

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA



Trabalho de Conclusão de Curso

**Compostagem dos resíduos de filetagem da atividade
pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, Pelotas – RS**

Marcus Vinicius Tabeleão Pilotto

Pelotas, 2014

MARCUS VINICIUS TABELEÃO PILOTTO

**Compostagem dos resíduos de filetagem da atividade
pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, Pelotas – RS**

Trabalho acadêmico apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária, da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa
Coorientadora: Prof^a Dr^a. Beatriz Simões Valente

Pelotas, 2014

Dados de catalogação na fonte:
Maria Beatriz Vaghetti Vieira – CRB-10/1032
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

P643c

Pilotto, Marcus Vinicius Tabeleão

Compostagem dos resíduos de filetagem da atividade pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, Pelotas-RS / Marcus Vinicius Tabeleão Pilotto. – 59 f. : il. – Monografia (Conclusão de curso). Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas. Centro de Engenharias. Pelotas, 2014. – Orientador Érico Kunde Corrêa; coorientador Beatriz Simões Valente.

1. Resíduos orgânicos. 2. Matéria orgânica. 3. Relação carbono/nitrogênio. 4. Colônia de Pescadores Z3. I. Corrêa, Érico Kunde. II. Valente, Beatriz Simões. III. Título.

CDD:

628.445

Banca examinadora:

Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa – Centro de Engenharias/UFPeI

Prof^a. Dr^a. Beatriz Simões Valente – Centro de Integração do Mercosul/UFPeI

Prof^a. Dr^a. Claudia Fernanda Lemons e Silva – Centro de Engenharias/UFPeI

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me dar sabedoria e por renovar a cada momento minha força e disposição ao longo dessa jornada.

A minha mãe, Ana Maria e ao meu pai, Fernando Luiz pelos conselhos dados não apenas durante minha formação, mas em todos os momentos - os ensinamentos de vocês foram essenciais na formação do meu caráter, só tenho a agradecer por todo o empenho e por acreditarem tanto em mim. Aos meus irmãos, Henrique e Fernando por todo incentivo e pelos necessários momentos de descontração.

A minha namorada Lizandra que esteve comigo sempre que precisei. Muito obrigado pela ajuda na realização desse trabalho, pelo teu companheirismo de todas as horas, tua amizade, apoio e confiança. Nosso amor me faz mais forte.

A minha colega Carolina Meinke Couto que sempre esteve do meu lado ao longo desta longa caminhada. Agradeço pela ajuda, por todos os dias de estudo em boa companhia, pela incessante motivação e principalmente pela sua fiel amizade.

Ao meu colega Heron da Silva Pereira por todo o apoio e parceria dentro e fora do âmbito acadêmico e em especial pelos oito anos de amizade. Agradeço imensamente pelo companheirismo no desenvolvimento, não só desta, como de todas as outras pesquisas já realizadas durante essa jornada.

Ao grupo NEMA-PEL pela possibilidade de parceria e aprendizado, em especial à Professora Dr^a. Beatriz Valente por toda orientação, por tanto enriquecer meus conhecimentos na vida acadêmica, por todos os conselhos e especialmente pela grande amizade nos últimos quatro anos.

Por fim, agradeço ao meu orientador Érico Kunde Corrêa por toda ajuda na realização deste trabalho, assim como seus sábios conselhos e a Prof^a. Luciana Bilhalva Corrêa pela total dedicação, compromisso e amizade.

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se a ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão, que sentir-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver”.

(Martin Luther King)

RESUMO

PILOTTO, Marcus Vinicius Tabeleão. **Compostagem dos resíduos de filetagem da atividade pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, Pelotas – RS.** 2014. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O presente trabalho teve como objetivo analisar a contribuição da compostagem como alternativa de reciclagem dos resíduos gerados da atividade pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, localizada no Município de Pelotas-RS. O processo de compostagem consistiu de duas etapas, no qual a primeira foi realizada em uma célula de alvenaria, impermeabilizada, de 1,10 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,20 m de altura, com o preenchimento dos resíduos orgânicos até a altura de 1,00 m, por um período de 60 dias. A segunda etapa compreendeu a formação da pilha e teve duração de 30 dias. O período experimental totalizou 90 dias de compostagem. Foram utilizados maravalha e resíduos da filetagem de pescado não triturados na proporção 3:1, respectivamente. Foi utilizado o delineamento completamente casualizado com cinco repetições no tempo. 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%. Os resultados demonstraram que a compostagem é uma alternativa para reciclagem 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.

Palavras chave: Resíduos orgânicos. Colônia de Pescadores Z3. Matéria orgânica. Relação carbono/nitrogênio.

ABSTRACT

PILOTTO, Marcus Vinicius Tabeleão. **Composting of the leavings of the filleting of the fishing activity of the Z3 fishing community, Pelotas – RS.** 2014. 59f. Paper of course conclusion. Graduation in Environmental and sanitary engineering. Federal University of Pelotas.

The present paper aimed to analyse the contribution of the composting as alternative of recycling of the generated leavings of the Z3 fishing colony, localised in the municipality of Pelotas – RS. The process of composting consisted of two stages, where the first was performed in a brickwork cell, waterproofed, of 1.10 m length, 1.50 m width, and 1.20 m height, with the filling of the organic leavings up to a height of 1.00 m, for a period of 60 days. The second stage comprehended the formation of the pile and it had the duration of 30 days. The experimental period totalised 90 days of composting. Shavings and leavings filleting of the non-triturated seafood were used in the ratio 3:1, respectively. The delineation was used completely randomised with five repetitions in time. The collected data were submitted to analysis of variance by the procedure GLM (“General Linear Models”) of the software “Statistical Analysis System” version 9.1 (SAS Institute Inc. 2002-2003) and polynomial regression and the averages were compared by the Tukey test at a level of significance of 5%. The results demonstrated that the composting is an alternative for recycling the leavings of the filleting of seafood. The structure practically intact of the shavings, at the final of the process, associated with a rapid decomposition of the sediments of the fillement of the seafood, and to high relation C/N in the passed of the 90 days of composing, suggest that a higher proportion of protein source could be used. The agent of structuring provides immature composite at the end of 90 days of composting and it can be reused a greater number of times.

Keywords: Organic leavings. Z3 fishing colony. Organic material. Carbon/nitrogen relation.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 | Objetivos..... | 15 |
| 1.1.1 | Objetivo geral..... | 15 |
| 1.1.2 | Objetivos específicos..... | 15 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 2.1 | Resíduos sólidos..... | 16 |
| 2.1.1 | Resíduos da atividade pesqueira..... | 17 |
| 2.2 | Classificações dos resíduos da pesca..... | 18 |
| 2.3 | Compostagem..... | 19 |
| 2.3.1 | Microbiologia do processo de compostagem..... | 21 |
| 2.3.2 | Fatores que afetam a compostagem..... | 23 |
| 2.3.2.1 | Temperatura..... | 23 |
| 2.3.2.2 | Umidade..... | 24 |
| 2.3.2.3 | Oxigenação..... | 25 |
| 2.3.2.4 | pH..... | 26 |
| 2.3.2.5 | Relação carbono/nitrogênio..... | 27 |
| 2.3.2.6 | Granulometria..... | 29 |
| 2.3.2.7 | Dimensão das leiras..... | 30 |
| 2.4 | Maturação e qualidade do composto..... | 30 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 31 |
| 3.1 | Local e duração do experimento..... | 31 |
| 3.2 | Material experimental..... | 31 |
| 3.2.1 | Resíduo sólido de origem vegetal..... | 31 |
| 3.2.2 | Resíduo sólido de origem animal..... | 32 |
| 3.3 | Montagem do experimento..... | 32 |
| 3.3.1 | Coleta das amostras..... | 35 |
| 3.4 | Variáveis analisadas | 36 |
| 3.4.1 | Temperatura da biomassa..... | 36 |
| 3.4.2 | Temperatura ambiente do ar..... | 36 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.4.3 | Umidade..... | 37 |
| 3.4.4 | pH..... | 37 |
| 3.4.5 | Cinzas..... | 37 |
| 3.4.6 | Matéria orgânica total..... | 37 |
| 3.4.7 | Carbono orgânico total..... | 37 |
| 3.4.8 | Nitrogênio total..... | 38 |
| 3.4.9 | Relação C/N..... | 38 |
| 3.4.10 | Índice de mineralização do composto..... | 38 |
| 3.5 | Análise estatística..... | 38 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 39 |
| 4.1 | Análises das temperaturas..... | 39 |
| 4.2 | Análises da composição química da biomassa..... | 41 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 45 |
| 6 | REFERÊNCIAS..... | 46 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|----------|---|----|
| Figura 1 | Laboratório de ensino e experimentação Zootécnica (LEEZO).... | 31 |
| Figura 2 | Maravalha de pinus (<i>pinus</i> spp.)..... | 32 |
| Figura 3 | Resíduos da filetagem de pescado..... | 32 |
| Figura 4 | Célula de compostagem..... | 33 |
| Figura 5 | Disposição dos resíduos de pescado..... | 34 |
| Figura 6 | Galpão utilizado na segunda etapa do experimento..... | 35 |
| Figura 7 | Aferição das temperaturas superficiais | 36 |
| Figura 8 | Médias das temperaturas durante a compostagem..... | 39 |
| Figura 9 | Resíduos de pescado aos 60 dias de compostagem..... | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Composição físico-química dos substratos iniciais..... | 35 |
| Tabela 2 | Composição química da biomassa durante a compostagem da mistura de resíduos de pescado e maravalha..... | 41 |

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é uma consequência natural da vida do homem na terra. No entanto, no decorrer das duas últimas décadas, ela adquire um papel importante no ponto de vista legislativo, a partir do momento em que o movimento ambientalista toma consciência da relação entre resíduos sólidos, qualidade de vida e meio ambiente (PAULA et al., 2010).

