

USO DE MICRORGANISMOS EFICAZES EM COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DE FEIRA E RESTAURANTE

USE OF EM AT COMPOSTING OF ORGANIC SOLID WASTE FROM FAIR AND RESTAURANT

SOUZA, Luan Alves de¹
CARMO, Dirlane de Fátima do²
SILVA, Flavio Castro da³

Resumo: O objetivo neste trabalho foi avaliar a utilização de microrganismos eficazes (EM) para acelerar o processo de compostagem de resíduos de feira livre e de restaurante. Os tratamentos foram realizados em triplicata variando-se a concentração de EM em 0,01%; 0,5% e sem diluição. O substrato adotado foi o mesmo em todos os tratamentos, apenas variando a concentração da solução de EM utilizada. O substrato foi composto por resíduos de poda (30%), resíduos de restaurante (10%), resíduos de feira (50%) e cama de frango (10%). Foi feita uma estimativa inicial da relação Carbono/Nitrogênio com base na literatura, obtendo-se o valor de 31/1. Durante a condução deste trabalho foram observados altos teores de umidade no material, chegando a valores maiores que 90%, o que influenciou negativamente outros parâmetros, como a temperatura, por exemplo, que não alcançou os valores indicados pela literatura. É possível perceber que todos os tratamentos apresentaram comportamentos muito semelhantes em todos os parâmetros analisados. Não foi possível avaliar a eficiência das diferentes concentrações de EM em relação ao tempo de compostagem visto que esta foi lenta pela aeração deficiente e a interferência da alta umidade causada pelo confinamento do composto e tipo de material compostado, que fez com que a atividade dos microrganismos se processasse de forma mais lenta, proporcionando um aumento no tempo de compostagem devido à condição de anaerobiose.

Palavras-chave: Compostagem, Tratamento; Microrganismos Eficazes; Resíduos.

Abstract: In this work was assed the use the Efficient Microorganisms (EM) to accelerate the process of composting residues from the market-place and restaurant. The treatments were performed in triplicate by varying the EM concentration by 0.01%, 0.5% and without dilution. The substrate used was the same in all treatments, only varying the concentration of the EM solution used. The substrate was composed of pruning residues (30%), restaurant residues (10%), fair residues (50%) and chicken litter (10%). The initial estimative of the Carbon / Nitrogen ratio was made based on the literature, obtaining the value of 31/1. During the conduction of this work, high moisture content was observed in the material, reaching values higher than 90%, which negatively influenced other parameters, such as temperature, for example, that did not reach the values indicated in the literature. It is possible to notice that all the treatments presented very similar behaviors in all the analyzed parameters. It was not possible to evaluate the efficiency of the different concentrations of EM in relation to composting time, probably due to poor aeration and high humidity interference caused by the confinement of the compound, which may have caused the microorganism activity to proceed slower, resulting in an increase in the composting time due to the anaerobic condition.

Keywords: Composting; Treatment; Efficient Microorganisms; Residue.

¹ Mestrando em Engenharia de Biosistemas – Universidade Federal Fluminense – luan_souza@id.uff.br

² Doutora em Saneamento pela EESC/USP, professora Associada I da UFF – Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, dirlanefc@id.uff.br

³ Doutor em Engenharia Agrícola pela UFLA, professor adjunto da UFF – Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, flaviocastro@id.uff.br

1. INTRODUÇÃO

Tanto em países desenvolvidos quanto em subdesenvolvidos é crescente a preocupação quanto à geração acelerada de resíduos. Devido ao desenvolvimento industrial e ao crescimento populacional das últimas décadas, o volume de resíduos gerados tem se constituído em um problema de ordem social, econômica e ambiental.

Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (IPEA, 2012a), a maior parte dos resíduos sólidos gerados no Brasil é de origem orgânica. Os resíduos orgânicos são em sua maioria provenientes de domicílios, restaurantes, supermercados e hortifrutis.

