UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Dissertação

Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes

Camilo Bruno Fonseca

Pelotas, 2017

Camilo Bruno Fonseca

Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

F677c Fonseca, Camilo Bruno

Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes / Camilo Bruno Fonseca ; Erico Kunde Corrêa, orientador. — Pelotas, 2017.

51 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Composto orgânico. 2. Fitotoxicidade. 3. Resíduos agroindustriais. 4. Lodo. I. Corrêa, Erico Kunde, orient. II. Título.

CDD : 633.18

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Camilo Bruno Fonseca

Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa
Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas

Dr.ª Juliana Carriconde Hernandes
Doutora em Parasitologia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof.ª Dr.ª Mirelle de Oliveira Saes
Doutora em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande

Prof. Dr. Robson Andreazza
Doutor em Ciências do Solo pela Universidade Federal de Pelotas

À minha mãe, avó e irmãs, dedico.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por me dar suporte e força para chegar até aqui.

Aos meus pais, minhas irmãs e avó, pelo amor incondicional, dedicação, palavras de conforto, força e apoio que dispuseram ao longo desta caminhada

Aos primos queridos, Gabriel e Eduarda, que por longos dias cederam-me a calmaria do lar deles, para me proporcionar um ambiente de tranquilidade ao longo desta escrita. Parte do meu sucesso devo a vocês.

À minha amiga de longa data, Janaína, que nunca me desamparou e realmente é um dos pilares da minha vida. Temos muito caminho ainda pela frente!

Ao Gabriel, pessoa maravilhosa que recentemente chegou em minha vida e que quero para toda a vida. Pegou a finaleira do mestrado, porém nunca deixou de me apoiar e pressionar na escrita para que o fim chegasse rapidamente. Obrigado pelo apoio.

Às bênçãos da minha vida, Antonella, Anna Luiza e Inácio, que um dia vocês leiam isso. O dindo ama vocês, mesmo não sendo muito presente e por vezes deixando de estar perto de vocês, por causa de uma análise pendente, de uma escrita que está por fazer e a entrega está em cima do laço. Um dia, vocês colherão os frutos disso tudo, junto com o dindo. Beijão no coração de vocês, crianças iluminadas!

À Taís, minha amiga e comadre e enfim mestra, que durante todo o tempo, trocamos conhecimentos mais absurdos possíveis para a construção das dissertações, altas horas da madrugada, revisando planilhas, resultados, pedindo opiniões e muitas vezes, não saíamos do lugar. Chegamos ao final!

Às pessoas mais queridas que conheci no laboratório, Juliana, Lauren e Matheus. Logo de início, não parecia ser uma pessoa tão receptiva, pelo meu jeito único de tratamento, mas provei à vocês o contrário. Agradeço cada momento que pudemos conviver em união. Levarei vocês para sempre em meu coração.

Ao Prof. Érico, meu orientador que me aturou ao longo destes 3 anos, resgatando-me a cada indicação de que pensava em desistir, que em sua personalidade única, dividiu seus diversos conhecimentos, encorajando-me a seguir em frente e mostrando que sim, vale a pena todo o esforço. Aqui está o resultado. Serei eternamente grato pela paciência, compreensão e pela confiança em me aceitar como seu orientado.

Aos graduandos do Laboratório do Núcleo de Educação, Pesquisa e Extensão em Resíduos e Sustentabilidade (NEPERS), sem o apoio de vocês, certamente não teria chego até aqui. Obrigado por realizarem tudo com o maior amor e dedicação que vocês puderam dar. Mateus Nazari e Paula, agradeço ainda a disposição de se deslocarem até o CAVG para que minhas análises pudessem ser concluídas.

À Danieli, graduanda do NEPERS, um agradecimento em especial a ti guria. Uma pessoa que quero levar também para a vida toda, por aguentar os surtos de desesperos em frente aos destiladores e nas bancadas, pelas peças que a vida me pregou e tu estavas ali, apoiando-me. Conta sempre comigo!

Aos técnicos do IFSul Rio-grandense - Campus CaVG, Firmino, Alice e Letícia, pelo auxílio com os equipamentos do laboratório. Graças a vocês, consegui finalizar tudo. Muito obrigado!

E a todos aqueles que, de alguma forma ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho, ou ao menos torceram para que ele desse certo.

Resumo

FONSECA, Camilo Bruno. **Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes.** 2017. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

O crescimento da industrialização, apesar de desejado, pode acentuar a degradação ambiental, pois as agroindústrias, como a de arroz e de pescado, geram uma quantidade elevada de resíduos ricos em substâncias orgânicas potencialmente poluidoras. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes volumes na compostagem de resíduo da industrialização de pescado com casca de arroz, sobre parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de toxicidade. Foram avaliados dois tratamentos (T1 e T2). No T1 foi avaliada a compostagem de casca de arroz (30 litros) e lodo do processamento de pescado (15 litros) em reatores com 50 litros de capacidade. No T2, foi avaliada a compostagem de casca de arroz (60 litros) e lodo do processamento de pescado (30 litros) em reatores com 100 litros de capacidade. O experimento teve 105 dias de duração. Em ambos os tratamentos, não se percebeu diferenças significativas ($p>0,05$) nas temperaturas das composteiras. Os valores de pH, umidade, cinzas, carbono orgânico, relação C:N e contagem de bactérias mesofílicas e termofílicas não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos. Os valores de nitrogênio obtiveram um aumento progressivo no T2, apresentando diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos. O índice de germinação (IG) foi realizado para três diferentes sementes, a semente de alface apresentou diferença estatística significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos, enquanto que o IG para sementes de pepino e rabo-de-galo não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$). Durante o processo de compostagem, não foi observado aumento de temperatura nas composteiras, indicando que as fases mesofílica e termofílica não foram atingidas. Sendo assim, a compostagem não foi concluída devido a fatores de extrema importância para o processo, podendo a inoculação de micro-organismos conhecidos auxiliar no processo. Em função de não ocorrer a completa maturação do composto, o mesmo não apresenta parâmetro aceitável para sua aplicação ao solo.

Palavras-chave: composto orgânico, fitotoxicidade, resíduos agroindustriais, lodo.

Abstract

FONSECA, Camilo Bruno. **Compostagem de lodo da industrialização d pescado com casca de arroz em diferentes volumes.** 2017. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

The increase of industrialization, although intended, can accentuate environmental degradation, as agro-industries, such as rice and fish industries, generate a high amount of waste rich in potentially polluting organic substances. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of different volumes in the composting of the industrialization residue of fish with rice husk, on physical, chemical, microbiological and toxicity parameters. Two treatments (T1 and T2) were evaluated. In the T1, the composting of rice husk (30 liters) and fish processing biosolids (15 liters) were evaluated in reactors with 50 liters of capacity. In T2, composting of rice husk (60 liters) and fish processing biosolids (30 liters) were evaluated in reactors with 100 liters of capacity. The experiment was carried out over a period of 105 days. In both treatments, no significant differences ($p > 0.05$) were observed in the composites temperatures. The pH values did not show significant differences ($p > 0.05$) between the treatments. The moisture contents between treatments did not differ significantly ($p > 0.05$). As for ash content, values increased from 0 to 45 days and declined in time 90, with no significant differences ($p > 0.05$) between treatments. Values for organic carbon did not show significant differences ($p > 0.05$) over the 105 days for both treatments. Nitrogen values showed an increase in T2, showing a significant difference ($p < 0.05$) between the treatments. The C: N ratio for both treatments showed no significant differences ($p > 0.05$). The germination index (GI) was performed for three different seeds. The GI for lettuce seed showed a significant statistical difference ($p < 0.05$) between the treatments, whereas the GI for cucumber and rooster tail seed did not showed significant differences ($p > 0.05$). During the composting process, no increase in temperature was observed in the composites, indicating that the mesophilic and thermophilic phases were not reached. No significant differences ($p > 0.05$) in the microbial growth between treatments could be observed. Therefore, the composting was not completed due to factors of extreme importance for the process, and the inoculation of known microorganisms could aid in the process. Due to the incomplete maturation of the compound, it does not present an acceptable parameter for its application to the soil.

Key words: organic compost, phytotoxicity, agro-industrial wastes, biosolids.

Lista de Figuras

Figura 1 – Temperatura das composteiras 35
Figura 2 – Valores de pH para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 36
Figura 3 – Índices de umidade para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 37
Figura 4 – Índices de cinzas para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 37
Figura 5 – Índices de carbono orgânico para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 38
Figura 6 – Índices de nitrogênio para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 38
Figura 7 – Índice de germinação para sementes de alface para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 40
Figura 8 – Índice de germinação para sementes de pepino para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 40
Figura 9 – Índice de germinação para sementes de rabo-de-galo para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 41
Figura 10 – Contagem de bactérias mesófilas (log UFC/mL) para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 42
Figura 11 - Contagem de bactérias termófilas totais (log UFC/mL) para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz 43

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros microbiológicos dos compostos de lodo da estação de tratamento de efluentes da indústria de pescado com casca de arroz expressos em UFC/mL 42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 OBJETIVOS 15
2.1 Objetivo geral 15
2.2 Objetivos específicos 15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
3.1 Aquicultura 16
3.2 Resíduos sólidos agroindustriais 17
3.3 Resíduos do beneficiamento de arroz 17
3.4 Variação de tamanho das composteiras 19
3.5 Compostagem 19
3.5.1 Fases da compostagem 20
3.5.2 Fatores que influenciam o processo de compostagem 21
3.5.3 Relação C:N 21
3.5.4 Temperatura 22
3.5.5 Microbiota 22
3.5.5.1 Mesófilos 22
3.5.5.2 Termófilos 22
3.6 pH 23
3.7 Umidade 23
3.8 Fitotoxicidade 23
4 MATERIAIS E MÉTODOS 24
4.1 Materiais 24
4.2 Métodos 24
4.2.1 Processo da compostagem 24
4.2.2 Determinação de carbono 25
4.2.3 Determinação de nitrogênio 25
4.2.4 Determinação de umidade 25
4.2.5 Determinação de pH 25
4.2.6 Determinação de fitotoxicidade por índice de germinação 26
4.2.7 Matéria mineral 26
4.2.8 Mesófilos e termófilos 26

4.2.9 Delineamento experimental 27
4.2.10 Análise estatística 27
5 ARTIGO 28
5.1 INTRODUÇÃO 32
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS 32
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35
5.4 CONCLUSÕES 43
5.5 LITERATURA CITADA 43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 46
7 REFERÊNCIAS 47

1 INTRODUÇÃO

A industrialização está intensificando-se cada vez mais e atrelados a ela, vêm o desenvolvimento de novos produtos, a produção elevada e o consumo. Estes fatos contribuem para o desenvolvimento econômico, mas em contrapartida, acentua a degradação ambiental. As ações na área ambiental estão tornando-se pró-ativas, em função das inovações que a indústria necessita e oferta, exigindo pesquisa e desenvolvimento de produtos que possibilitem um retorno positivo para a empresa (SEVERO et al. 2016).

