biomassa durante a compostagem da mistura de resíduos de pescado de água doce e maravalha.

Composição química	Períodos de compostagem (dias)			IN-25*
	30	60	90	
pH	$7,3^A \pm 0,10$	$6,8^B \pm 0,14$	$6,8^B \pm 0,10$	$\geq 6,0$
Umidade (%)	$32,2^B \pm 6,05$	$25,5^B \pm 2,69$	$63,9^A \pm 1,25$	$\leq 50\%$
Matéria orgânica (%)	$96,9 \pm 0,69$	$96,3 \pm 0,79$	$97,0 \pm 0,63$	$\geq 40\%$
Cinzas (%)	$3,1 \pm 0,69$	$3,7 \pm 0,79$	$3,0 \pm 0,63$	-
Carbono orgânico total (%)	$53,8 \pm 1,95$	$53,5 \pm 1,79$	$53,9 \pm 0,35$	$\geq 15\%$
Nitrogênio total (%)	$0,8 \pm 0,62$	$0,8 \pm 0,47$	$0,6 \pm 0,05$	$\geq 0,5\%$
Relação carbono/nitrogênio	$93,7 \pm 41,21$	$91,1 \pm 39,66$	$87,9 \pm 7,43$	≤ 20
Índice de mineralização do composto (IMC)	$0,1 \pm 0,07$	$0,1 \pm 0,06$	$0,1 \pm 0,01$	-

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, entre os períodos, diferem pelo teste de Tukey a 5%. *Instrução Normativa nº25/2009 (BRASIL, 2009).

Adicionalmente, os valores obtidos para o IMC foram inferiores aos preconizados por DROZD *et al.* (1997), que afirmam que, quanto mais alto for o índice ($>1,30$), maior terá sido a mineralização da matéria orgânica total. Além disso, pode-se observar que os baixos valores de IMC (0,1) mantiveram-se constantes no decorrer do estudo, demonstrando uma menor oxidação da matéria orgânica total, que está diretamente relacionada à redução da liberação de CO_2 pela atividade respiratória dos micro-organismos (TRIPATHI e BHARDWAJ, 2004), sugerindo que o tipo de C presente na maravalha e sua alta relação C/N ($191/1 \pm 0,90$) afetaram a velocidade de mineralização da biomassa. Os resultados concordam com aqueles obtidos por ZHU (2007),

que afirma que valores mais elevados de relação C/N significam que não há N suficiente para um ótimo crescimento das populações microbianas, o que acaba afetando o processo de compostagem. Desta forma, podem ser observados teores reduzidos de N total nos períodos 30 ($0,8\% \pm 0,62$), 60 ($0,8\% \pm 0,47$) e 90 dias ($0,6\% \pm 0,05$) de compostagem, possivelmente devido a sua rápida utilização por parte das populações microbianas e também em decorrência da volatilização de NH_3 . LIANG *et al.* (2004) ressaltam que a volatilização do N na forma de NH_3 pode concorrer com a sua imobilização pelos micro-organismos, particularmente quando a relação C/N da mistura é alta, e também na presença de C recalcitrante, como a lignina (LECONTE *et al.*, 2009).

Conforme LIANG *et al.* (2003), a umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos micro-organismos. Entretanto, o aumento significativo do seu teor aos 90 dias ($63,9\% \pm 1,25$) de compostagem, bem como os revolvimentos a cada 15 dias, não foram suficientes para promover a oxidação da matéria orgânica total, demonstrando que a disponibilidade de nutrientes prontamente assimiláveis teve uma maior influência sobre o metabolismo microbiano. Esse fato pode ser constatado pela ausência de N

total dos resíduos de pescado, que haviam sido parcialmente degradados aos 30 dias e completamente decompostos aos 60 dias de compostagem (Figura 3), momento em que foi realizada a montagem da pilha de biomassa. Além dessas observações, verificou-se que a maravalha apresentou estrutura inicial praticamente intacta ao final dos 90 dias de compostagem, demonstrando-se, assim, resistente à degradação microbiana, devido ao tipo de C presente (LECONTE *et al.*, 2009).