Inácio e Miller (2009) afirmam que a fração orgânica dos resíduos urbanos gera impactos ambientais em aterros e ao meio ambiente pela geração de odores e atração de vetores de doenças. Ao mesmo tempo, a matéria orgânica tratada reduziria a pressão sobre os aterros e minimizaria os danos ambientais e sociais provocados pela disposição inadequada desse material. Entre os métodos de reaproveitamento/reciclagem pode-se citar a compostagem, que é uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica (KIEHL, 1985). A compostagem também é a técnica mais adequada para tratamento de resíduos orgânicos e indicada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010, art. 30, inc. VII; art. 36, inc. V), gerando ainda o composto orgânico que pode ser aproveitado na área agrícola.

A compostagem ocorre naturalmente no ambiente através da degradação de matéria orgânica. Porém o homem, para atender as suas necessidades, vem desenvolvendo técnicas para aceleração do processo. A produção do composto tradicional é demorada, podendo ultrapassar 120 dias o que implica em ocupação de área para o processo, maior tempo para monitoramento e demora na obtenção do composto.

A inoculação do composto com microrganismos eficazes (EM - Efficient Microorganisms) pode acelerar o processo, reduzindo sua duração. O EM é o conjunto de microrganismos anaeróbios, aeróbios e de outros microrganismos de diferentes atuações, sendo os principais as bactérias produtoras de ácido láctico, as leveduras, as bactérias fotossintéticas, fungos e actinomicetos. Esses microrganismos eficazes decompõem a matéria orgânica de modo equilibrado utilizando menos energia e tempo, e podem ser encontrados em matas fechadas e em terras não alteradas pelo homem (BONFIM et al, 2011).

Portanto, neste trabalho foi avaliada a utilização de diferentes concentrações de Microrganismos Eficazes visando verificar se haveria influência destes nos principais parâmetros de monitoramento da compostagem, bem como no tempo de duração do processo de metabolização desses resíduos orgânicos, tendo sido usados como estudo de caso os gerados em uma feira livre e um restaurante *self-service*.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Revisão Bibliográfica

2.1.1. Resíduos sólidos orgânicos gerados no Brasil

Uma das maiores preocupações da sociedade moderna, para Pereira Neto (2007), tem sido o aumento da geração de resíduos, que tem como principais causas o constante desenvolvimento industrial e o consequente aumento do consumo pela sociedade. Conforme Külcü e Yaldiz (2014), os novos padrões da sociedade urbana e atividade agrícola tem se tornado uma causa significativa da poluição do meio ambiente, pois estes resíduos têm sido dispostos em aterro ou diretamente no meio ambiente com pouco ou nenhum controle.

Segundo Inácio e Miller (2009), grandes quantidades de resíduos sólidos orgânicos são geradas pelas mais variadas atividades e setores da economia. Os autores citam como exemplo a fração orgânica dos resíduos urbanos, composta de restos de alimentos de restaurantes e Centrais de Abastecimento de Alimentos - Ceasas.

O relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (ABRELPE, 2014) informa que no Brasil, em 2014, a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 2,9% da geração em relação ao ano anterior.

De acordo com a pesquisa da ABRELPE (2012), a partir da média simples da composição gravimétrica de 93 municípios brasileiros pesquisados, a porcentagem de matéria orgânica alcançava 51,4% dos resíduos sólidos coletados no Brasil.

Devido ao preparo de alimentos em grandes quantidades, restaurantes em geral, são responsáveis pela geração de consideráveis quantias de resíduos orgânicos por dia. De forma similar aos resíduos orgânicos de restaurantes, os resíduos orgânicos domiciliares também são caracterizados pelo descarte de alimentos durante o processo de preparo e em sobras de prato, no entanto, em quantidades muito menores quando comparadas com restaurantes.

Em feiras livres, produtos fora do padrão de comercialização ou que foram danificados durante o armazenamento, transporte ou manuseio, são rejeitados pelos consumidores e como possuem alto grau de perecibilidade, no final da feira acabam sendo descartados. Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea (IPEA, 2012b), apontam que no Brasil cerca de 35% da produção agrícola são destinadas ao lixo, o que equivale a dez milhões de toneladas de alimentos a cada safra.