Destaque na produção de alimentos na sociedade, a pesca constitui fator importante na distribuição de renda, de terra, além da geração de empregos. É ainda, uma das principais atividades de desenvolvimento local em muitas regiões brasileiras (WESZ JUNIOR; TRENTIN, 2004) assim como a região sul do Rio Grande do Sul, que é favorecida por reservas de água doce superiores a 3.000 km² na Laguna dos Patos e Lagoas Mirim e Mangueira (PIEDRAS; BAGER, 2007). Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (2011), a produção de pescado na região Sul foi de 336.451,5 toneladas de pescado, respondendo por 23,5% da produção nacional (MPA, 2011).

As agroindústrias geram uma quantidade elevada de resíduos ricos em substâncias orgânicas, nutrientes (sobretudo nitrogênio e fósforo), sólidos, óleos e graxas. Por essa característica pontual, elas se enquadram entre as maiores fontes poluidoras (THEBALDI et al. 2011).

Os resíduos orgânicos quando não são geridos adequadamente, tornam-se uma grande preocupação ambiental e de saúde. Em destaque, encontra-se a indústria de arroz, que gera grandes quantidades de resíduos no ciclo de produção e incluem palha, casca, cinza, farelo e trincas. Recentemente, Moraes et al. (2014) apresentaram o ciclo da produção de arroz, os resíduos sólidos gerados no ciclo de produção, bem como a identificação de oportunidades de usá-los. Estratégias alternativas têm sido propostas não somente para minimizar os seus efeitos negativos destes resíduos, mas para transformá-los em recursos. A compostagem pode ser uma alternativa promissora para uma gestão sustentável dos resíduos

orgânicos. Esta tecnologia está ganhando importância como o método de escolha para o tratamento de resíduos biodegradáveis (NEHER et al. 2013).

Uma compostagem bem sucedida depende da ação de diferentes populações microbianas, que por sua vez é influenciada por condições físico-químicas e características nutritivas do material a ser compostado. A gestão adequada de fatores tais como: umidade, teor de oxigênio e temperatura, determina a sequência correta de micro-organismos e, por conseguinte, a geração de um composto final adequado (PARTANEN et al. 2010).

No processo de compostagem, um fator a ser levado em conta é o volume dos materiais a serem compostados. Utilizando material em excesso, os mesmos poderão sofrer compactação, dificultando o revolvimento e a aeração e impossibilitando um processo completamente aeróbio. Em outro extremo, utilizando pouco material, poderá ocorrer uma aeração excessiva com migração facilitada do calor para o meio externo, fator este muito importante para que a microbiota se desenvolva e realize a degradação da matéria orgânica na fase termofílica (GUO et al. 2012).

Por outro lado, as propriedades químicas da matéria-prima a ser compostada são responsáveis pelo desenvolvimento da população microbiana associada a processos específicos, uma vez que afetam seletivamente a sua composição e, consequentemente, as capacidades metabólicas para a transformação de substratos orgânicos principais (SONG et al. 2014).

Atualmente existem poucos estudos, a respeito da transformação de resíduos de pescado em fertilizantes. Também são escassos os trabalhos que avaliam a diferença de volume de material compostado e o seu efeito na estabilidade de resíduos. Entretanto, por ser fonte de nutrientes, apresentam potencial para desempenhar importante papel na adubação orgânica (FELTES et al. 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar o efeito de diferentes volumes na compostagem de resíduo da industrialização de pescado com casca de arroz, sobre parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de toxicidade.

2.2 Objetivos específicos

- Contribuir para a sustentabilidade da cadeia produtiva de alimentos através de reciclo de compostos orgânicos;
- Caracterizar os resíduos da indústria processadora de pescados e casca de arroz em parâmetros físico-químicos para o processo de compostagem (relação C:N, pH e umidade);
- Avaliar a maturação do composto por parâmetros físico-químicos e de fitotoxicidade;
- Estudar o efeito de diferentes volumes de composto sobre a qualidade do produto obtido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aquicultura

A aquicultura foi introduzida no Brasil há mais de um século. Comparando com outras cadeias de produção que se consolidaram com um nível competitivo elevado como a bovinocultura, suinocultura e avicultura, a atividade ainda caminha a curtos passos em direção ao agronegócio nacional, já que a participação do Brasil no mercado mundial está em torno de 0,8% de acordo com a FAO (2014). Esta participação oportuniza o início da existência de um longo caminho a traçar no desenvolvimento desse setor (MUÑOZ, 2015).

Conforme o último Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2006, a produção aquícola registrou o índice 181.798 toneladas. Já em 2013, os dados apresentaram produção total de 476.522, elevando em 162% a produção entre 2006 e 2013 (MUÑOZ, 2015).

Com o aumento da produção aquícola, novas formas de reaproveitamento dos resíduos agroindustriais têm surgido com o objetivo de gerar novos produtos com aplicações variadas, associando a aplicação de novas tecnologias com os gastos de desenvolvimento, possibilitando um retorno financeiro para a própria indústria geradora. No Brasil, a aquicultura está se expandindo gradativamente, principalmente pelo incentivo à produção de organismos aquáticos. Segundo os dados do Boletim Estatístico do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), houve um acréscimo de 31,2% na produção total aquícola brasileira no triênio 2008 - 2010, partindo de 365.367 t para 479.399 t, respectivamente (BRASIL, 2012).

Esse crescimento na produção de pescados está associado graças à presença de ambientes costeiros favoráveis para a prática da pesca e às condições climáticas propícias para o crescimento de diversos organismos aquáticos que incluem algumas espécies nativas com excelente potencial para cultivo e comercialização, tendo como apoio principal as políticas públicas do setor, oferecendo ações na melhoria das condições de trabalho dos pescadores, incentivo de comércio e consumo e recuperação das áreas de cultivo, originando um produto final rentável para todos: a melhoria na produção de pescados (BRASIL, 2012).

O crescimento no consumo gera consequentemente uma elevação na produção. Se o consumo aumenta, o número de consumidores também e isso faz com que o mercado também aumente o nível de exigência quanto à qualidade dos produtos disponíveis. As empresas alimentícias têm cada vez mais, desenvolvido métodos de processamentos mais complexos, associados a sistemas de qualidade e rastreabilidade cada vez mais eficientes, de modo que este produto tenha uma maior atratividade. Todo este processo requer um gasto de recursos naturais, gerando também, resíduos com potencial poluidor caso os tratamentos destes não sejam adequados (LIMA, 2013).

3.2 Resíduos sólidos agroindustriais

Com o passar dos anos, as agroindústrias têm uma grande parcela de participação na economia mundial, pois várias delas dependem da agricultura e da geração de renda por meio formal e/ou informal. Por outro lado, esta mesma agroindústria eleva a geração de resíduos, causados pelo aumento da população, que necessita de uma maior produção, sendo inevitável o aumento do consumo de energia. A composição e a quantidade destes resíduos agroindustriais gerados dependem basicamente da fonte das matérias-primas utilizadas na produção, bem como as operações e etapas do processamento, gerando um volume considerável de compostos orgânicos com valores elevados de DQO (demanda química de oxigênio) e SST (sólidos suspensos totais) (TEH, 2014).

3.3 Resíduos do beneficiamento de arroz

A produção mundial de arroz em 2014 foi de cerca de 741,3 milhões de toneladas, conforme relatado pela Organização de Alimentação e Agricultura (FAO, 2015). A FAO prevê recuperação da produção de arroz mundial em 2015 em torno de 1,1%, aumentando para 749,8 milhões de toneladas. A produção esperada de arroz é de 749,8 milhões de toneladas em 2015 que poderá gerar cerca de 150 milhões de toneladas de biomassa de casca de arroz (CA) e 30 milhões de toneladas de cinzas de casca de arroz (CCA) globalmente.

A CA é o principal subproduto do processamento industrial de arroz, e é um subproduto amplamente utilizado no Brasil e no mundo como biomassa na produção

de energia, reduzindo os impactos ambientais associados à eliminação inadequada. As cinzas geradas na combustão da casca de arroz tem aplicações potenciais econômicos em uma variedade de setores (FERNANDES, 2016).

A CA e a palha de arroz oferecem um imenso potencial para criar bioenergia, uma fonte renovável de energia alternativa. A queima de CA sob a temperatura controlada produz a CCA, originando resíduo a partir das centrais de biomassa da CA. A alienação de CCA em aterros poderia ser problemática devido a limitações de espaço e podendo causar um problema ambiental grave. A CCA contém uma quantidade substancial de sílica amorfa, de carbono, e uma menor composição mineral (PODE, 2016).

Até meados de 1990, praticamente toda CA produzida no Brasil foi espalhada em terrenos agrícolas ou inadequadamente descartada em leitos de rios. Como esperado, grandes volumes eliminados e o acúmulo de matéria orgânica foram mostrados para causar impactos ambientais graves, especialmente em água e qualidade do solo. Muitos moinhos de arroz brasileiros de pequeno e médio porte ainda jogam CA fora ilegalmente, especialmente ao longo das encostas de rodovias e terrenos agrícolas, perto dos corpos de água (FERNANDES, 2016).

Os principais consumidores de CA são os próprios moinhos que o produzem, muitas vezes em substituição da madeira convencional utilizado para este fim de atender às demandas de energia em operações de fresagem. Além disso, a transformação de CA também pode gerar metano e hidrogênio, duas outras fontes de energia alternativas potenciais (FERNANDES, 2016).