Os resíduos sólidos constituem uma preocupação ambiental mundial, especialmente em centros urbanos. Os resíduos coletados e tratados inadequadamente, provocam efeitos diretos e indiretos na saúde da população e contribuem para degradação do ambiente. Isto porque os resíduos são materiais e substâncias que, depois de utilizados, se não tiverem destinação adequada podem pôr em risco as atividades que venham a ser desenvolvidas onde foram dispensados (GRANZIERA, 2009).

Ao final dos anos 60 a degradação ambiental e a poluição eram avaliadas como consequências inevitáveis do progresso, enquanto a conservação da qualidade de vida e a preservação ambiental caminhavam de forma contrária (SOUZA, 2000). Os impactos causados pelas atividades antrópicas sobre o meio ambiente eram praticamente desconsiderados, assim como as contínuas emissões de poluentes para o ar e de efluentes para a água. Entretanto, a magnitude e a proporção atingida pela miséria e poluição começaram a chamar a atenção da sociedade, fazendo com que repensássemos o modo de desenvolvimento, buscando conciliar o desenvolvimento econômico e social, com a qualidade ambiental (MILLANI, 2007).

Segundo Paula et al. (2010), a gestão e minimização dos resíduos sólidos orgânicos é um dos objetivos das estratégias do desenvolvimento sustentável que se apoia nos modos de produção, conservação e forma de uso dos recursos naturais. Isso significa que essa gestão é racional quanto aos recursos naturais (água, solo, atmosfera), a redução da quantidade de resíduos gerados, sua

valorização e a minimização dos riscos associados a sua eliminação.

Entre tantas atividades que geram poluição ou contaminação ambiental, destacamos a pesca. Como uma das atividades produtivas mais antigas da humanidade, os recursos pesqueiros marítimos, costeiros e continentais constituem importante fonte de renda, geração de trabalho e alimento e têm contribuído para a permanência do homem no seu local de origem (BRASIL – MPA, 2011).

No Brasil, a atividade pesqueira destaca-se por sua antiga e difundida prática pelos povos do litoral do país. A pesca extrativa consiste na retirada de organismos aquáticos da natureza, podendo ser classificada segundo sua finalidade como artesanal, empresarial/industrial, amadora e de subsistência. Quando ocorre no mar é denominada pesca extrativa marinha, quando em águas continentais é denominada pesca extrativa continental (BRASIL– IBAMA, 2007).

A pesca de subsistência é exercida com o objetivo de adquirir alimento para uso próprio, não tendo finalidade comercial. Esta atividade é praticada com técnicas rudimentares (BRASIL – SEBRAE, 2010). Já a pesca artesanal (ou de pequena escala), é feita pelo pescador devidamente licenciado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), exercendo a atividade com fins comerciais, de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou mediante contrato de parcerias, desembarcada ou com embarcações de pequeno porte. Para a maior parte deles o conhecimento é passado de pai para filho ou pelas pessoas mais velhas e experientes de suas comunidades. Os pescadores conhecem bem o ambiente onde trabalham como o mar, as marés, os manguezais, os rios, lagoas e os peixes (BRASIL – MPA, 2011).

A Colônia de Pescadores Zona de pesca 3, é uma comunidade de pescadores profissionais artesanais, localizada às margens da Lagoa dos Patos, na Cidade de Pelotas, RS – Brasil. Segundo Figueira (2009), pescadores profissionais artesanais são aqueles cujas práticas foram assimiladas através da tradição do saber fazer manual, bem como a leitura da natureza através de sua interpretação.

Conforme Figueira (2009) as práticas artesanais dos pescadores da Colônia Z3 são manifestadas por atividades de confecção e remendo de redes, modo de captura de pescados, fabricação de utensílios de pesca, tais como remos, caixas de alimentos, artesanatos (barquinhos de madeira, usados no estímulo à prática pesqueira de filhos e netos), limpeza de pescados (com precisão para retirar vísceras, peles e escamas), preparação de pratos com frutos da Lagoa dos Patos e construção de barcos, com técnicas passadas por diversas gerações (os barcos são construídos nos estaleiros locais).

Contudo, a pesca artesanal praticada por essa comunidade de pescadores também gera impactos locais, principalmente relacionados ao descarte dos resíduos orgânicos oriundos da limpeza de pescados, o que constitui um problema sanitário e ambiental para os produtores e moradores da região, pois na grande maioria das vezes são dispostos de maneira incorreta.

Os resíduos de pescados, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (PNRS) devem ser preferencialmente reciclados. A sua alta concentração de matéria orgânica pode prejudicar a sanidade do solo e as fontes de água daquela região, além de causar riscos à saúde pública, quando dispostos nos recursos hídricos (BRASIL – PNRS, 2010).

Uma das alternativas que podem contribuir para a solução deste problema é o método da compostagem, que consiste em um processo de decomposição parcial aeróbia controlada e de estabilização da matéria orgânica, em condições que permitem o desenvolvimento de temperatura termofílicas, resultantes de uma produção calorífica de origem biológica com obtenção de um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo, além de não oferecer riscos ao meio ambiente, também é uma forma de reciclar nutrientes para as plantas (VALENTE et al., 2009). A compostagem é um método econômico e ambientalmente correto de destino da matéria orgânica, exigindo menor uso de mão-de-obra, quando comparado a outros métodos; embora necessite de critérios rígidos para a sua execução, é uma alternativa viável para o pescador (PAIVA, 2006). Deste modo, a compostagem pode contribuir para a almejada sustentabilidade da pesca artesanal praticada na Colônia Z3.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a contribuição da compostagem como alternativa de reciclagem dos resíduos gerados da atividade pesqueira da Colônia de Pescadores Z3, localizada no Município de Pelotas – RS.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a eficiência do processo de compostagem, utilizando o substrato maravalha;
- Monitorar a temperatura da biomassa ao longo do processo;
- Analisar as transformações físicas e químicas ao longo do tempo de compostagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos sólidos

O consumo e a consequente geração de resíduos sempre estiveram relacionados à abundância dos recursos disponíveis, mais do que a qualquer outro fator. Em nenhuma fase do desenvolvimento humano se produziu tanto lixo como atualmente. A composição e a quantidade dos resíduos produzidos estão diretamente relacionadas com o modo de vida dos povos, bem como a sua condição socioeconômica e a facilidade de acesso aos bens de consumo. Os maiores problemas ocorrem nos países industrializados, nos quais a composição desses resíduos é o fator mais preocupante (FERREIRA, 2000).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei Federal nº 12.305/2010, resíduos sólidos é todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL – PNRS, 2010).

Fundamentado no Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2012), cada brasileiro produz aproximadamente 1,228 Kg de lixo por dia, o que resulta em 201.058 mil toneladas diárias em todo o país, da qual 51,4% são formados por resíduos orgânicos que podem ser transformados em excelentes fontes de nutrientes para as plantas, o que evidencia a grande importância de reaproveitar tais nutrientes, pois segundo dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (BRASIL – ANDA, 2013), o Brasil importa em média 70% do nitrogênio, fósforo e potássio que consome em fertilizantes.

Todo dia, mais de 70 milhões de toneladas de lixo e, com ele cerca de 24,5 milhões de toneladas de matéria orgânica são jogados nos aterros

sanitários espalhados por todo o país. Com isso desperdiça-se aproximadamente 490.000 toneladas de nutrientes, o suficiente para adubar 104.000 hectares de solo destinado a hortas, por exemplo. “É muita matéria orgânica e adubo, para passar despercebido.” (Agricult. Orgânica, 1991:96 apud JUNKES, 2002, p.65).

Gerenciar os resíduos, minimizando os problemas resultantes da disposição inadequada, significa administrar a produção e o consumo de bens possibilitando a reposição desses materiais no meio ambiente sem causar impactos (ALLGANER, 2006).

2.1.1 Resíduos da atividade pesqueira

Conforme a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca – Lei Federal nº 11.959, de 29 de junho de 2009, a atividade pesqueira compreende todos os processos de pesca, exploração e exploração, cultivo, conservação, processamento, transporte, comercialização e pesquisa dos recursos pesqueiros.

Com reservas de água doce superiores a 3.000 Km² nas Lagoas dos Patos, Mirim, Mangueira, a região Sul do Rio Grande do Sul é uma das principais produtoras de pescado de água doce do mundo (PIEDRAS e BAGER, 2007). Conforme dados do MPA (2011), a produção de pescado na Região Sul foi de 336.451,5 toneladas de pescado, representando 23,5% da produção nacional, 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 atacadista é o principal elo entre o produtor e o consumidor. Além disso, ele é responsável pela colocação do produto junto ao varejo (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).