2.1.2. Compostagem como alternativa de tratamento de resíduos sólidos orgânicos

Todo resíduo orgânico deve sofrer destinação adequada. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), art. 36, inciso V, há a necessidade de implantação, por parte dos municípios, de sistemas de compostagem para a fração de resíduos sólidos orgânicos gerados, bem como promover através de agentes econômicos e sociais a utilização do composto produzido.

A forma mais eficiente de se obter a biodegradação controlada dos resíduos orgânicos é por meio da compostagem, que é um processo biológico aeróbio utilizado no tratamento e na estabilização de resíduos orgânicos para a produção de húmus (PEREIRA NETO, 2007). Ainda segundo o autor, a compostagem é uma forma de tratar (estabilizar) e transformar os resíduos orgânicos em um material humificado, pronto para ser utilizado na agricultura como adubo.

De acordo com Inácio e Miller (2009), a compostagem de resíduos orgânicos possibilita a minimização de impactos ambientais, minimização de rejeitos e a maximização da reciclagem, que para os autores são pontos fundamentais que constituem o conceito de desenvolvimento sustentável para o eficiente tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

A compostagem da fração orgânica tem despontado como uma solução eficiente, eficaz e de baixo custo. Estudos têm sido realizados buscando o aperfeiçoamento da técnica. O intuito é torná-la cada vez mais difundida e acessível para que os municípios possam aplicá-la na gestão dos seus RSU. A adoção da tecnologia proporciona redução nos gastos públicos, minimização de problemas ambientais e fomento à agricultura, através da produção do composto orgânico (SOUZA, MAHLER e INÁCIO, 2016).

2.1.3. Fatores que influenciam na compostagem

A compostagem é um processo de oxidação biológica em que os microrganismos decompõem os compostos orgânicos dos materiais liberando calor, dióxido de carbono e vapor de água (SOUZA, MAHLER e INÁCIO, 2016). Logo, para que os microrganismos processem essa matéria orgânica de forma eficiente, é necessário que alguns parâmetros sejam observados de forma a propiciar as condições mais favoráveis às atividades microbianas. Há vários parâmetros que influenciam na compostagem, seja na qualidade final do composto ou no tempo necessário à sua estabilização.

Kiehl (1985) explica que a conversão da matéria orgânica ao estado humificado é realizada por microrganismos, principalmente bactérias, fungos e actinomicetos. Ainda segundo o autor, a velocidade da decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos varia conforme a influência de determinados fatores, como teor de umidade, aeração, relação Carbono: Nitrogênio (C/N), potencial hidrogeniônico (pH) e temperatura (T).

De acordo com Pereira Neto (2007), a temperatura é um dos fatores mais importantes, visto que a eficiência do processo pode ser observada através deste parâmetro. Ainda segundo o autor, na fase de degradação ativa (termofílica), a temperatura deve ser mantida na faixa de 45-65°C, enquanto na fase de maturação (mesofílica) não devem ultrapassar os 40°C.

Segundo Cooper et al. (2010), a temperatura da fase termofílica pode exceder 70°C, o que é importante para que haja a eliminação de patógenos (microrganismos nocivos à saúde) e para inativar sementes de plantas, no entanto, quando temperaturas muito elevadas persistem por tempo prolongado podem ocasionar a morte de microrganismos desejáveis, comprometendo a compostagem.

Conforme Pereira Neto (2007), pode-se citar como principais fatores que influenciam o bom desenvolvimento da temperatura nas leiras de compostagem, as características da matéria prima, o tipo de sistema utilizado, controle operacional (teor de umidade, revolvimento/aeração, relação C/N e quantidade do material) e as dimensões das leiras.

O teor de umidade é um fator que deve ser rigorosamente controlado, tendo em vista que é de fundamental importância para a manutenção da atividade microbiana. Para Cooper et al. (2010), os limites ideais para a umidade do composto, nos quais os microrganismos decompositores são capazes de desenvolver suas funções, são acima de 40% e abaixo de 60%. A umidade quando em excesso, é capaz de dificultar a circulação do ar dentro do composto. Quando há diminuição excessiva do teor de umidade, ocasiona a diminuição da atividade microbiológica.