No entanto, a eliminação direta de CCA no ambiente pode trazer consequências graves, pois têm altos níveis de carbono e sílica residuais, acumulando cinzas nos leitos dos rios, mudando o pH do solo, e alterando as características do solo e da água em geral. Apenas no período de 2013-2014, cerca de 12 milhões de toneladas de arroz em casca foram produzidos no Brasil. Considerando que toda a CA destinou-se como fonte de energia de biomassa, a estimativa de peso de CCA se aproxima de 500.000 toneladas. A CCA é um material leve, volumoso e altamente poroso, proveniente de 20% da obtenção da casca e de 4% do total da produção de arroz (FERNANDES, 2016).

3.4 Variação de tamanho das composteiras

Na literatura consultada, a maioria dos processos de compostagem utilizam reatores com controle de umidade, temperatura, entre outros, como o estudo de Guo et al. (2012). No entanto, a mecanização apresenta um processo forçado e oneroso financeiramente, pois são atribuídos gastos com a manutenção dos reatores, bem como o gasto energético.

Em contraponto, as composteiras com aeração passiva, permitem que o processo ocorra de forma natural, com gasto energético bastante reduzido e com custo financeiro relativamente baixo, nesse sentido, tornando a escolha vantajosa. No entanto, alguns requisitos como volume das composteiras devem ser observados, pois volumes menores em compostagem com este tipo de aeração, dependendo do tipo do material a ser compostado e do estruturante, podem ocasionar compactação, reduzindo os espaços intersticiais e dificultando a aeração e o desenvolvimento microbiológico, sendo este, fundamental para maturação do composto (GUO et al. 2012).

3.5 Compostagem

O tratamento de resíduos de alimentos é uma questão urgente, pois a degradação dos resíduos alimentares ocorre com facilidade, produzindo odores indesejados e agressivos, prejudicando a qualidade ambiental. O processo de compostagem consiste em converter os materiais orgânicos putrescíveis em uma forma estabilizada aceitável para utilização como condicionador de solo, sem o risco de fitotoxicidade (TRAN et al. 2015).

O lodo já compostado pode ser usado como um condicionador do solo e como fonte de nutrientes na agricultura, proporcionando com que os metais pesados, agentes patogênicos e micropoluentes tornem-se indisponíveis (BUTKOVSKYI et al. 2016).

O processo de compostagem é um dos métodos úteis que pode consumir diretamente, grande quantidade de resíduos para a produção de composto que pode ser usado como uma fonte de nutrientes para melhorar a estrutura do solo, aumentar

a sua matéria orgânica, e promover o crescimento vegetal. Tradicionalmente, o método de compostagem é um processo demorado e divide-se em fases: preparação, termófila, mesófila e maturação (ABDEL-RAHMAN et al. 2016).

O composto deve estar em grau de maturidade e estabilidade elevado, para que haja uma aplicação segura na agricultura, de modo que ofereça a garantia de que não existam efeitos adversos no solo. Existem fatores que afetam a maturação do processo de compostagem incluindo a relação (C:N), área de superfície e tamanho do material de partículas em bruto a serem compostados, aeração da mistura, teor de umidade, temperatura, pH, aditivos químicos e biológicos e substâncias tóxicas. Dentre estes fatores, pode-se realizar a inoculação de aditivos microbianos de modo que possam tolerar condições de compostagem, acelerar o processo e até mesmo, aumentar os nutrientes (ABDEL-RAHMAN et al. 2016).

3.5.1 Fases da compostagem

A compostagem é um processo biológico e por isso necessita que a relação C:N tenha um balanceamento adequado, em conjunto com as condições de temperatura determinadas, umidade e aeração em suas fases. Na fase inicial, que dura em torno de 30 dias, a matéria orgânica é degradada pela ação de microrganismos e a temperatura do material a ser compostado sofre elevação, em torno de 55ºC originando o início da fase termofílica. Na fase seguinte, a celulose e materiais similares também são degradados pela ação de microrganismos e as temperaturas baixam para a faixa entre 30 a 45ºC. Após a baixa dessas temperaturas, a fase de maturação é iniciada e as temperaturas situam-se entre 20º e 35ºC. A temperatura é um dos principais elementos para controlar o processo de compostagem. Ao final das fases anteriores, ocorre a estabilização da matéria orgânica. No entanto, o tempo de cada fase pode variar em função dos fatores que influenciam o processo, sendo que se tem uma estimativa que o processo de bioestabilização dure entre 60 e 90 dias e o processo total, até que o composto atinja a humificação de 90 a 120 dias (BRASIL, 2010).

3.5.2 Fatores que influenciam o processo de compostagem

Segundo Gavilanes-Terán et al. (2016), os resíduos vegetais de diferentes culturas têm características singulares, como: teor de umidade elevado, baixa relação C:N e alta proporção de fibras de lignina, protegendo esses resíduos do desenvolvimento microbiano, dificultando o processo de compostagem. Salientam também que uma fonte de carbono prontamente disponível é necessária para iniciar o processo de compostagem para resíduos vegetais e para manter a temperatura na fase termofílica, fazendo com que haja tempo necessário para esterilizar a mistura compostada.

A compostagem pode efetivamente reduzir a contagem dos patógenos nos lodos, pelo calor gerado durante a fase termofílica do processo e a diminuição da umidade, assim como a relação C:N, proporcionando um ambiente desfavorável para os microrganismos patogênicos (BUTKOVSKYI et al. 2016).

3.5.3 Relação C:N

Os microrganismos utilizam o carbono como fonte de energia e o nitrogênio para síntese de proteínas. Para que ocorra um equilíbrio dos substratos do material a ser compostado, o fator principal é a relação C:N. A relação C:N inicial ótima do substrato deve estar em torno de 30, mas geralmente existe variação de 20 a 70 conforme a taxa de biodegradabilidade do substrato. Caso a ausência de nitrogênio ou carbono prevaleça, a atividade microbiológica será prejudicada, em função de sua limitação. Se esta relação estiver abaixo dos níveis pré-determinados, existe a probabilidade de o nitrogênio ser perdido em função da volatização da amônia. Se ocorrer o contrário, em relações amplas de C:N, os microrganismos não encontrarão nitrogênio suficiente para que a síntese de proteínas seja feita e seu desenvolvimento será limitado, ou seja, a compostagem será mais lenta (FERNANDES, 1999).

No final da compostagem, a relação C:N direciona-se para um valor entre 10 e 20, devido às perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo. O lodo é um resíduo rico em nitrogênio, apresentando relação C:N entre 5 e 11. Necessita, portanto de um resíduo complementar rico em carbono e

pobre em nitrogênio, para que a mistura, criteriosamente determinada, apresente relação C:N em torno de 20 ou 30 (FERNANDES, 1999).

3.5.4 Temperatura

Segundo Fernandes (1999), a compostagem aeróbia pode ocorrer em faixas de temperatura termofílica (45 a 85°C) ou mesofílica (25 a 43°C). Se a leira ou reator registrar temperatura entre 40 a 60°C no segundo ou terceiro dia, é indicativo de que o sistema está bem equilibrado e que a compostagem está alinhada para ser bem sucedida. Do contrário, é sinal de que algum ou alguns parâmetros físico-químicos (pH, relação C:N, umidade) estão fora dos padrões e com isso a atividade microbiana pode ser limitada, causando prejuízos no processo.

3.5.5 Microbiota

3.5.5.1 Mesófilos

No início do processo há um forte crescimento dos microrganismos mesófilos. A temperatura mínima de crescimento fica na faixa de 15 a 25°C, enquanto a temperatura ótima de crescimento está entre 25 a 40°C. A temperatura máxima de crescimentos dos microorganismos mesofílicos é de 43°C. Com o aumento gradual da temperatura, resultante do processo de biodegradação, a população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos desenvolvem-se com maior intensidade (FERNANDES, 1999).

3.5.5.2 Termófilos

Os termófilos são demasiadamente ativos, resultando em uma intensa e rápida degradação da matéria orgânica e um aumento considerável da temperatura (45 a 85ºC), eliminando os microrganismos patogênicos. À medida que o material a ser compostado em sua maioria for transformado, a temperatura diminui, os termófilos se restringem, a atividade biológica reduz significativamente e os mesófilos começam novamente a se desenvolver. A partir daí, grande parte das moléculas que são facilmente biodegradadas serão transformadas, o composto não

apresentará odores putrescíveis e o processo de humificação terá seu início, encaminhando-se para a maturação (FERNANDES, 1999).

3.6 pH

O pH não representa um fator crítico no processo de degradação da matéria orgânica. Na fase inicial da compostagem a probabilidade é que ocorra um leve declínio no pH (causado pela formação de ácidos orgânicos da decomposição), aumentado rapidamente na fase termófila (resultante da hidrólise proteica e da liberação de amônia) originando uma posterior redução e estabilização em torno do pH 7,0. O pH além de ser um parâmetro de interesse microbiológico, define faixas que podem inibir ou acelerar o desenvolvimento de uma espécie microbiana (FERNANDES e SILVA, 1996).

3.7 Umidade

O teor de umidade é extremamente importante para o transporte dos nutrientes necessários para as atividades fisiológicas e metabólicas dos micro-organismos. A umidade ideal depende das propriedades físico-químicas e das características biológicas dos materiais a serem compostados. A interação desses fatores na compostagem foram recentemente estudados por alguns pesquisadores, atribuindo um valor de 60% como teor de umidade ideal para a compostagem de resíduos verdes e de resíduos de alimentos (GUO et al. 2012).

3.8 Fitotoxicidade

Segundo Corrêa et al. (2014), a fitotoxicidade é a ação tóxica provocada em plantas, por uma ou mais substâncias, que possam inibir ou retardar sua germinação ou desenvolvimento. O manejo errôneo de herbicidas é um exemplo de fitotoxicidade. Quando o composto apresentar-se estável, entende-se que o mesmo está livre de fitotoxinas, podendo ser aplicado ao solo sem causar reações que possam comprometer o desenvolvimento dessas plantas. No entanto, quando um material demonstra elevada toxicidade, há falta de ferramentas ecotoxicológicas existentes na literatura (YOUNG et al. 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

O lodo proveniente do processamento de pescado e o substrato utilizado de casca de arroz (*Oryza Sativa L*.) foram obtidos na região sul do Rio Grande do Sul. As composteiras (reatores) em escala laboratorial foram de polietileno com capacidade para 50 e 100L.