Conforme o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), os resíduos da pesca e aquicultura oriundos do beneficiamento ou processamento de pescados são constituídos basicamente por cabeças, vísceras,

nadadeiras, peles, escamas e espinhos (SEBRAE, 2010) e podem representar mais de 50% da matéria-prima utilizada, variando conforme as espécies e o processamento (FELTES et al., 2010).

De acordo com Valente et al. (2014), normalmente no processamento do filé de peixe (filetagem), 65% do peso vivo são descartados, de modo que apenas 35% do pescado são aproveitados. 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% são encaminhados 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.

Neste contexto, Martins (2011), destaca que o resíduo do beneficiamento do pescado é toda a fração que não é aproveitada, por conta de limitações mercadológicas e tecnológicas, mas que contém características químicas semelhantes às da fração comercializada. Cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos de pescado, são descartadas no mundo (KRISTINSSON; RASCO; 2000; SANTANA-DELGADO et al., 2008; DRAGNES et al., 2009), fato que demonstra a baixa eficiência do setor pesqueiro em gerenciar de forma adequada esta matéria-prima, que por sua vez é rica em proteína de alto valor biológico (SIKORSKI, 1990; OETTERER, 2002; FAO, 2008), lisina e leucina (SHAHIDI; BOTTA, 1994), ácidos graxos da série ômega-3 (SOCCOL ; OETTERER, 2003), quitina e quitosana (MOURA et al. 2006; ASSIS; BRITTO, 2008) e taurina (DRAGNES et al., 2009).

2.2 Classificações dos resíduos da pesca

São várias as maneiras de se classificar os resíduos sólidos oriundos da pesca. As mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem (REVISTA BANAS, 2003).

Desta forma podemos classificar os resíduos de pescados, de acordo com a Norma Brasileira NBR 10.004 (BRASIL – ABNT, 2004), como:

- Classe I: Perigosos – Apresentam propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que oferecem risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças e danos ao meio ambiente, como é o caso dos resíduos de pescados contaminados;
- Classe II: Não Inertes – Possuem propriedades como: biodegradabilidade combustibilidade, ou solubilidade em água, como resíduos de pescado não contaminados.

Segundo SEBRAE (2010), os resíduos de Classe II da indústria pesqueira e da aquicultura são aqueles com maior potencial para a reciclagem.

Baseado na PNRS (2010), os resíduos sólidos provenientes da pesca, ainda podem ser classificados quanto a sua origem como:

- Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades, tal como os resíduos gerados da pesca artesanal.
- Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais, no caso, os mais variados tipos de descartes oriundos do processamento industrial de pescados.

2.3 Compostagem

A PNRS (2010), referente ao aproveitamento dos resíduos sólidos dispõem sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, pela qual analisa que a reciclagem dos resíduos sólidos 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 (BRASIL – PNRS, 2010).

Nesse contexto, a compostagem de resíduos orgânicos é um dos métodos mais antigos de reciclagem, durante o qual a matéria orgânica é transformada em fertilizante orgânico. Além de ser uma solução para os problemas dos resíduos sólidos, o processo de compostagem proporciona o retorno da matéria orgânica e de nutrientes ao solo (HAUG, 1980).

Segundo Dias (2009), compostagem é o conjunto de técnicas aplicado para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter, no menor tempo possível, material estável, rico em húmus e nutriente mineral; com atributos físicos, químicos e biológicos superiores (sob o aspecto agrônômico) àqueles encontrados na(s) matéria(s) prima(s).

A técnica da compostagem foi desenvolvida com a finalidade de acelerar com qualidade a estabilização da matéria orgânica. Na natureza, a humificação ocorre sem prazo definido, dependendo das condições ambientais e da qualidade dos resíduos orgânicos (COELHO, 2008).

De acordo com Kiehl (2004), a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, sendo caracterizada por uma fase inicial e rápida de fitotoxicidade. Posteriormente, ocorre uma fase de bioestabilização, atingindo finalmente a terceira fase, onde ocorre a humificação ou maturação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, como N, P, Ca e Mg, que passam da forma orgânica para a inorgânica, ficando disponíveis às plantas (KIEHL, 1985). Ainda ressalta que durante todo o processo ocorre produção de calor e o seu desprendimento, principalmente de gás carbônico e vapor d'água (KIEHL, 2004).

Bidone (2001) define a compostagem como um processo de decomposição aeróbia, onde a ação e a interação dos micro-organismos dependem da ocorrência

de condições favoráveis, como a temperatura, a umidade, a aeração, o pH, o tipo de compostos orgânicos existentes, a relação C/N, a granulometria do material e as dimensões das leiras. Peixoto (1988) afirma que é importante ressaltar que esses fatores ocorrem simultaneamente e que a eficiência do processo de compostagem baseia-se na interdependência e no inter-relacionamento desses fatores.

A compostagem trata-se, portanto, de um processo biológico, aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em substâncias húmicas mediada por micro-organismos benéficos tais como fungos, bactérias e actinomicetos (KUBITZA; CAMPOS, 2006; INÁCIO; MILLER, 2009). Desta forma, a compostagem, corretamente manejada, oferece ótimas condições para se obter a rápida estabilização dos componentes poluentes e os possibilitam retornar ao solo como um fertilizante natural, livre de bactérias patogênicas, vírus e parasitas (HAY 1996; KIEHL, 1998).

2.3.1 Microbiologia do processo de compostagem

Dias (2009) afirma que a conversão da matéria orgânica bruta ao estado de matéria humificada é um processo microbiológico operado por bactérias, fungos e actinomicetos. Durante a compostagem há uma sucessão de predominâncias entre as espécies envolvidas.

Neste sentido, Nogueira e Costa (2011) afirmam que o processo de compostagem pode ser dividido em três estágios: a) mesofílico, b) termofílico e c) maturação final. Durante o início do processo de compostagem os resíduos se apresentam com temperatura próxima à do ambiente. Os organismos mesofílicos, à medida que se multiplicam, promovem a elevação rápida da temperatura. Este aumento ocorre, em geral, no segundo dia do início do processo, desde que haja um meio adequado ao desenvolvimento dos micro-organismos. Após esta fase, a temperatura se eleva, passando a degradação da matéria orgânica a ser efetuada pelos organismos termofílicos, que se multiplicam quando a temperatura atinge a faixa de 45°C a 70°C.

No início da decomposição dos resíduos orgânicos (fase mesófila), predominam bactérias, que são responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica, promovendo a liberação de calor na massa em compostagem (CORRÊA et al., 1982). Nesta fase, ocorre também a atuação de fungos, que são seres heterotróficos, pois utilizam a matéria orgânica sintetizada pelas bactérias e outros microrganismos, como fonte de energia (PEREIRA NETO, 2007). Esses microrganismos são importantes para decompor os açúcares, os amidos, as proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão presentes nos resíduos sólidos orgânicos. A decomposição das moléculas mais complexas para substâncias mais simples é realizada através de reações enzimáticas. Os micro-organismos sintetizam enzimas que atacam e decompõem o constituinte orgânico (KIEHL, 1998). Com o aumento da temperatura devido à liberação de calor, ocorre a morte de microrganismos mesófilos (PEIXOTO, 1988), havendo a multiplicação de actinomicetos, das bactérias e dos fungos termófilos (RIFFALDI et al., 1986). Os micro-organismos mesófilos decompõem-se rapidamente, incorporando nitrogênio na forma inorgânica à massa de compostagem (BARLEY, 1961). Nesta fase as bactérias degradam os lipídeos e frações de hemicelulose, enquanto que a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos (KIEHL, 1985). Esses micro-organismos têm a capacidade de utilizar a celulose como fonte de carbono e energia (MELO, 2000), que é o mais abundante polímero encontrado na matéria orgânica vegetal (TAUK, 1990). A lignina é extremamente resistente ao ataque de micro-organismos, sendo o último material a ser degradado na compostagem (KIRK; FARRELL, 1987).

Kiehl (2004) afirma que durante todo o processo, ocorre produção de calor, desprendimento de CO_2 e de vapor de água, sendo estas características relacionadas ao metabolismo exotérmico dos micro-organismos, à respiração dos mesmos e à evaporação de água, que é favorecida pelo aumento da temperatura gerada no interior da massa em compostagem (ZUCCONI; BERTOLDI, 1991).

2.3.2 Fatores que afetam a compostagem

Por ser um processo microbiológico, sua eficiência depende da ação e da interação de micro-organismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como a umidade, os nutrientes, a aeração, a temperatura, o pH, os tipos de compostos orgânicos existentes, a relação carbono/nitrogênio, a granulometria do material e as dimensões das leiras (BIDONE, 2001).

2.3.2.1 Temperatura

A temperatura é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade metabólica dos micro-organismos, a qual é diretamente afetada pela taxa de aeração (LI; ZHANG; PANG, 2008), pelo teor de umidade (PETRIC; SESTAN; SESTAN, 2009; KUMAR; OU; LIN, 2010; KARADG et al., 2013), pela granulometria (BERNAL; ALBUQUERQUE; MORAL, 2009; BERNHARDT; FASINA, 2009; RUGGIERI et al, 2012) e pela disponibilidade de nutrientes (PIOTROWSKA-CYPLIK et al., 2013; VALENTE, 2013).