Segundo Kiehl (1985), o processo de humificação da matéria orgânica é diretamente proporcional a sua capacidade de retenção de água, ou seja, quanto mais humificado o composto mais humidade este pode reter. Pereira Neto (2007) explica que o controle da umidade na leira de compostagem é simples, no caso de umidade elevada basta adicionar materiais que ajudem a absorver o excesso de umidade, como exemplo, o autor cita, vegetais secos (folhas, capins, gramas, dentre outros materiais) e lascas de madeiras, sendo que este último material, após peneiramento, ao final do processo poderá ser reaproveitado em novas leiras na forma de inóculo. Ainda segundo o autor, para o controle abaixo da umidade ideal, basta adicionar água ou outro material orgânico com alto teor de umidade, em quantidade e proporção adequada ao balanço final da umidade desejada.

A aeração determina a natureza da decomposição, aeróbia ou anaeróbia. A compostagem de resíduos orgânicos é um processo estritamente aeróbico. O ar deve circular pela massa, logo, se houver pontos onde não há fornecimento de ar, haverá desenvolvimento de microrganismos anaeróbicos e indesejáveis ao processo aeróbio. Segundo Kiehl (1985), se a concentração de oxigênio se torna extremamente baixa, poderá ocasionar a morte dos microrganismos aeróbios dando lugar aos anaeróbios, que decompõem a matéria orgânica de forma mais lenta, produzem odores e atraem vetores de doenças.

Para haver produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição, isto é, oxidação biológica do carbono, componente principal dos resíduos orgânicos, é essencial que haja oxigênio. Parte dessa energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos e o restante é liberado na forma de calor (SOUZA, MAHLER e INÁCIO, 2016).

Pereira Neto (2007) explica que os microrganismos necessitam de macro e micronutrientes para desenvolver suas atividades metabólicas, e dentre estes, dois são de extrema importância: carbono e nitrogênio. Sabendo que os microrganismos metabolizam a matéria orgânica proporcionalmente a 30 partes de carbono para 1 parte de nitrogênio, esta é a relação C/N inicial ideal. Todavia, convencionou-se utilizar a faixa de 26/1 a 35/1 como relação recomendada.

Segundo Cooper et al. (2010), durante a decomposição da matéria orgânica, a relação C/N tende a diminuir, chegando a valores abaixo de 20/1. Ao final do processo de compostagem, na fase de maturação do composto, quando a temperatura diminui e se estabiliza, a relação C/N desta fase apresenta valores em torno de 10 a 12/1.

Outro parâmetro importante para a compostagem é a Granulometria, que se refere ao tamanho das partículas das matérias primas utilizadas no processo de compostagem. Para Pereira Neto (2007), os resíduos devem passar por uma correção de tamanho antes de serem introduzidos nas leiras de compostagem. Ainda segundo o autor, a granulometria ideal favorece outros fatores como a homogeneização da leira, melhoria da porosidade, menor compactação, maior aeração, aumento da área específica de degradação, redução no tempo de compostagem.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Caracterização do local em que foi realizado o estudo

O trabalho foi conduzido em Niterói, no estado do Rio de Janeiro-RJ, com duração de 80 dias. O experimento foi realizado na casa de vegetação próximo à Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, no Campus da Praia Vermelha, onde foi possível manter o composto protegido da chuva e de radiação direta do sol.

2.2.2. Caracterização do local onde os resíduos orgânicos foram coletados

Os resíduos oriundos da feira livre foram obtidos por meio do recolhimento daquilo que foi gerado após sua realização. A cama de frango foi doada por uma criadora de frangos caipiras em sistema semi-intensivo na região de Monjolos, município de São Gonçalo-RJ. Os resíduos de poda foram cedidos pela MARPA, empresa responsável pelo serviço de poda e jardinagem dos Campi da Universidade. O resíduo cedido foi triturado pela própria empresa, no Campus do Gragoatá, com uma

ensiladeira. Os resíduos de restaurante foram obtidos em um restaurante *self-service* localizado no Campus da Praia Vermelha próximo à Escola de Engenharia.