4.2 Métodos

4.2.1 Processo da compostagem

O processo de compostagem ocorreu no laboratório do NEPERS – Núcleo de Educação Pesquisa e Extensão em Resíduos e Sustentabilidade, localizado Centro de Engenharias – UFPel, em local fechado ao abrigo de intempéries, e teve duração de 105 dias em temperatura ambiente, com três repetições por tratamento (KANG; ZHANG; WANG, 2011). As coletas para análise físico-química e microbiológica foram feitas quinzenalmente, sendo 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105. Foram avaliados dois tratamentos. No tratamento 1 (T1) foi avaliada a compostagem de casca de arroz (30 litros) e lodo do processamento de pescado (15 litros) em reatores com 50 litros de capacidade. No tratamento 2 (T2), foi avaliada a compostagem de casca de arroz (60 litros) e lodo do processamento de pescado (30 litros) em reatores com 100 litros de capacidade. O composto foi avaliado em parâmetros de umidade, matéria mineral, pH, relação carbono/nitrogênio, fitotoxicidade e microbiológica em período quinzenal e a temperatura do composto foi medida diariamente no laboratório do NEPERS, de acordo com metodologia proposta por Jiang et al. (2011). O composto foi homogeneizado semanalmente até o início da fase termofílica e quinzenalmente até o final do período de 105 dias, para auxiliar a oxigenação e uniformidade da compostagem, como método adaptado de Rashad et al. (2010).

4.2.2 Determinação de carbono

A determinação de carbono orgânico foi de acordo com Page et al. (1982). Foi pesado 0,5g de amostra previamente triturada em moinho de facas e passada por peneira 80 mesh. Em seguida, 0,1g de amostra foi posta em erlenmeyer de 250 mL, onde foi adicionado 15mL de solução de dicromato de potássio 0,5N. Após, foi adicionado 20 mL de ácido sulfúrico p.a.. Após o resfriamento, foi adicionado 100 mL de água destilada e 1mL do indicador difenilamina. A titulação foi realizada com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,4N, onde a coloração passou de violeta para verde.

O cálculo se dá por C (g/kg) = (40 – volume gasto) x f x 0,6, sendo (f) o fator de correção da solução de sulfato ferroso.

4.2.3 Determinação de nitrogênio

A quantidade de nitrogênio foi determinado por Kjeldahl segundo American Association of Cereal Chemists (AACC 2000), através de digestão ácida da amostra, destilação do nitrogênio total, complexação por ácido bórico e titulação com HCl, mediante ponto de virada indicado por coloração.

4.2.4 Determinação de umidade

A determinação de umidade ocorreu pelo método proposto por a AOAC (1997) onde a amostra foi previamente pesada, levada a estufa por 105ºC por 24 horas, esfriado em dessecador e pesado. A umidade foi determinada pela diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra.

4.2.5 Determinação de pH

A determinação de pH ocorreu segundo Embrapa (1997), onde 10g de amostra foi diluída em 25mL de água, agitada com bastão de vidro e a seguir repouso por uma hora. Posteriormente, a amostra foi agitada novamente, e então são mergulhados os eletrodos na suspensão.

4.2.6 Determinação de fitotoxicidade por índice de germinação

O teste de fitotoxicidade ocorreu de acordo com Zucconi et al. (1981) com adaptações sugeridas por Mendes et al. (2016). Foram utilizadas sementes de três espécies vegetais: alface (*Lactuca sativa*), pepino (*Cucumis sativus*) e rabo-de-galo (*Celosia plumosa*). 15 g da amostra foram diluídas em 150mL de água destilada e homogeneizadas. Posteriormente, a solução foi filtrada em papel filtro *Whatman* nº3 por duas vezes. 10mL da solução foi vertida em placas de *petri* de 9cm de diâmetro, com fundo revestido em papel filtro e as amostras foram semeadas em quintuplicata, com 10 sementes de alface, 10 sementes de pepino e 10 sementes de rabo-de-galo por placa. As placas foram cobertas com papel parafilm e incubadas em estufa por 48h a uma temperatura de 25ºC. Após o período de espera, foi determinado o número de sementes germinadas por placa e comprimento médio das raízes em mm.

O índice de germinação (IG) foi calculado através da formula IG = (G x Lm / Lc), sendo G o número de sementes germinadas na mostra dividido pelo número de sementes germinadas na análise controle; o Lm correspondendo ao comprimento médio das raízes, e o Lc o comprimento médio das raízes obtidos no controle.

4.2.7 Matéria mineral

A matéria mineral foi obtida pela queima da amostra em mufla gerando cinzas em 550ºC por 4 horas, segundo AOAC (1997).

4.2.8 Mesófilos e termófilos

Para estas análises, aplicou-se o método para análise de alimentos, por APHA (2001), utilizando o plaqueamento por superfície. Para as contagens abaixo do limite mínimo de detecção da técnica (25), atribuiu-se o valor de 10 para a conversão logarítmica, assim como para as contagens acima do limite de detecção da técnica aplicada ou incontáveis, atribuiu-se o valor de 250. Para ambas as análises, foram feitas triplicatas de cada diluição.

4.2.9 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi completamente casualizado, com três repetições, em modelo bifatorial. O fator “tratamento” com dois níveis (“CAP” referente à composteira pequena [T1]; “CAG” referente à composteira grande [T2]) e o segundo fator “tempo” com oito níveis (0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 dias). As variáveis respostas observadas foram agrupadas em: “parâmetros físico-químicos”, “parâmetros biológicos” (índice de fitotoxicidade) e “parâmetros microbiológicos (mesófilos e termófilos totais). Além desses parâmetros, também foi monitorada o parâmetro “temperatura”.

4.2.10 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados quanto a normalidade pelo teste W de Shapiro-Wilk, quanto a homocedasticidade das variâncias pelo teste de Hartley, e a independência dos resíduos por análise gráfica. Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Em caso de significância da interação entre ambos fatores, os dados foram tratados por análise de regressão seguindo modelos polinomiais (Equação 1).

$$y = y0 + ax + bx^2 \qquad (1)$$

onde, “y” é a variável resposta sendo avaliada, “y0” é o intercepto da variável “y” com o eixo x, “x” e “x²” são, respectivamente, os coeficientes lineares e quadráticos do fator tempo, e por fim, “a” e “b” são as constantes estimadas para o modelo.

Para os casos cuja somente o fator “tempo” não apresentou influência significativa nas variáveis respostas no teste F ($p \geq 0,05$), a comparação das médias do fator “tratamento” foi feita através de teste t de Student. Por fim, nos casos onde ambos fatores não apresentaram diferença estatística pelo teste F ($p \geq 0,05$), os dados foram apresentados em gráficos com plotagem de linha de tendência.

5 ARTIGO

Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes

Resumo:

Dentre as agroindústrias que mais crescem no Brasil, o setor orizícola é o que ganha maior destaque. O aumento da industrialização leva à produção e consumo elevado de produtos, gerando assim uma também elevada quantidade de resíduos derivados de agroindústrias e com alto potencial poluidor. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência nos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e fitotoxicológicos da compostagem de resíduos derivados do beneficiamento de arroz e da industrialização de pescado, relacionados aos tamanhos das composteiras utilizadas. No Tratamento 1 (T1) foi avaliada a compostagem de casca de arroz (30 litros) e lodo do processamento de pescado (15 litros) em reatores com 50 litros de capacidade. No Tratamento 2 (T2), foi avaliada a compostagem de casca de arroz (60 litros) e lodo do processamento de pescado (30 litros) em reatores com 100 litros de capacidade. O experimento teve 105 dias de duração. Em ambos os tratamentos, não se percebeu diferenças significativas ($p>0,05$) nas temperaturas das composteiras. O mesmo foi verificado para valores de pH, umidade, cinzas, carbono orgânico, relação C:N e contagem de bactérias mesofílicas e termofílicas, que não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos. Já valores de nitrogênio obtiveram um aumento progressivo no T2, apresentando diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos. O índice de germinação (IG) para semente de alface apresentou diferença estatística significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos, enquanto que o IG para sementes de pepino e rabo-de-galo não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$). Sendo assim, a compostagem não foi concluída devido a fatores de extrema importância para o processo, podendo a inoculação de micro-organismos conhecidos auxiliar no processo. Em função de não ocorrer a completa

maturação do composto, o mesmo não apresenta parâmetro aceitável para que se possa realizar uma aplicabilidade segura ao solo.

Palavras-chave: composto orgânico, fitotoxicidade, lodo, gestão de resíduos

Compostagem de lodo da industrialização de pescado com casca de arroz em diferentes volumes

Abstract:

Among the growing agro-industries in Brazil, the rice and fishery sector are highlighted. The increase of industrialization leads to the production and high consumption of products, however generating a high amout of residues derived from agro-industries and with high polluting potential. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence on the physicochemical, microbiological and phytotoxicological parameters of the composting of residues derived from rice processing and fish industrialization, related to the sizes of the composites used. In Treatment 1 (T1), the composting of rice husk (30 liters) and fish processing biosolids (15 liters) were evaluated in reactors with 50 liters of capacity. In treatment 2 (T2), the composting of rice husk (60 liters) and fish processing biosolids (30 liters) was evaluated in reactors with 100 liters of capacity. The experiment was 105 days long. In both treatments, no significant differences ($p > 0.05$) were observed in the composite temperatures. The values of pH, moisture content, ashes, organic carbon, C: N ratio and counts of mesophilic and thermophilic bacteria, did not showed significant statistical differences ($p > 0.05$) between the treatments. Nitrogen values obtained a progressive increase in T2, showing a significant difference ($p < 0.05$) between the treatments. The germination index (GI) for lettuce seed showed a significant statistical difference ($p < 0.05$) between the treatments, whereas the GI for cucumber and rooster tail seeds showed no significant differences ($p > 0.05$). Therefore, the composting was not completed due to factors of extreme importance for the process, and the inoculation of known microorganisms could aid in the process. Due to the incomplete maturation of the compound, it does not present an acceptable parameter for its application to the soil.