A temperatura é um fator indicativo do equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e que reflete a eficiência do processo de compostagem. Caso a leira, em compostagem, registrar temperatura da ordem de 40-60°C no segundo ou terceiro dia é sinal que o ecossistema está bem equilibrado e que a compostagem possui todas as chances de ser bem sucedida. Caso contrário é sinal de que algum ou alguns parâmetros físico-químicos (pH, relação C/N, umidade) não estão sendo respeitados, limitando assim a atividade microbiana (KIEHL, 1998). Contudo, Valente et al. (2009) afirmam que a elevação da temperatura é apenas um indicativo do equilíbrio microbiológico, não podendo ser utilizada isoladamente como parâmetro de maturidade do composto, já que outros fatores influenciam o processo de compostagem.

Ainda que a elevação da temperatura seja necessária e importante para a eliminação de micro-organismos patogênicos, alguns pesquisadores observaram

que a ação dos micro-organismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C e que acima deste valor o calor limita as populações aptas a realizar a degradação, havendo um decréscimo da atividade biológica (KIEHL,1998). Neste sentido, Sivakumar et al. (2008), ressalta que temperaturas acima de 50°C proporcionam condições desfavoráveis para a sobrevivência e para o desenvolvimento dos micro-organismos patogênicos, que geralmente são mesofílicos. Porém, temperaturas acima de 70°C, por longos períodos, são consideradas desaconselháveis porque restringem o número de micro-organismos na massa de compostagem, podendo ocasionar a insolubilização de proteínas hidrossolúveis e o desprendimento de NH₃, principalmente quando o material possui baixa relação C/N (KIEHL, 2004).

2.3.2.2 Umidade

A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos micro-organismos, de modo geral, situa-se entre 50% e 60%. Teores de umidade maiores que 65%, faz com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, proporcionando uma decomposição lenta, queda de temperatura, produção de mau cheiro, atração de vetores, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. Se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40% a atividade biológica é inibida, bem como a velocidade de biodegradação (FERNANDES, 1999).

Richard et al. (2002) ressalta que o excesso de umidade reduz a penetração de oxigênio na leira, uma vez que a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando os seus micro e macroporos (ECO-CHEM, 2004), afetando as propriedades físicas e químicas do composto (TIQUIA et al., 1998). Neste contexto, durante o processo de compostagem a matéria orgânica vai sendo humificada, aumentando a sua capacidade de retenção de água (KIEHL, 1985).

Carli (2010) afirma que o teor de umidade é controlado com base na capacidade de aeração da massa de compostagem, nas características físicas do

material e na necessidade de satisfazer à demanda microbiológica. Nesse contexto, Oliveira (2001) afirma que ocorrem perdas de água devido à aeração, e em geral, o teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo, sendo considerado ótimo o teor de 30% no final do processo.

Valente et al. (2009), destaca que a umidade interfere indiretamente na temperatura do processo de compostagem, que é uma consequência da atividade metabólica dos micro-organismos, que ocorre na fase aquosa. A umidade tem, portanto, juntamente com a aeração, o pH, a relação C/N, a granulometria do material e as dimensões das leiras, um efeito direto sobre o desenvolvimento de microrganismos e indireto sobre a temperatura do processo de compostagem, sendo que a temperatura considerada ótima varia em função do tipo de material a ser compostado e do material celulósico utilizado.

2.3.2.3 Oxigenação

A aeração é o principal meio de controle dos principais parâmetros da compostagem, influenciando na temperatura, a porosidade e a umidade da massa orgânica, favorecendo o desenvolvimento da atividade decompositora dos microrganismos pela disponibilização de oxigênio, que consequentemente reduz a liberação de odores desagradáveis, por impedir a anaerobiose (PEREIRA NETO, 2004).

De acordo com Daí Prá (2006), a compostagem é um processo estritamente aeróbio. Na compostagem aeróbia ocorre a decomposição dos resíduos orgânicos na presença de oxigênio e por microrganismos aeróbios, sendo caracterizada pela alta temperatura desenvolvida na massa de compostagem, pelo menor tempo de degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxigenação e oxidação, havendo a liberação de gás carbônico e água (KIEHL, 2004). Em contrapartida, a compostagem quando ocorre na ausência de oxigênio, ocorre o processo de putrefação realizado por bactérias quimioheterotróficas e metanogênicas, sendo caracterizada pela baixa temperatura, pelo maior tempo de cura em relação ao processo aeróbio e pelas reações de redução química de produtos intermediários,

que ocorrem na massa em fermentação, produzindo metano e gás carbônico, além de reduzir o teor de nitrogênio por volatilização de amônia (SPEECE, 1983 apud LUCAS JR, 1995).

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica (Peixoto, 1988), sendo classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (PEREIRA NETO, 1994; KIEHL, 2004). Entretanto, quando se busca a compostagem como tratamento de resíduos orgânicos, procura-se oferecer um ambiente aeróbio para que os micro-organismos se desenvolvam, diminuindo assim a emissão de odores e de gases causadores do efeito estufa como o metano e o óxido nitroso (VALENTE et al., 2009). Desta forma, Costa (2005) afirmam que a intensificação dos revolvimentos nas leiras diminui o tempo de compostagem.

Segundo Kiehl (1985), revolver o material em processo de compostagem consiste em inserir a camada externa no espaço interno das pilhas, remexendo as camadas de modo a homogeneizar e oxigenar a massa orgânica.

As leiras podem ser aeradas por meio de revolvimentos manuais, fazendo com que as camadas externas se misturem às internas, que estão em processo de decomposição mais adiantada, entretanto, a falta de revolvimento das leiras produz forte odor, fazendo com que as bactérias anaeróbicas se ativem e promovam a fermentação anaeróbica e também a putrefação da massa. Contudo, Kiehl (2004) ressalta que o excesso de aeração pode secar demais a leira, acarretando a formação de canais preferenciais para a passagem do ar, prejudicando a distribuição uniforme do oxigênio por toda a massa.

2.3.2.4 pH

Os níveis de pH muito baixos ou muito altos reduzem ou até inibem a atividade microbiana (FERNANDES et al., 1999). Em contra partida, Valente et al.

(2009) afirma que o pH ácido dos resíduos orgânicos é um fator que não deve ser levado em consideração quando se procura estabelecer condições adequadas para o desenvolvimento da compostagem, já que durante o processo ocorre diversas reações químicas do tipo ácido-base e de óxido-redução que irão regular esta acidez, gerando um produto final com pH entre 7,0 e 8,5. Corroborando com Valente et al. (2009), Kiehl (1998) assegura que o pH da massa de compostagem não é, usualmente, um fator crítico no processo, pois se verifica a existência de um fenômeno de autorregulação do pH, efetuado pelos micro-organismos no decorrer do processo.

Para Pereira Neto (2007) a técnica de compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, sendo que os valores extremos são automaticamente regulados pelos micro-organismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio. Entretanto, Rodrigues et al. (2006) afirma que a faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos micro-organismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH.

Valente et al. (2009) asseguram que apesar da incongruência apontada por Rodrigues et al. (2006) e Pereira Neto (2007), quanto aos valores ótimos de pH, que não há problemas em se utilizar substratos que apresentem baixo pH, já que durante a compostagem ocorrerá inúmeras reações químicas que irão regular esta acidez, gerando um produto final com pH entre 7,0 e 8,5. Neste sentido, Isoldi (1998) afirma que as reações do tipo ácido-base e de óxido-redução são de extrema importância na compostagem. Todavia, Bernal, Albuquerque e Moral (2009) ressaltam que o pH é um fator importante no controle das perdas de nitrogênio pela volatilização de amônia, que pode ocorrer em valores maiores do que 7,5.

2.3.2.5 Relação carbono/nitrogênio

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas (RASHAD; SALEH; MOSELHY, 2010) e seus efeitos no

crescimento microbiológico, já que a atividade dos micro-organismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de Carbono como fonte de energia, quanto de Nitrogênio para síntese de proteínas e multiplicação (ERICKSON et al., 2009). Deste modo, a relação C/N deve ser determinada no material a ser compostado, para efeito de balanço de nutrientes, e também no produto final, para efeito de qualidade do composto (MORREL et al., 1985).

A relação C/N dos substratos compostados também é constantemente considerada como um indicador da disponibilidade de N para o processo de degradação biológica (FOURTI, 2013). A quantidade de N exigida por unidade de C varia com os tipos de micro-organismos envolvidos no processo (HUANG et al., 2004; ZHOU et al., 2004). Pereira Neto (2007) afirma que o tempo necessário para que se processe a decomposição e a mineralização é, em grande parte, determinado pela concentração de N da matéria orgânica. Entretanto, Doublet et al. (2011) salientam que a qualidade do C, a ser digerido, também interfere na velocidade e na quantidade de C que será transformado em CO₂ durante a compostagem.

Fourtl (2013) salienta que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 20/1 e 25/1. Embora os micro-organismos absorvam C e N da matéria orgânica na relação 30/1 (KIEHL, 2004), a relação C/N ideal não deve ser considerada um valor absoluto, já que é dependente da qualidade de carbono disponível para a biomassa microbiana, devendo variar com as características dos substratos a compostar. Os autores salientam ainda que quando parte do C disponível é de difícil degradação, como a celulose, a lignina e a hemicelulose, é aconselhável uma relação C/N inicial maior, pois o C biodisponível é inferior ao C total.

Durante o processo de compostagem verifica-se, portanto, uma redução da relação C/N em decorrência da oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos, que liberam CO₂ através da sua respiração (ZHANG e HE, 2006), diminuindo assim a concentração de C, atingindo uma relação C/N de 18/1 no final do processo.