Figura 3. Resíduos de pescado aos 60 dias de compostagem. Fonte: ACERVO DOS AUTORES (2012).

No que diz respeito ao pH, foi verificada diferença significativa entre os 30 dias ($\text{pH} = 7,3 \pm 0,10$) de compostagem e os períodos subsequentes, que atingiram valores idênticos próximos à neutralidade ($\text{pH} = 6,8$), decorrentes da atividade metabólica dos micro-organismos nos substratos. Pesquisadores afirmam que o tipo de carboidrato presente no agente de estruturação como a celulose, a hemicelulose e a lignina diminuem o pH pela produção de metabólitos ácidos e CO_2 (LECONTE *et al.*, 2009).

Considerando a biomassa produzida, pode ser constatado (Tabela 2) que o teor de umidade ($63,9\% \pm 1,25$) e o valor de relação C/N ($87,9 \pm 7,43$) estão acima do recomendado pela IN-25/2009 (BRASIL, 2009), não sendo recomendado a sua utilização como fertilizante orgânico simples, segundo as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. KIEHL (1985) ressalta que, quando um fertilizante orgânico com relação C/N alta é aplicado em um

cultivo, os micro-organismos retiram N do solo na forma de NH_3 , que estará indisponível para as raízes das plantas.

CONCLUSÕES

O processo de compostagem é uma alternativa tecnológica eficiente na gestão de resíduos da filetagem de pescado de água doce.

A estrutura praticamente intacta da maravalha ao final do processo, associada à rápida decomposição dos resíduos da filetagem de pescado e à alta relação C/N no decorrer dos 90 dias de compostagem, sugerem que uma maior proporção de fonte proteica poderia ter sido utilizada.

O agente de estruturação proporciona compostos imaturos ao final de 90 dias de compostagem e pode ser utilizado um maior número de vezes como fonte de carbono para os micro-organismos. Entretanto, não deve ser

utilizado quando o objetivo for produzir fertilizante orgânico.

REFERÊNCIAS

- 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: 215-223.
- AHN, H.K.; SAVER, T.J.; RICHARD, T.L.; GLANVILLE, T.D. 2009 Determination of thermal properties of composting bulking materials. *Bioresource Technology*, 100: 3974-3981.
- AN, C.J.; HUANG, G.H.; YAO, Y.; SUN, W.; AN, K. 2012 Performance of in-vessel composting of food waste in the presence of coal ash and uric acid. *Journal of Hazardous Materials*, 203(204): 38-45.
- ARRUDA, L.F.; BORGHESI, R.; OETTEBER, M. 2007 Use of fish waste as silage - a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(5): 879-886.
- BALDISSEROTO, B. 2009 Piscicultura continental do Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. *Ciência Rural*, 39(1): 291-299.
- 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: 5444-5453.
- BRASIL. 2009 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA nº25, de 23 de julho de 2009. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial da União* de 28 de julho de 2009, Seção 1, p.20. Disponível em: <www.agricultura.gov.br> Acesso em: 4 fev. 2011.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. 1994 *Bioquímica de pescados e derivados*. Jaboticabal: FUNEP, 409p.
- COSTA, M.S.S. DE. M.; COSTA, L.A. DE. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A.V.; ORTOLAN, M.L. 2005 Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. *Engenharia Agrícola*, 25(2): 549-556.
- DROZD, J.; JAMROZ, E.; LICZJAR, M.; LICZJAR, S.E.; WEBER, J. 1997 Organic matter transformation and humic indices of compost maturity stage during composting of municipal solid wastes. *Grunwaldzka*, 53: 855-861.
- FELTES, M.M.C.; CORREIA, J.F.G.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; NINOW, J.L.; SPILLER, V. R. 2010 Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(6): 669-677.
- FERNANDES JÚNIOR, F.; KANO, C.; AZEVEDO FILHO, J.A. de.; DONADELLI, A. 2009 Efeito de fertilizante orgânico oriundo de restos de pescado fresco fermentado, em batata produzida em sistema orgânico. *Horticultura Brasileira*, 27(2): 184-188.
- GUO, R.; LI, G.; JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.; ZHAO, Y.; SHEN, Y. 2012 Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource Technology*, 112: 171-178.
- HIGARASHI, M.M.; SARDÁ, L.G.; OLIVEIRA, P.A.V.; MATTEL, R.M.; COMIN, J.J. 2011 Avaliação do desempenho da maravalha e da palha de azevém (*Lolium multiflorum*) como substratos na co-compostagem de dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 2., 2011, Foz do Iguaçu. *Anais... Concórdia: SBERA*, 2011. 1 CD-ROM.
- IQBAL, M.K.; SHAFIQ, T.; AHMED, K. 2010 Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost. *Bioresource Technology*, 101: 1913-1919.
- KIEHL, E. J. 1985 *Fertilizantes Orgânicos*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 492p.
- KLAMER, M. e BAATH, E. 1998 Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. *Microbiology Ecology*, 27(1): 9-20.
- LAOS, F.; MAZZARINO, M.J.; WALTER, I.; ROSELLI, L.; SATTI, P.; MOYANO, S. 2002