Key words: organic compost, phytotoxicity, biosolids, waste management

5.1 INTRODUÇÃO

A industrialização está intensificando-se cada vez mais e atrelados a ela, vêm o desenvolvimento de novos produtos, a produção elevada e o consumo destes produtos (Severo, 2016). Oetterer (2002) relata que as indústrias processadoras de pescado estão inseridas na região, proporcionando um acréscimo do volume residual devido à preferência do consumidor pelo filé de peixe. As agroindústrias geram uma quantidade elevada de resíduos ricos em substâncias orgânicas, nutrientes, sólidos e graxas. Por essa característica pontual, elas se enquadram entre as maiores fontes poluidoras no Brasil (Thebaldi et al. 2011).

Neste sentido, para mitigar os efeitos deletérios desse tipo de resíduo, a compostagem é uma alternativa promissora para uma gestão sustentável dos resíduos orgânicos e vem ganhando destaque como o método de escolha para o tratamento de resíduos biodegradáveis (Neher et al. 2013).

No processo de compostagem, um fator a ser levado em conta é o volume dos materiais a serem compostados. Utilizando material para compostar em excesso, os mesmos poderão sofrer compactação, dificultando o revolvimento e a aeração e impossibilitando um processo completamente aeróbio. Em outro extremo, utilizando pouco material, poderá ocorrer uma aeração excessiva com migração facilitada do calor para o meio externo, fator este muito importante para que a microbiota se desenvolva e realize a degradação da matéria orgânica na fase termofílica (Guo et al. 2012).

Atualmente existem poucos estudos, a respeito da transformação de resíduos de pescado em fertilizantes. (Feltes et al. 2010), além da escassez de estudos que avaliem a estabilidade destes resíduos por fitotoxicidade.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência nos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e fitotóxicos da compostagem de resíduos do beneficiamento do arroz e da industrialização de pescado, relacionados aos volumes das composteiras ao decorrer da maturação do composto.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo proveniente do processamento de pescado e o estruturante utilizado de casca de arroz (*Oryza Sativa L.*) foram obtidos na região sul do Rio Grande do Sul (Lat: -32.0354, Lon -52.1076). Foram utilizados reatores de polietileno com capacidade para 50 e 100L.

O processo de compostagem ocorreu no laboratório do NEPERS – Núcleo de Educação Pesquisa e Extensão em Resíduos e Sustentabilidade, localizado do Centro de Engenharias – UFPel, em local fechado ao abrigo de intempéries, e teve duração de 105 dias em temperatura ambiente, com três repetições por tratamento (Kang et al. 2011). As coletas para análise físico-química e microbiológica foram feitas quinzenalmente, sendo coletado nos dias 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105. Foram avaliados dois tratamentos. No tratamento 1 (T1) foi avaliada a compostagem de casca de arroz (30 litros) e lodo do processamento de pescado (15 litros) em reatores com 50 litros de capacidade. No tratamento 2 (T2), foi avaliada a compostagem de casca de arroz (60 litros) e lodo do processamento de pescado (30 litros) em reatores com 100 litros de capacidade. Foram avaliados parâmetros como umidade, matéria mineral, pH, relação carbono/nitrogênio e fitotoxicidade em período quinzenal e a temperatura do composto foi medida diariamente, de acordo com metodologia proposta por Jiang, et al. (2011). O composto foi homogeneizado semanalmente até o final do experimento, para auxiliar a oxigenação e uniformidade da compostagem, como método adaptado de Rashad et al. (2010).

O composto final foi avaliado em sua composição microbiológica, composição mineral e determinações de pH, umidade, relação C:N e fitotoxicidade.

A determinação de carbono orgânico foi realizada de acordo com Page et al. (1982), pelo método Walkey-Black.

A quantidade de nitrogênio foi determinada por Kjeldahl, segundo American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000), através de digestão ácida da amostra, destilação do nitrogênio total, complexação por ácido bórico e titulação com HCl, mediante ponto de virada indicado por coloração.

A determinação de umidade ocorreu pelo método proposto por American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000).

A determinação de pH ocorreu segundo Embrapa (1997), onde 10g de amostra é diluída em 25mL de água, agitada com bastão de vidro e a seguir repouso por uma hora. Posteriormente, a amostra é agitada novamente, e então são mergulhados os eletrodos na suspensão.

O teste de fitotoxicidade ocorreu de acordo com método proposto por Mendes et al. (2016). Foram utilizadas sementes de três espécies vegetais: alface (*Lactuca sativa*), pepino (*Cucumis*

sativus) e rabo-de-galo (*Celosia plumosa*). 15 g da amostra foram diluídas em 150mL de água destilada e homogeneizadas durante 1 hora. Posteriormente, a solução foi filtrada em papel filtro *Whatman* nº3 por duas vezes. 10mL da solução foi vertida em placas de *petri* de 9cm de diâmetro, com fundo revestido em papel filtro e as amostras foram semeadas em quintuplicata, com 10 sementes de cada espécie vegetal por placa. As placas foram cobertas com papel parafilm e incubadas em estufa por 48h a uma temperatura de 25ºC. Após o período de espera, foi determinado o número de sementes germinadas por placa, com comprimento médio das raízes em mm.

O índice de germinação (IG) foi calculado através da equação 1:

$$IG = (G \times Lm / Lc) \qquad (1)$$

onde, "G" é o número de sementes germinadas na amostra, dividido pelo número de sementes germinadas na análise controle; "Lm" é o correspondente ao comprimento médio das raízes, e por fim, "Lc" e o comprimento médio das raízes obtidos no controle.

A matéria mineral foi obtida pela queima da amostra em mufla gerando cinzas em 550ºC por 6 horas, segundo AOAC (1997).

Para análise de mesófilos e termófilos, aplicou-se o método para análise de alimentos, por APHA (2001), utilizando o plaqueamento por superfície. Para as contagens abaixo do limite mínimo de detecção da técnica (25), atribuiu-se o valor de 10 para a conversão logarítmica, assim como para as contagens acima do limite de detecção da técnica aplicada ou incontáveis, atribuiu-se o valor de 250. Para ambas as análises, foram feitas triplicatas de cada diluição, atribuindo até 10^{-12} para mesófilos e 10^{-6} para termófilos.

O delineamento experimental foi completamente casualizado, com três repetições, em modelo bifatorial. O fator "tratamento" com dois níveis ("CAP" referente à composteira pequena [T1]; "CAG" referente à composteira grande [T2]) e o segundo fator "tempo" com oito níveis (0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 dias). As variáveis respostas observadas foram agrupadas em: "parâmetros físico-químicos", "parâmetros biológicos" (índice de germinação) e "parâmetros microbiológicos (mesófilos e termófilos totais). Além desses parâmetros, também foi monitorada o parâmetro "temperatura".

Os dados obtidos foram avaliados quanto à normalidade pelo teste W de Shapiro-Wilk, quanto à homocedasticidade das variâncias pelo teste de Hartley, e a independência dos

resíduos por análise gráfica. Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Em caso de significância da interação entre ambos os fatores, os dados foram tratados por análise de regressão seguindo modelos polinomiais (Equação 2).

$$y = y0 + ax + bx^2 \qquad (2)$$

onde, "y" é a variável resposta sendo avaliada, "y0" é o intercepto da variável "y" com o eixo x, "x" e "x^2" são, respectivamente, os coeficientes lineares e quadráticos do fator tempo, e por fim, "a" e "b" são as constantes estimadas para o modelo.

Para os casos cuja somente o fator "tempo" não apresentou influência significativa nas variáveis respostas no teste F ($p \geq 0,05$), a comparação das médias do fator "tratamento" foi feita através de teste t de Student. Por fim, nos casos onde ambos os fatores não apresentaram diferença estatística pelo teste F ($p \geq 0,05$), os dados foram apresentados em gráficos com plotagem de linha de tendência.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os tratamentos, não se percebeu diferenças significativas ($p>0,05$) nas temperaturas das composteiras (Fig.1), tampouco, identificado formação de fase termofílica, caracterizada por temperaturas superiores a 45ºC. Esses resultados podem ser explicados, devido à elevação dos teores de nitrogênio (em função do lodo ser rico em nitrogênio), sendo um fator impeditivo para o desenvolvimento bacteriano (Corrêa et al. 2012), ocorrido em ambos os tratamentos, não originando a fase termofílica e mesofílica, inviabilizando a degradação biológica dos materiais a serem compostados.

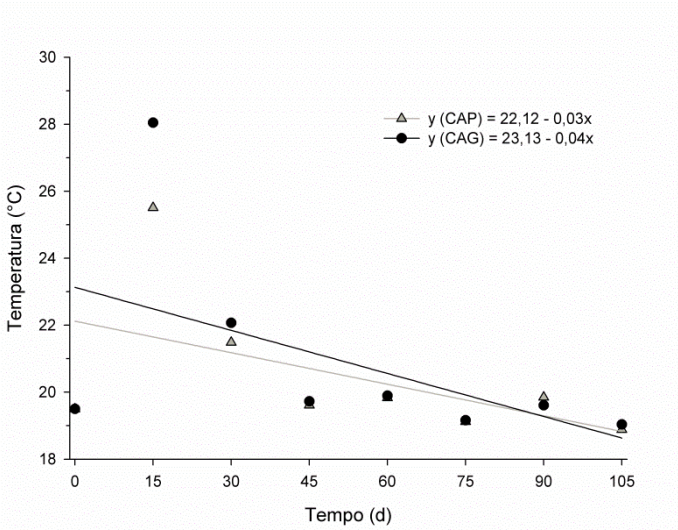


Figura 1 – Temperatura das composteiras

De acordo com os resultados, os valores de pH não apresentaram diferenças significativas (p>0,05) entre os tratamentos. Na Fig. 2, o gráfico mostra um declínio ao longo dos primeiros 45 dias, aumentando posteriormente. Jiang (2015) destaca que essa diminuição nas faixas de pH, indicam emissão e formação de ácidos orgânicos. À medida que a flora bacteriana do composto consome estes ácidos, os valores de pH tornam a aumentar gradativamente.