2.3.2.6 Granulometria

A granulometria ou dimensão das partículas é uma importante característica a ser considerada, pois interfere no processo de compostagem. Segundo Kiehl (1985), a decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos micro-organismos, acelerando o processo de decomposição. Porém, Rodrigues et al. (2006) afirma que materiais com granulação muito fina geram poucos espaços porosos, dificultando a difusão de oxigênio no interior da leira, favorecendo o surgimento de condições anaeróbias.

A dimensão das partículas determina o movimento de líquidos e gases na leira, sendo que materiais grosseiros, por possuírem mais macroporos, proporcionam um maior fluxo de oxigênio, que ficará retido nos poros, o que proporcionará a multiplicação de microrganismos e com isso o aumento da temperatura (PEIXOTO, 1988; KIEHL, 2004).

Nesse contexto Pereira Neto (1996), apud Büttenbender (2004), descreve que os resíduos orgânicos, quando necessário devem ser submetidos a uma correção no tamanho das partículas, no sentido de favorecer a:

- Homogeneização da massa em compostagem;
- Porosidade;
- Redução da compactação;
- Aumento da capacidade de aeração.

De modo geral o tamanho das partículas deverá estar entre 25 e 75 mm, para se obter ótimos resultados (FERNANDES et al., 1999).

2.3.2.7 Dimensão das leiras

O dimensionamento adequado das leiras é de grande importância para a compostagem de resíduos orgânicos. Uma leira de compostagem deve ter um tamanho suficiente para impedir a rápida dissipação de calor e umidade e, ao mesmo tempo, permitir uma boa circulação de ar (RODRIGUES et al., 2006). De acordo com Kiehl (2004), a altura do material deve estar entre 1,5 m e 1,8 m. No entanto, Valente et al. (2009) afirmam que uma altura mínima de 0,80 m deve ser respeitada, abaixo da qual não existem condições adequadas para a formação e manutenção da temperatura.

2.4 Maturação e qualidade do composto

Kiehl (2004) afirma que a maturidade do material compostado, é resultado de uma correta decomposição microbiológica da matéria orgânica, originando nutrientes na forma inorgânica e húmus, destacando que um composto de qualidade, além de ter uma perfeita maturidade, deve apresentar características e propriedades que não torne o produto inadequado para o uso agrícola. Miller (1992) define que um composto maduro é aquele que não produz efeitos inibitórios ou fitotóxicos.

Pereira Neto (2007) afirma que o uso de adubo não maturado poderá ocasionar vários outros efeitos nocivos ao plantio, como a liberação de amônia no solo, que poderá danificar as raízes das culturas; a alta relação C/N, que ocasionará a redução bioquímica de N do solo; e a contaminação por possíveis patógenos. Por outro lado, Haug (1993) ressalta que a estabilização completa não é desejável, porque o valor do composto orgânico como adubo depende, em parte, do seu conteúdo orgânico.

3. METODOLOGIA

3.1 Local e duração do experimento

O experimento foi desenvolvido no Setor de Compostagem do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica (LEEZO) “Professor Doutor Renato Rodrigues Peixoto” (Fig. 1), 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.



Figura 1 - Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica (LEEZO)

3.2 Material Experimental

3.2.1 Resíduo sólido de origem vegetal

Foram utilizadas partículas de madeira como fonte carbonácea para o processo de compostagem, denominadas de maravalha (Fig. 2). A maravalha é um produto originado pelo beneficiamento e plainagem de tábuas de pinus (*Pinus spp.*), com granulometria média de 2,40mm (DAÍ PRÁ, 2006).



Figura 2 - Maravalha de pinus (*Pinus* spp.)

3.2.2 Resíduo sólido de origem animal

Os resíduos da filetagem de pescado (Fig. 3) da atividade pesqueira foram utilizados como fonte de nitrogênio para a realização do experimento. Os resíduos foram obtidos junto às peixarias da Colônia de pescadores Z3 do município de Pelotas/RS.



Figura 3 - Resíduos da filetagem de pescado

3.3 Montagem do experimento

A compostagem dos resíduos da atividade pesqueira foi realizada em duas etapas. A primeira etapa foi desenvolvida em uma célula 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 (Fig. 4). A parte superior da célula de compostagem era aberta e protegida por uma estrutura telada (permitindo total ventilação e proteção contra a entrada de insetos e animais) 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 4 - Célula de compostagem

A unidade experimental foi preenchida com maravalha de pinus (*Pinus spp.*) e resíduos da filetagem de pescado na proporção de 3:1, respectivamente. As proporções entre as matérias primas iniciais foram fundamentadas em estudos de Liao et al. (1995) e Laos et al. (2002), que utilizaram 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 a 28,10 kg por camada.

As porções de resíduos da filetagem foram arranjadas sobre as camadas de maravalha, respeitando a distância de 0,10 m entre elas, das paredes e da parte frontal da célula de compostagem (Fig. 5). Assim, foi disposto 9,5 kg de resíduos de pescado por camada. 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 8,4 L por camada.



Figura 5 - Disposição dos resíduos de pescado

Foram introduzidas na biomassa cinco estacas de madeira numeradas, a uma distância de 0,20 m entre elas e da lateral da parede da célula de compostagem com o intuito de demarcar os pontos de coleta e de aferição. Em cada um dos cinco pontos, foi disposto um tubo de PVC, com 1,00 m de comprimento, fechado em uma das extremidades e perfurado a uma altura de 0,20 m com a finalidade de propagar no seu interior o calor produzido durante a compostagem, facilitando assim as avaliações da temperatura da massa em compostagem dentro do cano (Fig. 5).

Após a primeira etapa do processo, a biomassa foi retirada e pesada, com o intuito de posteriormente realizar o 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 adicionado foi de 80,22 L durante o revolvimento da pilha a cada 15 dias. A segunda etapa foi realizada em um galpão coberto, com piso impermeabilizado e com paredes laterais fechadas com tela (Fig. 6), onde foi formada uma pilha da biomassa do primeiro estágio nas dimensões de 1,50 m de comprimento, 1,40 m de largura e 1,00 m de altura, durante um período de 30 dias.



Figura 6 - Galpão utilizado na segunda etapa do experimento

3.3.1 Coleta das amostras

As análises físico-químicas da biomassa foram realizadas em triplicata, sendo que a primeira amostragem correspondeu aos resíduos de origem vegetal (maravalha) e origem animal (peixe), conforme Tab. 1. As seguintes coletas foram realizadas nos pontos previamente determinados pelas estacas, utilizando de um outro tubo de PVC com 55 mm de diâmetro para coletar as amostras, nos períodos de 30 e 60 dias da primeira etapa e aos 30 dias do início da segunda etapa do processo, correspondendo respectivamente a T1, T2 e T3.

Tabela 1 - Composição físico-química dos substratos iniciais

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

Valores médios de três replicatas. nd: não determinado

3.4 Variáveis Analisadas

3.4.1 Temperatura da biomassa

As medidas das temperaturas da biomassa, foram realizadas às 9:00 h, a 0,20 m da base da célula de compostagem (no interior do cano de PVC), com auxílio de um termohigrômetro digital ($\pm 0,1$ °C INCOTERM), enquanto que às temperaturas superficiais foram aferidas com o auxílio de um termômetro infravermelho (± 5 °C SK-8700), conforme ilustra a Fig. 7.

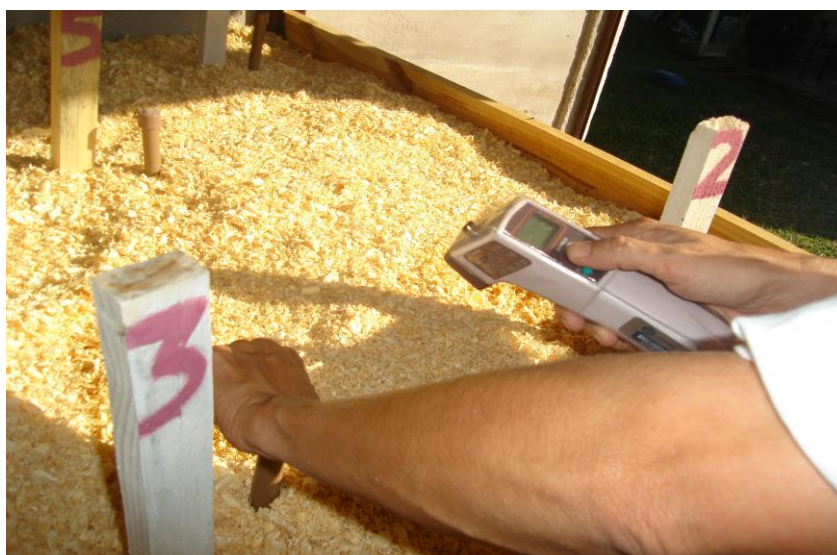


Figura 7 - Aferição das temperaturas superficiais

3.4.2 Temperatura ambiente do ar

As informações sobre a temperatura ambiente média diária, relativa ao período do processo de compostagem, foram obtidas junto à Estação Agroclimatológica da UFPEL, situada na região sul do Rio Grande do Sul, no município de Capão do Leão/RS, estando localizada no mesmo campus da universidade onde foi desenvolvido o experimento.