- Composting of fish offal and biosolids in Northwestern Patagonia. *Bioresource Technology*, 81: 179-186.
- 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: 2446-2453.
- 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: 159-163
- LIANG, C.; DAS, K.C.; MCCLENDON, R.W. 2003 The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, 86: 131-137.
- LIANG, Y.; LEONARD, J.J.; FEDDES, J.J.R.; MCGILL, W.B. 2004 A mathematical model of ammonia volatilization in composting. *Transactions of the ASAE*, 47(5): 1667-1680.
- LÓPEZ-MOSQUERA, M.E.; FERNÁNDEZ-LEMA, E.; VILHARES, 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.
- MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2011 *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011*. 60p. 2011. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>> Acessado em: 17 de nov. 2013.
- OETTERER, M. 2002 *Industrialização do pescado cultivado*. Guaíba: Agropecuário, 200p.
- PAIVA, D.P.de 2004 Uso da compostagem como destino de suínos mortos e restos de parição. In: OLIVEIRA, P.A. de (ed.) *Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. p.100-104.
- PIEDRAS, S.R.N. e BAGER, A. 2007 Caracterização da aquicultura desenvolvida na Região Sul do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrociência*, 13: 403-407.
- SAS Institute Inc. 2002-2003. *Statistical analysis system*. Release 9.1. (Software). Cary. USA.
- SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. de 2004 *Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 235p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ALVAREZ, E.J.S.; BRAGA, F.M.S. 2008 Water quality and zooplankton in tanks with larvae of *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1949). *Brazilian Journal Biology*, 68(1): 77-86.
- SOUZA, E.A.; ANDRE, M.V.; SANTOS, C.S.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; BITTENCOURT, T.C.B.S.C.; MARCONDES, C.R. 2009 Relações materno-filiais e sua influência no peso pré-desmama de animais Nelore da Bahia. *Archivos de Zootecnia*, 58: 729-732.
- STORI, F.T.; BONILHA, L.E.C.; PESSATTI, M.L. 2002 Proposta de aproveitamento dos resíduos das indústrias de beneficiamento de pescado de Santa Catarina com base num sistema gerencial de bolsa de resíduos. In: *Instituto Ethos. Responsabilidade social da empresas: uma contribuição das universidades*. Peirópolis: Editora Fundação Peirópolis, p. 373-406.
- TANG, J.C.; KANAMORI, T.; INQUE, Y. 2004 Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. *Process Biochemistry*, 39: 1999-2006.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. 1995 *Análises de solo, plantas e outros materiais*. POA: Faculdade de Agronomia/UFRGS. 174p.
- TRIPATHI, G. and BHARDWAJ, P. 2004 Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia foetida* (Savigny) and *Lampito mauritti* (Kinberg). *Bioresource Technology*, 92: 275-283.
- TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A.; ITÄVAARA, M. 2000 Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*, 72: 169-183.
- VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JR., B. de S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D.C.N. 2009 Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, 58: 59-85.
- ZHU, N. 2007 Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology*, 98: 9-13.