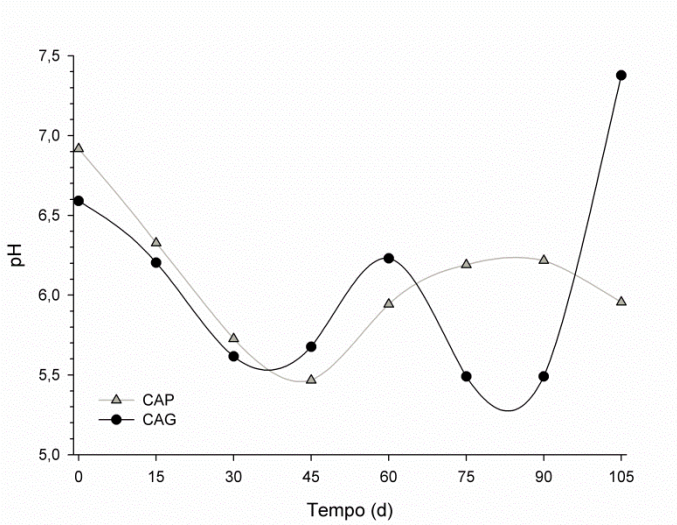


Figura 2 – Valores de pH para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

O teor de umidade é um parâmetro muito importante no processo de compostagem, pois é indispensável para o desenvolvimento dos micro-organismos. Para tanto, este teor deve estar entre 55-60%. Valores superiores podem dificultar as trocas gasosas e originar zonas anaeróbias (Kumar et al. 2010).

Na Fig. 3, a evolução da redução dos teores de umidade entre os tratamentos, pode se observar que os valores iniciais estavam entre 55-60% e ao final do experimento estavam na faixa de 48-50%, estando dentro da faixa ótima para o processo de compostagem e não apresentaram diferenças significativas (p>0,05) em ambos os tratamentos.

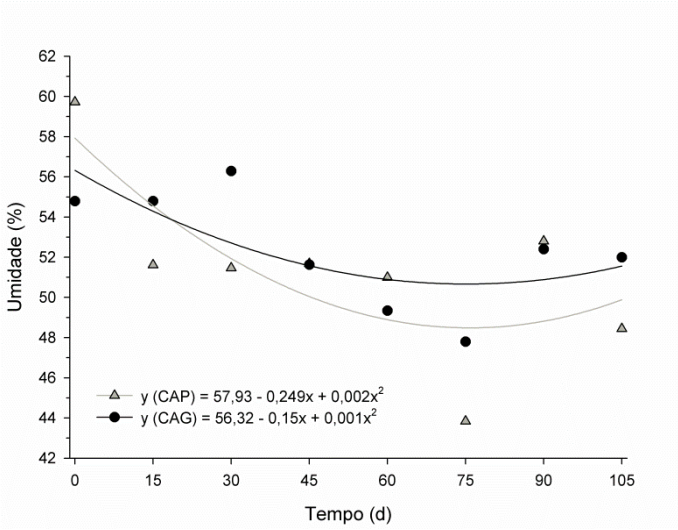


Figura 3 – Índices de umidade para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

O teor de cinzas indica a degradação e mineralização da matéria orgânica e estabilização durante a compostagem, sugerindo a estabilização do composto. Na Fig. 4 o gráfico mostra que os teores aumentaram do tempo 0 ao 45, sofreram declínio no tempo 90, mostrando que não houve diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos. Fialho (2007) indica que o aumento no teor de cinzas é resultante da perda de carbono na forma de CO_2 durante o processo de compostagem.

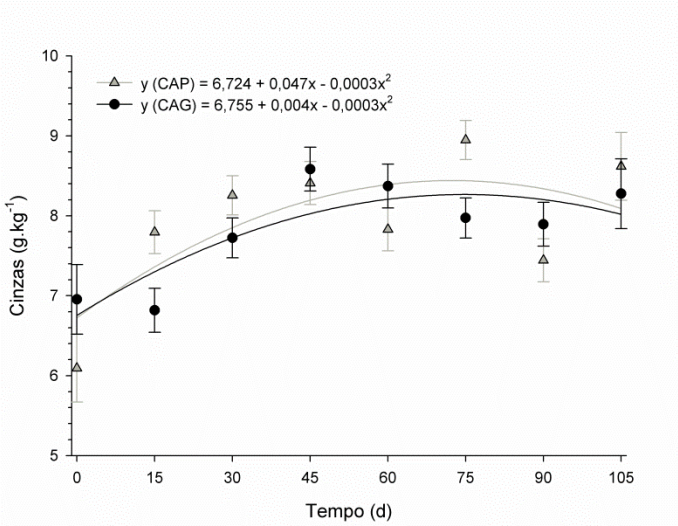


Figura 4 – Índices de cinzas para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

Jiang et al. (2015) descreve em seu estudo que os teores de carbono diminuem à medida que a matéria orgânica é degradada logo após o início da fase termofílica, iniciando a compostagem. Ao longo dos 105 dias em ambos os tratamentos, não se percebeu variação significativa ($p>0,05$) na diminuição do carbono, conforme Fig. 5.

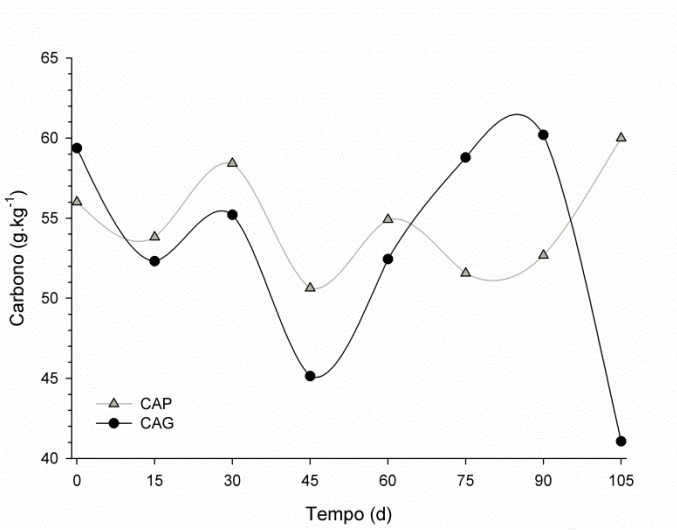


Figura 5 – Índices de carbono orgânico para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

Na Fig. 6, pode-se observar um aumento progressivo do teor de nitrogênio no tratamento 2, bem como, a diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos. Esse aumento, segundo Corrêa et al. (2012), inibe o crescimento da flora bacteriana, impedindo o prosseguimento da compostagem. Jiang et al. (2015), salienta em seu estudo que a perda de nitrogênio está relacionada com o aumento da temperatura, sendo um indicador de que a compostagem está prosseguindo, diferentemente deste estudo, sendo confirmado por Corrêa et al. (2012), que é um dos pouquíssimos estudos que relata a possibilidade do aumento de nitrogênio no processo de compostagem.

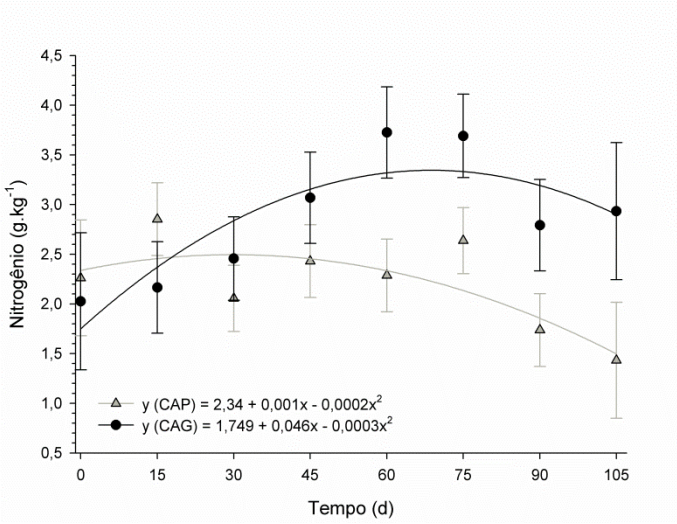


Figura 6 – Índices de nitrogênio para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

A relação C:N inicial entre 25 e 30 é considerada como uma ótima proporção para o processo de compostagem. De acordo com Kumar et al. (2010), a proporção da relação C:N

próximo a 15, indica que a compostagem foi eficaz. Embora o tratamento 2 tenha apresentado resultado mais próximo à indicação do autor supracitado e o tratamento 1 mais próximo a C:N inicial, ambos os tratamentos não apresentaram diferenças significativas, conforme Fig. 7.

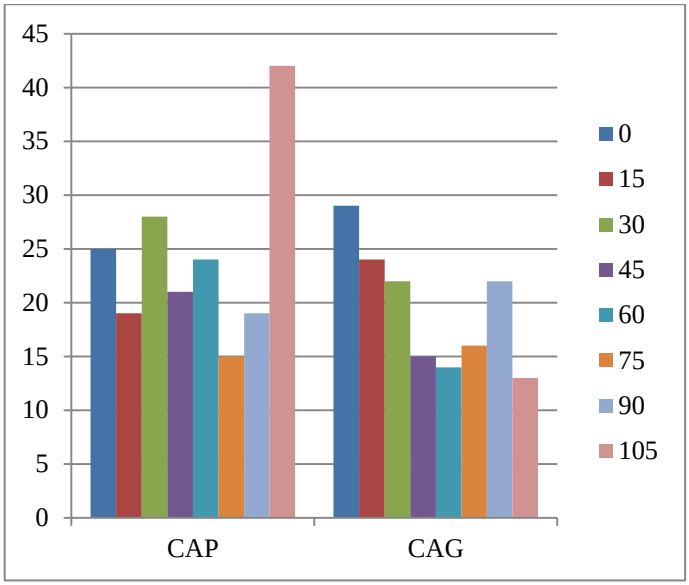


Figura 7 – Relação C:N para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

O índice de germinação é um bom indicador de maturidade e fitotoxicidade e tem uma ampla utilização na compostagem para determinar se o produto atingiu a maturidade do composto ou não, conforma Tiquia et al. (1996). Ortega (1996) afirma que para um composto ser considerado maturado ou livre de fitotoxicidade, deverão apresentar valor de índice de germinação superior a 60%. Caso o índice esteja abaixo desse percentual, o produto é considerado composto orgânico fitotóxico.