A captura dos microrganismos eficazes foi realizada no Horto Florestal, localizado na Alameda São Boaventura, 770, bairro Fonseca, no município de Niterói-RJ, na latitude de 22°53'0.39"S e longitude de 43° 5'25.44"O. O EM foi preparado conforme metodologia proposta por Bonfim et al. (2011).

2.2.3. *Tratamentos*

O substrato adotado foi o mesmo em todos os tratamentos, apenas variando a concentração da solução de EM utilizada. O substrato foi composto por resíduos de poda (30%), resíduos de restaurante (10%), resíduos de feira (50%) e cama de frango (10%).

A montagem do substrato foi feita pesando-se cada resíduo separadamente conforme as proporções acima citadas. Dessa forma, foram obtidos 40 kg de resíduos de feira, 24 kg de resíduos de poda, 8 kg de cama de frango e 8 kg de resíduos de restaurante, perfazendo um total de 80 kg. Os resíduos da feira e os de poda foram previamente triturados antes da pesagem.

Os resíduos foram dispostos no chão em uma área revestida de cimento, e com o auxílio de uma enxada, foram misturados até formarem um substrato homogêneo. Após esse procedimento, o substrato foi colocado em baldes de 18 litros. O conjunto balde e substrato foi pesado, obtendo-se 6,1 kg em cada.

Cada tratamento foi realizado em triplicata, variando-se apenas a concentração do EM aplicado. Assim, os tratamentos eram irrigados com 100 ml do EM de acordo com as concentrações apresentadas na Tabela 1. O tratamento com a testemunha era irrigado da mesma forma, porém com a utilização de água ao invés do EM.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento

Testemunha	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Substrato	Substrato	Substrato	Substrato
Sem EM	0,05% EM	0,1% EM	EM sem diluição

Para promover a areação, o composto foi revolvido manualmente a cada dois dias. Para que não causasse interferência nos parâmetros de temperatura, umidade e pH, optou-se pelo revolvimento sempre depois da medição da temperatura, porém, antes da coleta de amostras para a determinação da umidade e pH.

Para facilitar a retirada do chorume produzido, foi construída uma estrutura simples de madeira para elevar os baldes um pouco acima do chão para que fosse introduzido um recipiente de coleta do líquido. No fundo de cada recipiente foram feitos pequenos furos para possibilitar a saída

do chorume até o recipiente de coleta. A cada dois dias os recipientes eram verificados e o volume do chorume produzido era medido por meio de uma proveta.

2.2.4. Monitoramento da Compostagem

Em todos os tratamentos a temperatura foi monitorada a cada dois dias, exceto aos domingos, utilizando-se um termômetro de haste de 15 cm. O ponto escolhido para a medição da temperatura foi o centro geométrico do recipiente, para isso, foi necessário afastar o composto manualmente para que a haste do termômetro pudesse alcançar o ponto desejado.

O pH de cada tratamento foi medido segundo a metodologia da EMBRAPA (1997). A coleta de dados foi feita uma vez por semana logo após o revolvimento do composto. Cerca de 10 ml de composto era coletado e colocado em copos de plástico individuais devidamente identificados. Logo após, eram adicionados 25ml de água e com o auxílio de um bastão de vidro a amostra era agitada. A solução era deixada em repouso por uma hora e após esse tempo, agitada novamente e então as fitas de pH eram mergulhadas para proceder a leitura.

Para a determinação da umidade em laboratório, foi seguido o princípio de secagem de alimentos, de acordo com Celestino (2010), uma vez por semana. Cada tratamento contribuiu com uma amostra de 10g a 20g, que foi colocada em recipientes de alumínio devidamente identificados e com suas massas conhecidas. Depois de alocadas em seus respectivos recipientes, o conjunto foi pesado e conduzido à estufa à 105°C. Passadas 4h, as amostras eram retiradas da estufa e deixadas ao ar ambiente para esfriarem, sendo pesadas novamente.