3.4.3 Umidade

A matéria seca foi verificada seguindo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2004), na qual a secagem das amostras foi realizada em estufa à uma temperatura de 105°C, aplicando-se a equação **$U = 100 - \% \text{ de matéria seca}$** .

3.4.4 pH

O potencial hidrogeniônico foi determinado através da medição (pHmetro) dos resíduos em solução aquosa, conforme metodologia proposta por Silva e Queiroz (2004).

3.4.5 Cinzas

O teor de cinzas foi obtido através da incineração total da matéria orgânica em forno mufla a 600°C por aproximadamente 2h ou até que se obtivesse uma cinza clara, conforme metodologia proposta por Silva e Queiroz (2004).

3.4.6 Matéria Orgânica Total

Conforme metodologia proposta por Kiehl (1985), a diferença de peso entre a matéria seca e suas cinzas corresponde a porcentagem do material orgânico presente na amostra, sendo o teor de matéria orgânica representado pela equação **$MO = 100 - \% \text{ de cinzas}$** .

3.4.7 Carbono Orgânico Total

O teor de carbono orgânico total foi obtido através da divisão da matéria orgânica total por 1,8 (fator de Bemmelen), ou seja: **$C = MO/1,80$** , conforme descrito por KIEHL (1985).

3.4.8 Nitrogênio total

O nitrogênio total foi determinado através da digestão da amostra (com ácido sulfúrico), destilação e titulação com o auxílio do aparelho Micro Kjeldahl (SILVA; QUEIROZ, 2004).

3.4.9 Relação C/N

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).

3.4.10 Índice de mineralização do composto

O cálculo do índice de mineralização do composto foi obtido através da equação $IMC = \% CZ \div \% C$, “onde %CZ = porcentagem de cinzas na amostra; %C = porcentagem de carbono orgânico total na amostra”, segundo Drozd et al. (1997).

3.5 Análise estatística

Para a análise estatística dos resultados, 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%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises das Temperaturas

Um dos principais fatores indicativos da eficiência do processo de compostagem é a temperatura, pois a presença de calor é o primeiro indício de que o processo de compostagem está se desenvolvendo adequadamente (KIEHL, 1998).

Na Fig. 8 são apresentadas as médias da temperatura interna, superficial da biomassa e temperatura ambiente durante os 90 dias do processo de compostagem, assim como o comportamento quadrático obtido através das regressões polinomiais das médias.

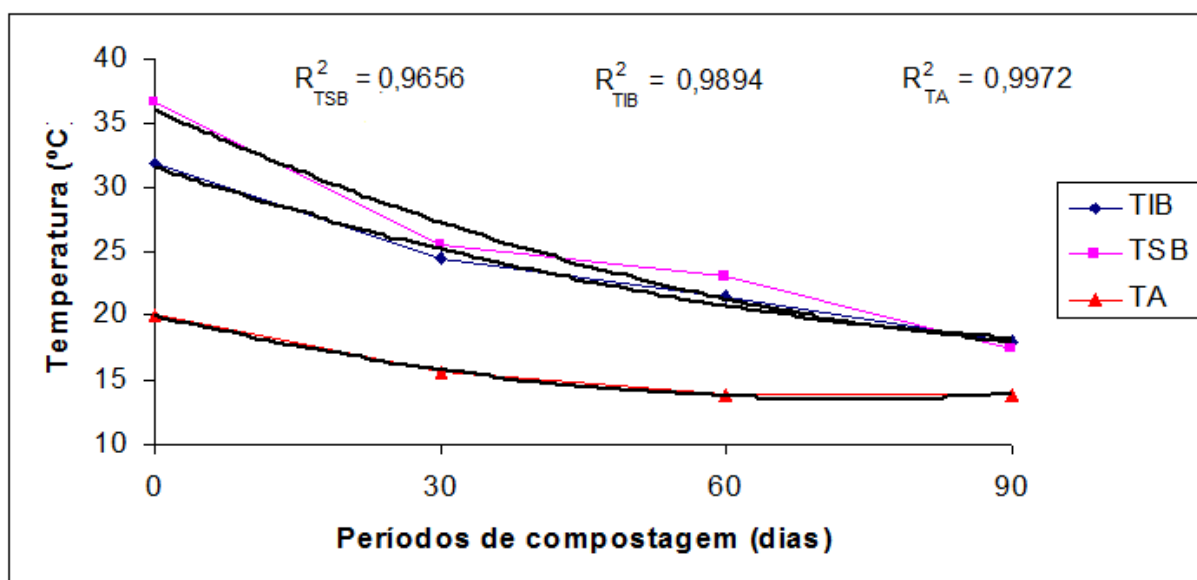


Figura 8 - Médias das temperaturas durante a compostagem. TIB: temperatura interna da biomassa. TSB: temperatura superficial da biomassa. TA: temperatura ambiente

Observando a figura acima, verifica-se um rápido acréscimo da temperatura interna da biomassa (aprox. 31,8 °C) em relação a temperatura ambiente do ar (aprox. 20°C), devido a uma intensa atividade microbológica mesofílica, provavelmente em virtude 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.

Corrêa et al. (1982), afirmam que no início do processo de decomposição, predominam bactérias que são responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica, elevando a produção de calor no interior da biomassa. Nesse sentido, Pereira Neto (2007) salienta que na fase inicial da compostagem, fungos utilizam como fonte de energia a matéria orgânica sintetizada pelas bactérias, promovendo a decomposição de açúcares, amidos, proteínas e outros compostos facilmente degradáveis, além de promover rapidamente a elevação da temperatura. Concomitantemente, os micro-organismos utilizam o C solúvel 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 durante a oxidação da matéria orgânica, ficando o calor retido no interior da biomassa, devido ao metabolismo dos micro-organismos ser exotérmico (TANG et al., 2004).

Entretanto, no período subsequente houve decréscimos progressivos na temperatura interna da biomassa, demonstrando que o experimento não atingiu temperaturas termofílicas (Fig. 8), podendo ser observado através do comportamento quadrático da temperatura interna ($TIB = 31,565 - 0,2441x + 0,0011x^2$ / $R^2 = 0,98$) 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 ($TSB = 36,021 - 0,3357x + 0,0015x^2$ / $R^2 = 0,96$) e da temperatura ambiente do ar ($TA = 20,04 - 0,1787x + 0,0012x^2$ / $R^2 = 0,99$). Estas verificações demonstram uma longa fase mesófila, possivelmente o volume de 1,65 m³ de biomassa possa ter favorecido as perdas de calor, prejudicando assim o desenvolvimento do processo de compostagem. Nesse sentido, Kiehl (2004) explica que leiras baixas (<1,5 m) perdem umidade e calor rapidamente, prejudicando o desenvolvimento de micro-organismos termófilos. As variações de temperatura durante a compostagem é resultado do balanço térmico entre o calor gerado pelos micro-organismos e o calor 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 consequência dos limitantes do processo, os micro-organismos mesofílicos mantiveram-se presente durante 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, associado ao tipo de C do agente de estruturação, prejudicam o desenvolvimento dos micro-organismos termófilos.

4.2 Análises da composição química da biomassa

Analisando a Tab. 2, pode-se constatar um 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.

Tabela 2 - Composição química da biomassa durante a compostagem da mistura de resíduos de pescado 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 | $0,1 \pm 0,07$ | $0,1 \pm 0,06$ | $0,1 \pm 0,01$ | - |

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

Neste sentido, Valente et al. (2009) explica que 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. Consequentemente, a qualidade do C interfere na velocidade e na quantidade de C que será convertido em CO₂ durante a compostagem (COSTA et al, 2005).

Os valores obtidos para o índice de mineralização do composto (IMC) foram inferiores aos recomendados por Drozd et al. (1997), que asseguram que, quanto maior o índice ($>1,30$), maior 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 pequena taxa de oxidação da matéria orgânica total, que está diretamente relacionada à redução da liberação de CO₂ 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. Sharma et al. (1997) afirmam que a relação C/N é um índice utilizado para avaliar os efeitos significativos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos depende do conteúdo de carbono e também do conteúdo de nitrogênio, e ainda, Zhu (2007) afirma que valores 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 correspondentes a 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 NH₃, isto sugere que a carga aplicada de resíduo da filetagem por unidade volume de maravalha pode ser maior do que a utilizada no presente trabalho. A volatilização do N na forma de NH₃ pode concorrer com a sua imobilização pelos micro-organismos, principalmente na presença de altos valores de relação C/N, e também na presença de C recalcitrante, como a lignina (LECONTE et al., 2009). Simultaneamente, o NH₃ produzido pode inibir a atividade microbiana (EL KADER et al., 2007).

De acordo com Liang et al. (2003), a umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos micro-organismos. No entanto, a adição de água aos 90 dias ($63,9 \pm 1,25\%$) do processo, bem como os revolvimentos a cada

15 dias, se demonstraram ineficientes para promover a oxidação da matéria orgânica total, demonstrando que a disponibilidade de nutrientes prontamente assimiláveis teve uma maior influência sobre o metabolismo microbiano. Podendo ser constatado pela falta de N total dos resíduos de pescado, que haviam sido parcialmente degradados aos 30 dias e completamente decompostos aos 60 dias de compostagem (Fig. 9), momento em que foi realizada a segunda etapa do processo (montagem da pilha de biomassa). Também pode-se averiguar que a maravalha apresentou estrutura inicial praticamente inalterada ao final dos 90 dias de experimento, evidenciando certa resistência à degradação microbiana, devido ao tipo de C presente (LECONTE et al., 2009).