Todas as amostras analisadas apresentaram índice de germinação abaixo de 60%, caracterizando o composto como fitotóxico e, consequentemente com maturação incompleta, impossibilitando sua aplicação ao solo. Se o composto apresentar valores acima de 60%, significa que o mesmo se encontra estabilizado e sanitizado.

Na Fig. 8, os índices de germinação para semente de alface apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p<0,05$), enquanto as sementes de pepino (Fig. 9) e rabo-de-galo (Fig. 10) não apresentaram ($p>0,05$). As composteiras de maior volume apresentaram melhor crescimento das radículas para sementes de alface e pepino. Com estes fatores neste tratamento, pode se concluir que a maturação do tratamento 2 avançou um pouco mais que a do tratamento 1, oferecendo um melhor resultado no índice de germinação.

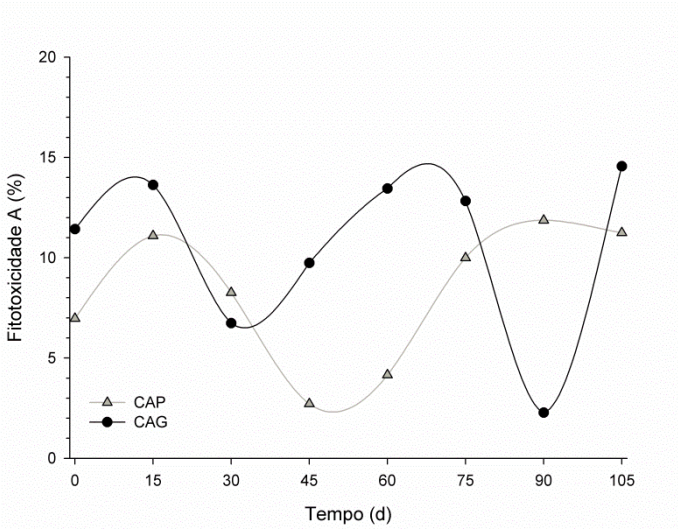


Figura 8 – Índice de germinação para sementes de alface para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

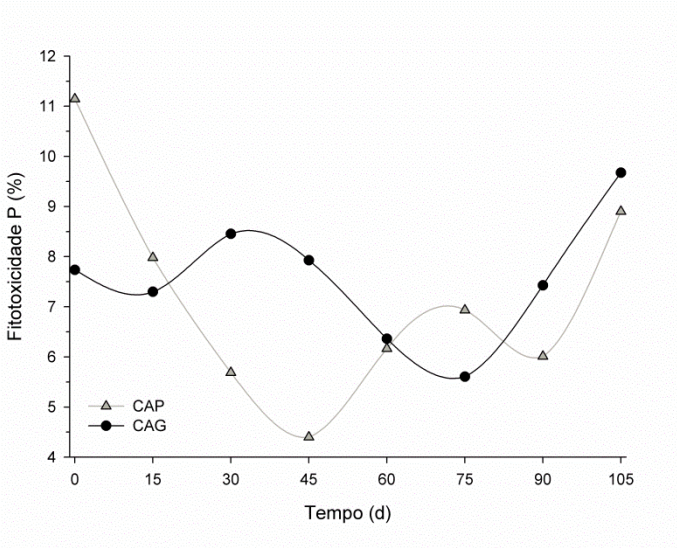


Figura 9 – Índice de germinação para sementes de pepino para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

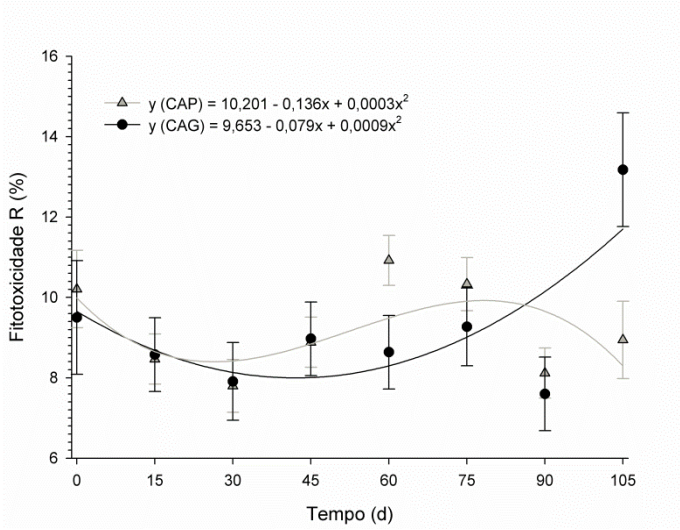
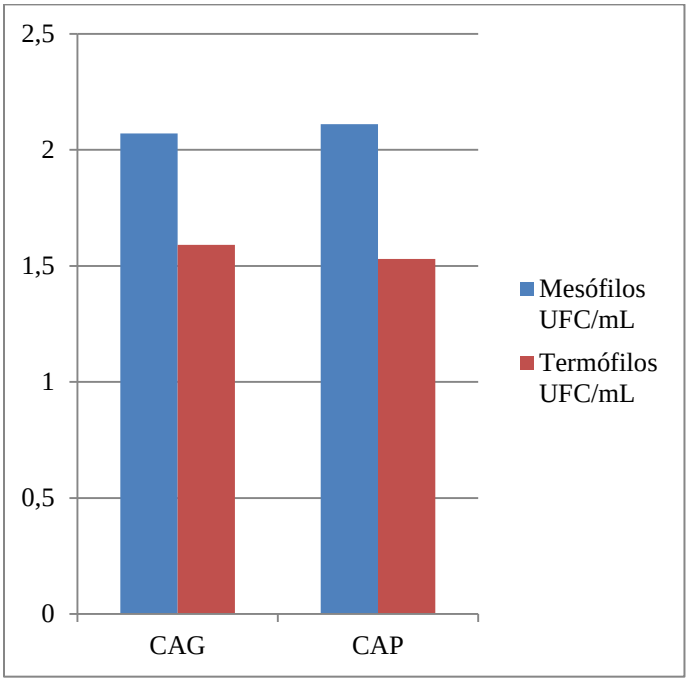


Figura 10 – Índice de germinação para sementes de rabo-de-galo para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

Durante o processo de compostagem, não foi observado aumento de temperatura nas composteiras, indicando que as fases mesofílica e termofílica não foram atingidas. Conforme Fig. 11, Fig. 12 e 13, não foi possível observar diferenças significativas ($p>0,05$) no crescimento microbiano entre os tratamentos.

Segundo Corrêa et al. (2012), o crescimento bacteriano pode ser inibido pelo excesso ou deficiência de nitrogênio e também pela acidificação dos materiais a serem compostados. Como no tratamento 2 pôde-se notar um aumento progressivo de nitrogênio, este pode ser um dos fatores impeditivos para que os micro-organismos pudessem se desenvolver e a compostagem fosse finalizada com sucesso.

Figura 11 - Parâmetros microbiológicos dos compostos de lodo da estação de tratamento de efluentes da indústria de pescado com casca de arroz expressos em UFC/mL



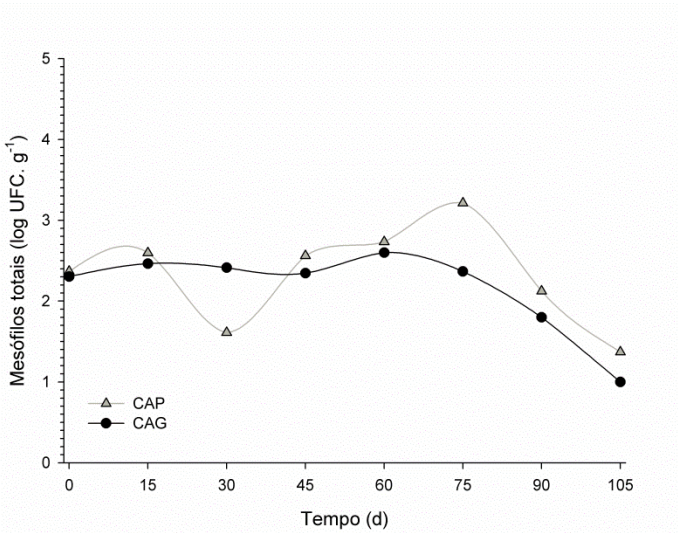


Figura 72 – Contagem de bactérias mesófilas (log UFC/mL) para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

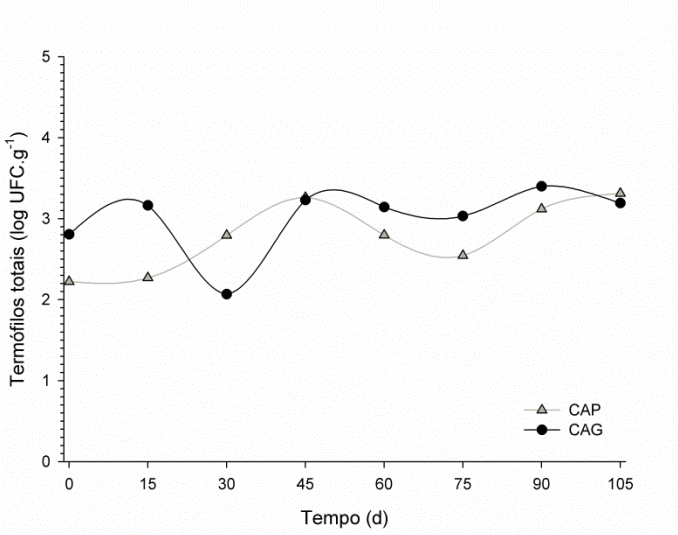


Figura 83 - Contagem de bactérias termófilas totais (log UFC/mL) para compostagem de lodo de pescado e casca de arroz

5.4 CONCLUSÕES

Foi possível avaliar o efeito dos diferentes volumes ao longo do processo de compostagem realizado neste estudo. Devido à alta fitotoxicidade obtida sugere-se que novos experimentos e análises deverão ser realizados para que se possam identificar os possíveis causadores que estão presentes no composto, para que se possa realizar uma aplicabilidade segura no solo. A extensão do tempo de compostagem pode ser uma alternativa.