2.3. Resultados e Discussão

Durante a condução deste trabalho, a umidade foi um parâmetro que interferiu negativamente nos resultados. A coleta dos resíduos da feira e do restaurante foi feita no mesmo dia em que foi montada a compostagem. Estes materiais apresentam alto teor de água em sua constituição, e, como estes não foram secos antes de serem adicionados a compostagem, causaram a elevação da umidade do composto.

Nos primeiros dias de compostagem, o teor de água apresentou-se alto em relação ao que é recomendado pela literatura, que indica umidade ideal entre 40 e 60%. Ao analisar estatisticamente o comportamento da umidade dos diferentes tratamentos durante o período de compostagem foi possível observar que os valores mais altos de umidade ocorreram no primeiro dia de coleta de dados, com 90,02%, 90,17%, 80,69% e 84,50% para o Tratamento testemunha, Tratamento 1, Tratamento 2 e Tratamento 3, respectivamente, apresentando diferenças significativas do Tratamento testemunha e Tratamento 1 para os Tratamentos 2 e 3. Os menores valores de umidade foram observados no dia

22/12 (57º dia) com 52,10%, 52,53%, 49,71% e 49,19% para o Tratamento testemunha, Tratamento 1, Tratamento 2 e Tratamento 3, respectivamente, não apresentando diferenças significativas entre si (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise estatística do comportamento da umidade nos diferentes tratamentos e testemunha

Datas/Período	Tratamentos			
	Testemunha	T1	T2	T3
31 out	90,02 Bd	90,17 Bd	80,69 Ac	84,50 Ad
7 nov	89,63 Bd	90,30 Bd	76,23 Ac	79,66 Ad
17 nov	80,69 Ac	83,53 Ac	75,52 Ac	78,42 Ad
24 nov	77,93 Bc	78,31 Bc	66,87 Ab	68,51 Ac
28 nov	66,13 Ab	68,42 Ab	67,51 Ab	67,45 Ac
7 dez	56,53 Aa	56,56 Aa	51,98 Aa	50,66 Aa
14 dez	56,83 Aa	56,48 Aa	53,36 Aa	54,01 Aa
22 dez	52,10 Aa	52,53 Aa	49,71 Aa	49,19 Aa
4 jan	62,11 Ab	66,44 Ab	68,60 Ab	63,89 Ab
13 jan	58,77 Aa	62,84 Ab	62,60 Ab	59,99 Ab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Scott-Knott.

Outro fator que contribuiu para o excesso de umidade foi a utilização das tampas dos recipientes para proteger o composto de insetos. Quando fechados com tampa, os recipientes aprisionavam a água dentro deles, não a deixando evaporar para o ambiente e, conseqüentemente, mantendo a umidade sempre alta.

Portanto, avaliando todos os tratamentos foi concluído que as prováveis causas para a alta umidade inicial estavam relacionadas aos materiais compostados e a forma de confinamento do composto.

A partir da análise estatística do comportamento do pH dos diferentes tratamentos durante o período de compostagem (Tabela 3) pode-se observar que o valor mais baixo de pH ocorreu com o Tratamento testemunha no primeiro dia de coleta, comportamento condizente com a literatura, apresentando valor de 5,00, diferindo significativamente dos demais tratamentos. A partir do dia 28/11 (33º dia) todos os tratamentos alcançaram o valor de pH 7,00, indicando que houvera a decomposição e volatilização dos ácidos orgânicos, e não apresentavam diferenças significativas entre si ou ao longo do período. O pH final do composto manteve-se dentro dos limites 6,0 e 8,0.

Os valores de temperatura verificados não alcançaram os ideais para o processo na primeira fase da compostagem (termofílica) provavelmente devido à alta umidade durante os primeiros 40 dias, ocupando os poros e reduzindo a aeração.

Souza (2015) descreve não ter conseguido atingir temperaturas ideais durante o processo e aponta a aeração deficiente como principal causa das baixas temperaturas, fator que pode estar relacionado à falta de macroporos. Em conjunto com o elevado teor de umidade dos resíduos, a aeração deficiente devida ao confinamento pode ter causado o mesmo efeito no presente trabalho.