Figura 9 - Resíduos de pescado aos 60 dias de compostagem

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 potencial hidrogeniônico (pH), apresentou 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 ($\text{pH} = 6,8$) aos 60 e 90 dias, decorrentes da atividade metabólica dos micro-organismos nos substratos. Leconte et al. (2009) 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 CO₂.

Considerando a biomassa produzida, pode ser constatado na Tab. 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), o que limita a sua utilização como fertilizante orgânico simples, segundo às 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 NH₃, que estará indisponível para as raízes das plantas.

5. CONCLUSÕES

O processo de compostagem é uma alternativa tecnológica eficiente no tratamento dos resíduos de filetagem da atividade pesqueira, podendo contribuir com a almejada sustentabilidade da pesca artesanal exercida na Colônia de pescadores Z3.

A tecnologia empregada para o tratamento dos resíduos orgânicos oriundos da atividade pesqueira favorece o gerenciamento, a minimização e a administração dos problemas resultantes da disposição inadequada dos resíduos, além de reinserir esses materiais no ambiente.

A baixa temperatura apresentada durante o período experimental se deve a alta relação C/N inicial, não permitindo o desenvolvimento dos micro-organismos termofílicos, o que consequentemente afetou a eficiência do processo de compostagem.

O produto final da compostagem apresentou estrutura praticamente intacta da maravalha, em virtude da rápida decomposição dos mesmos e à alta relação C/N no decorrer dos 90 dias do experimento, sugerindo que uma maior proporção de fonte proteica poderia ter sido utilizada.

Ao final dos 90 dias de compostagem, o agente de estruturação proporciona compostos imaturos o que possibilita que o mesmo seja utilizado novamente como fonte de carbono para os micro-organismos. Entretanto, não deve ser utilizado quando o objetivo for a sua aplicação como fertilizante orgânico, pois o mesmo consumiria o nitrogênio disponível no solo.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos sólidos: Classificação**, NBR 10.004, 71 p. 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 116p. 2012.

AHN, H. K.; SAVER, T. J.; RICHARD, T. L.; GLANVILLE, T. D. Determination of thermal properties of composting bulking materials. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 3974-3981, 2009.

AHN. H. K.; RICHARD, T. L.; CHOI, H. L. Mass and thermal balance during composting of a poultry manure – Wood shavings mixture at different aeration rates. **Process Biochemistry**, v. 42, p. 215-223, 2007.

ALLGANER, K.; PAOLI, M.; SPINACÉ, M. A. S. **Gerenciamento De Resíduos Sólidos Em Unidade De Posto Revendedor De Combustíveis**. UNICAMP, Campinas, SP, 2006. Disponível em: <<http://www.lpcr.iqm.unicamp.br/>>. Acesso em: 04 de Abril de 2014.

ASSIS, O. B. G; BRITTO, D. Processo básico de extração de quitinas e produção de quitosana a partir de resíduos da carcinicultura. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v.14, n.1, p.91-100, 2008.

BALDISSEROTO, B. Piscicultura continental do Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 291-299, 2009.

BARLEY, K. P. The abundance of earthworms in agricultural land and their possible significance in agriculture. **Advances in Agronomy**, v.13, p.169-181, 1961.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v.100, p.5444-5453, 2009.

BERNHART, M.; FASINA, O. O. Moisture effect on the storage, handling and flow properties of poultry litter. **Waste Management**, v.29, p.1392-1398, 2009.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES/RJ**, 2001.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2014.

BRASIL. **Associação Nacional para Difusão de Adubos**. Disponível em <http://www.anda.org.br/estatistica/Principais_Indicadores_2013.pdf> Acesso em: 29 de março de 2014.

BRASIL. Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009. **Diário Oficial**. 29 jun. 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.

BRASIL. **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. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 23 de maio de 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. 60p. 2011. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL3.pdf Acesso em: 01 de mar. 2014.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura**. Disponível em <<http://www.mpa.gov.br/pescampa/artesanal>> Publicado em 29 Agosto 2011. Acesso em: 29 de março de 2014.

BÜTTENBENDER, Sandro Edésio. **Avaliação da Compostagem da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos Provenientes da Coleta Seletiva Realizada no Município de Angelina - SC**, 2004. Disponível em <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PGEA0192>>. Acesso em: 20 de Abril de 2014.

CARLI, Salete Terezinha. **USO DE DEGRADADORES BIOLÓGICOS NA ACELERAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS VEGETAIS E PALHAS DE EMBALAGEM – ESTUDO DE CASO NA CEASA-CURITIBA**. 159 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tuiuti do Paraná – Curitiba – PR, 2010.

COELHO, Fábio Cunha. **Manual Técnico**, Programa Rio Rural. Niterói: 2008. Disponível em: <[http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/03%20 Composto %20Organico.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/03%20Composto%20Organico.pdf)>. Acesso em 16 de Abril de 2014.

CORRÊA, D.; PRESSI, F. P.; JACOMETTI, M. L. G.; SPITZNER JR., P. I.; PAREDES, E. A. Tecnologia de fabricação de fertilizantes orgânicos. In: CERRI, C. C.; ATHIÉ, D. The regional colloquium on soil organic matter studies. **Proceedings...** São Paulo, 1982, p.217-222.

COSTA, M. S. S. de. M.; COSTA, L. A. de. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A. V.; ORTOLAN, M. L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 549-556, 2005a.

DAÍ PRÁ, Marcos Antonio. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 127f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

DIAS, DIVANITA CÂNDIDA DA SILVA. **ESTRATÉGIAS PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PIRACANJUBA-GO**. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Goiás - Goiânia – GO, 2009.

DOUBLET, J.; FRANCOU, C.; POITRENAUD, M.; HOUOT, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability. **Bioresource Technology**, v.102, p.1298-1307, 2011.

DRAGNES, B, T; STORMO, S, K; LARSEN, R; ERNSTSEN, H,H; ELVEVOLL, E, O. Utilisation of fish industry residuals: Screening the taurine concentration and angiotensin converting enzyme inhibition potential in cod and salmon. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego v. 22, p. 714–717, 2009.

DROZD, J.; JAMROZ, E.; LICZNAR, M.; LICZNAR, S. E.; WEBER, J. Organic matter transformation and humic indices of compost maturity stage during composting of municipal solid wastes. **Grunwaldzka**, v. 53, p. 855-861, 1997.

Ecochem.**Composting process**. 2004. Disponível em < [http:// www. Ecochem .com/t_compost_faq2.ht ml](http://www.Ecochem.com/t_compost_faq2.html) >. Acesso em: 22 de abril de 2014.

EL KADER, N. A.; ROBIN, P.; PAILLAT, J. M.; LETERME, P. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technology**, v.98, p.2619-2628, 2007.

ERICKSON, M.; LIAO, J.; MA, L.; JIANG, X.; DOYLE, M. P. Inactivation of *Salmonella* spp. In cow manure composts formulated to different initial C:N ratios. **Bioresource Technology**, v.100, p.5898, 2009.

FAO. **Estado mundial da pesca e da aquicultura 2008**. Roma. 196 p

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p. 669 – 677, 2010.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. PROSAB, UEL: Londrina, 1999. Disponível em [http://www.finep.gov.br/Prosab/livros/Livro%20 Compos- tagem.pdf](http://www.finep.gov.br/Prosab/livros/Livro%20Compos-tagem.pdf). Acesso em: 22 de abril de 2014.

FERREIRA, J. A. **Resíduos Sólidos: Perspectivas Atuais**. In: SISINO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. p. 19-40.

FIGUEIRA, Michel Constantino. **COLÔNIA DE PESCADORES Z3, PELOTAS – RS: DA CRISE NA PESCA À EXPANSÃO DO TURISMO COM BASE NO PATRIMÔNIO CULTURAL**. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas - Pelotas – RS, 2009.

FOURTI, O. The maturity tests during the composting of municipal solid wastes. **Resources, Conservation and Recycling**, v.72, p.43-49, 2013.

GRANZIERA, M. L. M., **Direito Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2009.

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

HAUG, R.T. **Compost engineering**: principles and practices. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1980, 655p.

HAY, J. C. Pathogen destruction and biosolids composting. **Biocycle**, Emmaus, v. 37, n. 6, p. 67-76, 1996.

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ, L. G.; OLIVEIRA, P. A. V.; MATTEI, R. M.; COMIN, J. J. 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.

HUANG, G. F. A.; WONG, J. W. C.; WU, Q. T.; NAGAR, B. B. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. **Waste Management**, v. 24, p.805–813, 2004.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem**: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS (IBAMA) (2007) **Estatística da pesca 2007**, Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros, 17p.

ISOLDI, L.A. 1998. **Remoção de nitrogênio de águas residuárias da industrialização de arroz por tecnologias performantes**. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Centro de Biotecnologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 152 p.

JUNKES, M. B. **Procedimentos para Aproveitamento de resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte**. 2002.116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KARADAG, D.; ÖZKAYA, B.; ÖLMEZ, E.; NISSILA, M. E.; ÇAKMAKÇI, M.; YILDIZ, S.; PUHAKKA, J. A. Profiling of bacterial community in a full-scale aerobic composting plant. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.77, p.85-90, 2013.