5.5 LITERATURA CITADA

AACC, AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.10 ed. Ed. St. Paul, 2000.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4th ed. Washington: APHA. 676 p.

AOAC INTERNATIONAL. Official methods of analysis. Gaitherburg: Published by AOAC International. Ed. 16. V. 2. 1997.

CORRÊA, E. K.; ULGUIM, R. R.; CORRÊA, L. B.; CASTILHOS, D. D.; BIANCHI, I.; GIL-TURNES, C.; LUCIA JR, T. Addition of *Bacillus* sp. Inoculums in bedding for swime

on a pilot scale: Effect on microbial population and bedding temperature. Bioresource Technology 2012, v. 121, p. 127-130

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Embrapa: Rio de Janeiro, 1997.

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.

FIALHO, L. L. Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos. Tese. Universidade de São Paulo. São Paulo. Departamento de Química. 2007 170p

GUO, R., LI, G., JIANG, T., SCHUCHARDT, F., CHEN, T., ZHAO, Y., SHEN, Y. Effect of aeration rate, C:N ratio and moisture content of the stability and maturity of compost. Bioresource Technology 2012; 112:171-178

JIANG, J.; LIU, X.; HUANG, Y.; HUANG, H. Innoculation with nitrogen turn over bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promotin maturity in pig manure composting. Waste Management 2015; v. 39, p. 78-85

JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; LI, G.; GUO, R. ZHAO, Y. Effect of C:N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. Journal of Environmental Science, v. 23, n. 10, p. 1754-1760, 2011.

KANG, J.; ZHANG, Z.; WANG, J. J. Influence of humic substances on bioavailability of Cu and Zn during sewage sludge composting. Bioresource Technology. v. 102, p. 8022-8026, 2011.

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

MENDES, P. M.; BECKER, R.; CORRÊA, L. B.; BIANCHI, I.; DAI PRÁ, M. A.; LUCIA Jr, T.; CORRÊA, E. K. Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues. Journal of Environmental Production, v. 167, p. 156-159. 2016.

NEHER, D.A., WEICHT, T.R., BATES, S.T., LEFF, J.W., FIERER, N. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods, and composting times. PLoSOne, 8 (2013).

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

PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. ASA-SSSA, Madison, WI, pp.624 1982

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

SEVERO, E.A., GUIMARA~ES, J.C.F, DORION, E.C.H. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. Journal of Cleaner Production. (2016), pp.1-11

THEBALDI, M., SANDRI, D., FELISBERTO, A., DA ROCHA, M. & NETO, S. 2011. Qualidade de Águas sob Influencia de Efluente Tratado de Abate Bovino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V. 10, p 302-309. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODKISS, I. J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure saw dust litter. EnvironmentPollut, 1996, v. 93, p.249-256

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível avaliar o efeito dos diferentes volumes ao longo do processo de compostagem realizado neste estudo. Devido à alta fitotoxicidade obtida sugere-se que novos experimentos e análises sejam realizados para que se possa identificar os possíveis causadores que estão presentes no composto, a fim de obter um nível fitotóxico aceitável e seguro para aplicabilidade do composto no solo. A extensão do tempo de compostagem, inoculação de microrganismos conhecidos como ‘culturas starter’ das fases mesofílicas e termofílicas e até mesmo a mudança nas proporções dos materiais, podem ser alternativas viáveis para um melhoramento do composto.

7 REFERÊNCIAS

AACC, AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10 edição. Ed. St. Paul, 2000.

ABDEL-RAHMAN, M.A., EL-DIN, M.N., REFAAT, B.M., ABDEL-SHAKOUR, E.H., EWAIS, E.E., ALREFAEY, H.M.A. **Biotechnological Application of Thermotolerant Cellulose-Decomposing Bacteria in Composting of Rice Straw.** Annals of Agricultural Science. 2016. Ain-Shams University

AOAC. International. **Official methods of analysis**. Gaitherburg: Published by AOAC International. Ed. 16. V. 2. 1997.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2001. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: APHA. 2001. 676 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no âmbito de Consórcios Públicos**. Brasília, 2010. 69 p.

BUTKOVSKYI, A., NI, G., LEAL, L. H., RIJNAARTS, H. H. M., ZEEMAN, G. Mitigation of micropollutants for black water application in agriculture via composting of anaerobic sludge. **Journal of Hazardous Materials** 2016;303:41-47

CORRÊA, Érico K.; MENDES, Pablo M.; CORRÊA, Luciara B. Destinação da cama aviária. In: DAI PRÁ, Marcos A,; ROLL, Victor F. B. (Org). **Cama de aviário: utilização, reutilização e destino**. 2 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2014, p. 55-78.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Embrapa: Rio de Janeiro, 1997.

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, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático para a Compostagem de Lodos**. UEL – Universidade Estadual de Londrina. 1999; 91p.

FERNANDES, I.J., CALHEIRO, D., KIELING, A.G., MORAES, C.A.M., ROCHA, T.L.A.C, BREHM, F.A., MODOLO, R.C.E. Characterization of rice husk ash produced using different biomass combustion techniques for energy**. Fuel** 2016;165 pp. 351-359

GAVILANES-TERÁN, I., JARA-SAMANIEGO, J., IDROVO-NOVILLO, J., BUSTAMENTE, M.A., MORAL, R., PAREDES, C. Windrow composting as horticultural waste management strategy – A case study in Ecuador. **Waste Management** 2016;48:127-134

GUO, R., LI, G., JIANG, T., SCHUCHARDT, F., CHEN, T., ZHAO, Y., SHEN, Y. Effect of aeration rate, C:N ratio and moisture content of the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology** 2012; 112:171-178

JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; LI, G.; GUO, R. ZHAO, Y. Effect of C:N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. **Journal of Environmental Science**, v. 23, n. 10, p. 1754-1760, 2011.

KANG, J.; ZHANG, Z.; WANG, J. J. Influence of humic substances on bioavailability of Cu and Zn during sewage sludge composting. **Bioresource Technology**. v. 102, p. 8022-8026, 2011.

LIMA, L. K. F. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos na Cadeia Agroindustrial do Pescado. Palmas: **Embrapa Pesca e Aquicultura**. 28 p. 2013 http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/968518/1/cnpasa.doc1.pdf

MENDES, P. M.; BECKER, R.; CORRÊA, L. B.; BIANCHI, I.; DAI PRÁ, M. A.; LUCIA Jr, T.; CORRÊA, E. K. Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues**. Journal of Environmental Production**, v. 167, p. 156-159. 2016.

MORAES, C.A., FERNANDES, I.J., CALHEIRO, D., KIELING, A.G., BREHM, F.A., RIGON, M.R., BERWANGER FILHO, J.A., SCHNEIDER, I.A., OSORIO, E. Review of the rice production cycle: by-products and the main applications focusing on rice husk combustion and ash recycling. **Waste Management** 2014;32(11):1034–48.

MPA. 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 Acessado em: 24 de maio de 2015.

MUNOZ, A. E. P., FLORES, R. V., RODRIGUES, A. P. O., MATAVELI, M. Aquicultura: Atividade em ascensão**. Ativos Aquicultura**. 4p. 2015. Disponível em https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1041208/1/CNPASA2015aa1.pdf Acessado em: 10 de outubro de 2016

NEHER, D.A., WEICHT, T.R., BATES, S.T., LEFF, J.W., FIERER, N. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods, and composting times. **PLoSOne**, 8 (2013).

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

PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. **ASA-SSSA**, Madison, WI, pp.624 1982

PARTANEN, P., HULTMAN, J., PAULIN, L., AUVINEN, P., ROMANTSCHUK, M. Bacterial diversity at different stages of the composting process**. BMC Microbiology**., 10 (2010), p. 94

PODE, R. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. **Renew and Sust Energy Reviews**. 53 (2016), pp. 1468-1485

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

SEVERO, E.A., GUIMARÃES, J.C.F, DORION, E.C.H. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**. (2016), pp.1-11

SONG, C., LI, M., JIA, X., WEI, Z., ZHAO, Y., XI, B., ZHU, C., LIU, D. Comparison of bacterial community structure and dynamics during the thermophilic composting of different types of solid wastes: anaerobic digestion residue, pig manure and chicken manure. **Microbial Biotechnology**., 7 (2014), pp. 424–433

TEH, C. Y., WU, T. Y., JUAN, J. C. Optimization of agro-industrial wastewater treatment using unmodified rice starch as a natural coagulant**. Industrial Crops and Products**, 56 (2014), pp. 17-26

THEBALDI, M., SANDRI, D., FELISBERTO, A., DA ROCHA, M. & NETO, S. 2011. Qualidade de Águas sob Influencia de Efluente Tratado de Abate Bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, V. 10, p 302-309. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG.

TRAN, Q.N.M., MIMOTO, H., NAKASAKI, K. Inoculation of lactic acid bacterium accelerates organic matter degradation during composting**. International Biodeterioration & Biodegradation**, 104 (2015), PP. 377-383.

WESZ JUNIOR, V. J.; TRENTIN, I. C. L. Desenvolvimento e agroindústria familiar. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, 42., 2004, Cuiabá. Anais. Brasília, DF: SOBER, 2004.

YOUNG, B.J., RIZZO, P.F., RIERA, N.I., TORRE, V.D., LÓPEZ, V.A., MOLINA, C.D., FERNÁNDEZ, F.E., CRESPO, D.C., BARRENA, R., KOMILLIS, D., SÁNCHEZ, A. Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure**. Waste Management**. v.54, p. 101-109. 2016.

ZUCCONI, F.; FORTE, M.; MONACO, A.; BERTOLDI, M. de. Biological evaluation of compost maturity. Biocycle. **Journal of Waste Recycling**, v.21, p. 27-29. 1981.