Tabela 3 - Análise estatística do comportamento do pH nos diferentes tratamentos e testemunha

Datas/Período	Tratamentos			
	Testemunha	T1	T2	T3
31 out	5,00 Aa	6,00 Ba	6,00 Ba	5,66 Ba
7 nov	7,00 Ab	6,66 Ab	6,66 Ab	6,66 Ab
17 nov	7,00 Ab	6,66 Ab	7,00 Ab	6,66 Ab
24 nov	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	6,66 Ab
28 nov	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab
7 dez	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab
14 dez	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab
22 dez	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab
4 jan	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab
13 jan	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab	7,00 Ab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Scott-Knott.

Analisando o comportamento da temperatura dos diferentes tratamentos durante o período de compostagem pode-se observar que o valor mais alto de temperatura alcançou os 37°C pelo tratamento testemunha em 28/11 e 22/12 (33° e 57° dia), pelo tratamento 2 em 22/12 (57° dia) e pelo tratamento 3 em 04/01 (70° dia). O valor mais baixo de temperatura foi observado pelo tratamento testemunha em 24/11 (29° dia) com 24°C (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise estatística do comportamento da temperatura (°C) nos diferentes tratamentos e testemunha

Datas/Período	Tratamentos			
	Testemunha	T1	T2	T3
31 out	32,00 Bc	31,33 Bd	29,66 Ac	30,33 Ab
7 nov	32,00 Ac	32,00 Ad	31,33 Ad	32,00 Ac
17 nov	30,00 Bb	28,33 Ab	29,00 Ab	29,66 Bb
24 nov	26,00 Aa	27,00 Ba	27,66 Ba	27,66 Ba
28 nov	37,00 Ad	35,66 Ae	36,00 Ae	36,00 Ad
7 dez	31,00 Ab	30,00 Ac	29,66 Ac	30,00 Ab
14 dez	32,00 Bc	30,00 Ac	31,00 Ad	31,33 Bc
22 dez	37,00 Ad	36,33 Ae	37,00 Ae	36,66 Ad
4 jan	36,00 Ad	36,33 Ae	36,33 Ae	37,00 Ad
13 jan	30,00 Ab	30,00 Ac	30,00 Ac	30,66 Ab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Scott-Knott.

Pode-se observar também uma semelhança no comportamento da temperatura durante o período, tanto na testemunha quanto nos três tratamentos. A umidade elevada nas primeiras semanas tornou-se condição limitante do processo, impedindo aumentos expressivos da temperatura.

A semelhança entre os valores de temperatura observados indica que as diferentes concentrações de EM adicionadas aos tratamentos não causaram alterações significativas entre os tratamentos.

Portanto, é possível afirmar que as diferentes concentrações de EM não influenciaram a temperatura da forma como se esperava. É provável que a temperatura nos recipientes tenha sofrido mais influência da temperatura ambiente do que da adição de EM.

A inoculação de Microrganismos Eficazes na compostagem teve como objetivo o aumento da velocidade de degradação do material orgânico visando obter um composto maturado em um tempo menor do que em uma compostagem convencional. Entretanto, o alto teor de umidade e a condição de anaerobiose influenciaram negativamente o tempo de compostagem.

Neste trabalho foram utilizados 30% de material rico em carbono e 70% de material rico em nitrogênio, levando a 80 dias para a maturação do composto. Houve uma redução do tempo de compostagem quando comparado ao trabalho de França et al. (2014), que obtiveram o composto maturado em torno de 120 dias. Deve-se ressaltar que os autores utilizaram 75% de serragem e 25% de resíduos de restaurante.

Comparando os dados do presente trabalho com os de Souza (2015), que balanceou 60% de resíduos de restaurante com 40% de resíduos de poda, o tempo de maturação foi superior, visto que este autor obteve um composto pronto com 60 dias. Considerando que as proporções de materiais e a relação C/N estimadas no presente trabalho assemelham-se com o trabalho de Souza (2015), esperava-se que com a adição do inóculo o tempo de compostagem fosse menor do que o obtido.