KIEHL E. J. **Manual de compostagem:** maturação e qualidade do composto. Piracicaba: [s.n.], 1998.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes Orgânicos.** Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985, 492p.

KIEHL, Edmar José. **Manual de compostagem:** maturação e qualidade do composto. 4.ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004, 173p.

KIRKY, T. K.; FARREL, R. L. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin. **Annual Review of Microbiology**, v.41, p.465-505, 1987.

KRISTINSSON, H.G; RASCO, B.A. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London n. 40, p. 43–81, 2000.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 94, p. 23-29, 2006.

KUMAR, M.; OU, Y-L.; LIN, J-G. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. **Waste Management**, v.30, n.4, p.602-609, 2010a.

LAOS, F.; MAZZARINO, M.J.; WALTER, I.; ROSELLI, L.; SATTI, P.; MOYANO, S. Composting of fish offal and biosolids in Northwestern Patagonia. **Bioresource Technology**, v. 81, p. 179-186, 2002.

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**, v. 29, p. 2446-2453, 2009.

LI, X.; ZHANG, R.; PANG, Y. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. **Bioresource Technology**, v.99, p.359-367, 2008.

LIANG, C.; DAS, K. C.; MCCLENDON, R. W. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. **Bioresource Technology**, 86: 131–137, 2003.

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**, v. 54, p. 159-163, 1995.

LUCAS JR., José de. Biodigestores para o meio rural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. **Palestras...** 1995.

MARTINS, Werner Souza. **Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-22112011-141902/>>. Acesso em: 07 de março de 2014.

MELO, Itamar Soares de. A importância da celulase na degradação de matéria orgânica. In: FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, 198p.

MILLANI, J. M. (2007) Subsídios à Avaliação do Ciclo de Vida do pescado: **avaliação ambiental das atividades de piscicultura e pesque-pague, estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu**.

MILLER, F. C. Composting as a process base don the control of ecologically selective factors. In: MEETING, F. B. **Soil Microbial Ecology**, v.18, p.515-543, 1992.

MORREL, J. L.; COLIN, F.; GERMON, J. C.; GODIN, P.; JUSTE, C. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In: GASSER, J. K. **Composting of agricultural and other wastes**. Elsevier, London, 1985, p.56-72.

MOURA, C; MUSZINSKI, P; SCHMIDT, C; ALMEIDA, J; PINTO, L. Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: avaliação do processo em escala piloto. **Vetor**, Rio Grande. n.16, v.1 p. 37-45, 2006.

NOGUEIRA, W.A.; COSTA, D.D. **Variação da temperatura na compostagem de resíduos sólidos orgânicos**. 2011. México. Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03458p04.pdf>. Acesso em: 16 de Abril de 2014.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Agropecuário, 2002. 200p.

OLIVEIRA, Selene. **Compostagem: Vermicompostagem**. Apostila elaborada para o curso de Zootecnia da UNESP/fca- Depto de Recursos Naturais, Campus de Botucatu. Botucatu: UNESP, 2001 Disponível em: < http://www.darwinnet.org/docs/Compostagem_Vermicompostagem.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2014.

PAIVA, D. **Compostagem: Destino correto para animais mortos e restos de parição**. Embrapa Suínos e Aves – Concórdia – SC, 2006.

PAIVA, D. P. de 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.

PAULA, L. G. A (2010) **avaliação da compostagem de resíduos orgânicos da área verde do campus marechal dodoro – ifal em função do número de revolvimentos**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Alagoas.

PEIXOTO, R. T. dos. G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina: IAPAR, 1988, 46p.

PEREIRA NETO, J. T. Compostagem: Fundamentos e Métodos. In: **Simpósio Sobre Compostagem**, 2004, Botucatu. Ciência e Tecnologia: Anais... Botucatu:

Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2004. 1 CD-ROM.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. Belo Horizonte – UNICEF – 56 p. 1996.

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: UFV, 2007, 81p.

PEREIRA NETO, João Tinôco. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV-NEPEMA, 1994. p.61-74.

PETRIC, I.; SESTAN, A.; SESTAN, I. Influence of initial moisture content on the composting of poultry manure with wheat straw. **Biosystems Engineering**, v.104, p.125-134, 2009.

PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A. Caracterização da aquicultura desenvolvida na Região Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, p. 403-407, 2007.

PIOTROWSKA-CYPLIK, A.; CHZANOWSKI, L.; CYPLIK, P.; DACH, J.; OLEJNIK, A.; STANINSKA, J.; CZARNY, J.; LEWICKI, A.; MARECIK, R.; POWIERSKA-CZARNY, J. Composting of oiled bleaching earth: Fatty acids degradation, phytotoxicity and mutagenicity changes. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.78, p.49-57, 2013.

RASHAD, F. M.; SALEH, W. D.; MOSELHY, M. A. Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming system: 1. Composting, quality, stability and maturity indices. **Bioresource Technology**, v.101, p.5952-5960, 2010.

REVISTA AGRICULTURA ORGÂNICA. **O Bom Adubo Feito do Lixo** – AS – PTA documentação n. 6201 u, São Paulo SP, 1991, P96 – 101.

REVISTA BANAS QUALIDADE. **Resíduos Sólidos: como se classificam quanto ao seu potencial poluidor**. Editora Epse São Paulo, n. 135, Agosto, 2003. Disponível em:<[http://www.banasqualidade.com.br/2012/revista/index.asp?edicao = BQ_135/12](http://www.banasqualidade.com.br/2012/revista/index.asp?edicao=BQ_135/12)>. Acessado em: 04 de abril de 2014.

Richard, T., N. Trautmann, M. Krasny, S. Fredenburg and C. Stuart. 2002. The science and engineering of composting. **The Cornell composting website**, Cornell University. [http://www.compost.css.cornell.edu/composting _home page.html](http://www.compost.css.cornell.edu/composting/_home_page.html). Acesso em: 22 de abril de 2014.

RIFFALDI, R.; LEVI-MINZI, R.; PERA, A.; BERTOLDI, M. de. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses. **Waste Management & Research**, v.4, p.96-387, 1986.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C. da.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006, p.63-94.

RUGGIERI, L.; GEA, T.; ARTOLA, A.; SANCHEZ, A. A study on air filled porosity evolution in sludge composting. **International Journal of Environment and Waste Management**, v.9, n.1, p.56-58, 2012.

SANTANA-DELGADO, H; AVILA, E; SOTELO, A. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdan. n.141 p. 129-140, 2008.

SAS Institute Inc. 2002-2003. **Statistical analysis system**. Release 9.1. (Software). Cary. USA.

SEBRAE. **Diagnóstico dos Resíduos da Pesca e Aquicultura do Espírito Santo**. Brasil: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2010.

SHAHIDI, F.; BOTTA, J. R. **Seafoods**: chemistry, processing technology and quality. Glasgow: Chapman & Hall, 1994. 342 p.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**, v.38, n.5, p.453-478, 1997.

SIKORSKI, Z. E. **Seafood**: resources, nutritional composition, and preservation. Boca Raton: CRC Press, 1990. 248 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de Alimentos**: Métodos Químicos e Biológicos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 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**, v. 68, n. 1, p. 77-86, 2008.

SIVAKUMAR, K.; KUMAR, V. R. S.; JAGATHEESAN, P.N.R.; VISWANATHAN, K.; CHANDRASEKARAN, D. Seasonal variations in composting process of dead poultry bird. **Bioresource Technology**, v.99, p.3708-3713, 2008.

SOCOL, M. C. H.; OETTERER, M. Seafood as functional food. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba. v.46 n. 3 p. 443-454, 2003.

SOUZA, M. P. (2000) **Instrumentos de gestão ambiental: Fundamentos e Práticas**. São Carlos Ed. Riani Costa.

STORI, F. T.; BONILHA, L. E. C.; PESSATTI, M. L. 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, 2002. p. 373-406.

TANG, J. C.; KANAMORI, T.; INQUE, Y. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 1999-2006, 2004.

TAUK, SÂMIA MARIA. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociência**, v.20, p.299-301, 1990.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. POA: Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1995.174p.

TIQUIA, S.M. AND N.F.Y. TAM. 1998. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technol.**, 65: 43-49.

TRIPATHI, G.; BHARDWAJ, P. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia foetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). **Bioresource Technology**, v. 92, p. 275-283, 2004.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A.; ITÄVAARA, M. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v. 72, p. 169-183, 2000.

VALENTE B. S.; XAVIER E. G.; PEREIRA H. S.; PILOTTO M. V. T. Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo. Pg. 95 a 103. 2014.

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. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 5, p. 59-85, 2009.

VALENTE, Beatriz Simões. **Tecnologias aeróbias no tratamento de resíduos da produção animal: compostagem e vermicompostagem**. 2013. 102f. Tese de

Doutorado em Ciências (Produção Animal) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**, v.97, p.2024-2031, 2006.

ZHOU, N.; DENG, C., XIONG, Y., QIAN, H. Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. **Bioresource Technology**, v.95, p.319-326, 2004.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 9-13, 2007.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses, In: WISE, D. L. **Global bioconversions**. Boca Raton: CRC Press, 1986, p.109-137.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Specification for sold waste compost. In: **THE BIOCYCLE GUIDE TO THE ART & SCIENCE OF COMPOSTING**. Emmaus: J. G. Press, 1991, p.200-205.