Através do estudo foi possível perceber que houve uma redução no tempo de compostagem quando comparado ao tempo que a literatura estipula, usualmente de aproximadamente 120 dias. Entretanto, devido ao alto teor de umidade e a condição de anaerobiose que influenciaram negativamente, acredita-se que, provavelmente, o tempo de compostagem deste trabalho poderia ter sido menor do que 80 dias.

Desta forma, a inoculação de diferentes concentrações de EM em ambiente confinado não reduziu o tempo de compostagem em relação à testemunha sem inóculo. Quando a compostagem se processa em meio anaeróbico, a velocidade do processo é reduzida, contrabalanceando a ação dos microrganismos inoculados.

Apesar das adversidades encontradas durante o desenvolvimento deste trabalho foi possível promover o tratamento adequado dos resíduos, pôde-se, inclusive, estimar que a redução do volume do composto foi de um terço de seu volume inicial.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de recipientes com tampa para a compostagem não funcionou de forma satisfatória, pois proporcionou um ambiente com excesso de umidade, tornando o composto anaeróbico ao dificultar a circulação de oxigênio pelo mesmo. O excesso de umidade, por sua vez, teve influência negativa sobre a velocidade de compostagem, e, portanto, sobre a velocidade de decomposição da matéria orgânica por parte dos microrganismos. Além disto, houve a geração de odores e atração de vetores (moscas). Desta forma, recomenda-se a utilização de telas no lugar de tampas nos recipientes de acondicionamento do composto.

Devido à umidade ter se mostrado alta durante a fase termofílica da compostagem, as temperaturas características desta fase não foram alcançadas, de forma que não fosse possível identificar a duração das fases da compostagem, provavelmente também influenciando na qualidade do composto.

Durante os 80 dias de monitoramento, o pH teve comportamento conforme era esperado. Na primeira semana apresentou-se ácido, mas a partir da quarta semana todos os tratamentos já apresentavam pH neutro.

Não foi possível avaliar a eficiência das diferentes concentrações de EM em relação ao tempo de compostagem devido, provavelmente, à aeração deficiente e à interferência da alta umidade causada pelo confinamento do composto, que pode ter feito com que a atividade dos microrganismos se processasse de forma mais lenta, proporcionando um aumento no tempo de compostagem pela condição de anaerobiose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil** – 2012. Edição especial de 10 anos. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 21/01/2017.

ABRELPE. 2014, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Relatório de pesquisa. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 23/01/2017.

BONFIM, F.P.G.; HONORIO, I.C.G.; REIS, I.L.; PEREIRA, A. de J.; SOUZA, D.B. de. **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM). Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. 2ª Edição, 2011.

BRASIL. Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. EMBRAPA Cerrados. Planaltina, DF. 2010. Documentos, 276. 51 p.

COOPER, M.; ZANON, A.R.; REIA, M.Y.; MORATO, R.W. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de biblioteca, 2010. 35p: il. (Série Produtor Rural, Edição Especial).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1)

FRANÇA, J.R.; RODRIGUES, A.C.; FLORES, C.E.B.; BORTH, R.; BARROS, G.; BORBA, W.F. de; KEMERICH, P.D.C. Tratamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário: decomposição biológica monitorada. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. V.14, N.1, (2014), Edição Especial fevereiro, p. 2920 – 2927.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. 154p.: il. Rio de Janeiro, 2009.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012a. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 21/01/2017.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. Comunicados do Ipea, nº 145. 25 de Abril de 2012b. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf>. Acesso em: 21/01/2017.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, 492p.: il. Piracicaba, 1985.

KÜLCÜ, R.; YALDIZ, O. The composting of agricultural wastes and the new parameter for the assessment of the process. **Ecological Engineering**, 69 220–225. 2014.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Ed. UFV, 81 p., il, 21cm. Viçosa - MG, 2007.

SOUZA, L. A. **Análise dos métodos de leira estática e de revolvimento manual na compostagem de resíduos orgânicos gerados em restaurante universitário**. 2015. f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015.

SOUZA, P. O.; MAHLER, C. F.; INÁCIO, C. T. **Avaliação de diferentes inoculantes na compostagem em biorreatores de bancada**. Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil. 107 p.: il. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.