



LUCAS GABRIEL PEREIRA PRATES

**ANÁLISE DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS EM DECOMPOSIÇÃO NO PROCESSO DE
COMPOSTAGEM**

INCONFIDENTES - MG

2017

LUCAS GABRIEL PEREIRA PRATES

**ANÁLISE DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS EM DECOMPOSIÇÃO NO PROCESSO DE
COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do Curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *campus* Inconfidentes, para obtenção do Título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Esp. Thaís Aparecida Costa da Silva

INCONFIDENTES – MG

2017

LUCAS GABRIEL PEREIRA PRATES

**ANÁLISE DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS EM DECOMPOSIÇÃO NO PROCESSO DE
COMPOSTAGEM**

Data de aprovação: ____ / ____ /2017

Orientadora: Esp. Thaís Aparecida Costa da Silva
IFSULDEMINAS – *campus* Inconfidentes

Jaíne Alves Anselmo
Universidade Federal de Itajubá - MG

Prof^a. Esp. Natália Miranda Goulart
IFSULDEMINAS – *campus* Inconfidentes

*“O sonho é de quem busca,
e quem se nega a verdade é quem mais se frustra.”*

FROID

Dedicatória

Dedico este trabalho em memória de meu querido pai Jarbas Geraldo Prates e para minha querida mãe Jane Kassia Pereira Prates, que muito me apoiou e incentivou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre guiar meus caminhos me dando paciência, foco, dedicação, resiliência, e meu presente maior que é minha família. E a Nossa Senhora Aparecida a quem sou devoto.

Aos meus pais Jarbas Prates e Jane Prates, que me ensinaram valores essenciais para vida, valores presentes em todo período de desenvolvimento deste trabalho, agradeço a minha querida mãe, que me apoiou e incentivou em todos os períodos do curso, principalmente no 2º semestre de 2016 onde junto com minha irmã Larissa me proporcionou uma ótima recuperação, muito obrigado dona Jane a senhora é uma rainha.

A nossa pátria amada Brasil, ao IFSULDEMINAS Inconfidentes pelos espaços cedidos, a professora Thais Costa por ter acreditado e me orientado no desenvolvimento deste trabalho, ao curso de Gestão Ambiental e sua coordenação professora Lilian Vilela, a todos professores desde o início do curso, ao Eduardo de Oliveira pela ajuda no laboratório de solos, agradeço também a meu primo Luiz Gustavo pela força, aos colegas em especial a Gabriela de Oliveira e Jaíne Alves, que muito me ajudaram, Iago Pessoa, Luana Oliveira, Gustavo Chagas, Gabriel Bertasoli, Gabriel Chagas, Luciano Lewin, Arthur Dantas, José Augusto, Joice Negri, aos amigos Alexandre Geminiani, Eduardo Pinheiro, William Godoi, Tiago Baret, Eduardo Sathler, e ao Edson de Moraes pela ajuda com os baldes.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS: CONCEITOS E DISPOSIÇÃO FINAL	5
2.2. COMPOSTAGEM	7
2.3.1. Fatores que influenciam a compostagem	8
2.3.2. Fases da compostagem	7
2.3.3. Adversidades encontradas no processo de compostagem	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS	10
3.2. PREPARO DO COMPOSTO INICIAL.....	11
3.3. PREPARO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	12
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
5. CONCLUSÃO	20
6. REFERÊNCIAS	21

RESUMO

Entre os maiores problemas encontrados no gerenciamento dos resíduos sólidos, encontram-se a disposição e destinação final. Entre as opções de destinação final dos resíduos orgânicos, encontra-se a compostagem. O objetivo desta pesquisa foi analisar o comportamento da compostagem quando inserido diferentes doses de resíduos orgânicos em processo inicial de degradação e avaliar se este procedimento é eficiente na aceleração do processo de compostagem. Foi realizado um experimento onde foi preparado um composto inicial a base de resíduos orgânicos, o qual foi incorporado a resíduos vegetais frescos. O experimento foi organizado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com três tratamentos, 4 repetições, contendo 2 baldes por parcela, somando um total de 24 baldes. Concluiu-se que todos os tratamentos apresentaram variação de temperatura e pH ao longo do experimento, apresentando temperatura próxima a ambiente e pH próximo do neutro no encerramento do experimento. Através da relação carbono/nitrogênio foi possível observar que a incorporação do composto inicial promoveu uma aceleração no processo de decomposição, e consequentemente uma redução desta relação.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Destinação final. Reciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

Among the major problems encountered in solid waste management are disposal and final destination. And among the final disposal options for organic waste is composting. The objective of this research was to analyze the behavior of composting when different dosage of organic residues were inserted in the initial degradation process, and to measure if this procedure is efficient in the acceleration of the composting process. An experiment was carried out where an initial compound was prepared based on organic waste, which was incorporated into fresh vegetable residues. The experiment was organized in a randomized block design (DBC), with three treatments, 4 replications, containing 2 buckets *per* plot, totalizing 24 buckets. It was concluded that all treatments presented temperature and pH variation throughout the experiment, presenting temperature close to ambient and pH near the neutral at the end of the experiment. Through the carbon / nitrogen ratio was possible to notice that the incorporation of the initial compound promoted an acceleration in the decomposition process and, consequently, a reduction of this relation.

Keywords: Solid waste. Final destination. Nutrient recycling.

1. INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos sólidos é cada vez mais discutida em diversos municípios no Brasil, uma vez que, suas populações têm aumentado o consumo, e indiretamente afetado a quantidade de resíduos a serem descartados.

Ainda são poucos os municípios, que realizam o descarte final de resíduos sólidos de forma adequada, contaminando áreas e poluindo o lençol freático, surgindo então uma problemática ambiental. O descarte realizado de forma inadequada acarreta uma série de impactos negativos ao meio ambiente, desde poluição visual, pelo aspecto dos lixões, até a contaminação do lençol freático pelo chorume, entre outros problemas.

Sendo assim, é necessário gerenciar os resíduos a fim de não causarem danos ao meio. Existem algumas formas de gerenciar os resíduos de forma correta, sendo os mais comuns a reciclagem, compostagem e reutilização.

O Brasil, é grande gerador de resíduos devido a sua grande população distribuídas em seus 5.561 municípios (IBGE, 2017), hoje o país conta com uma população de pouco mais de 207.127.551 brasileiros (IBGE, 2017), gerando um volume de 78.583.405 toneladas por ano (ABRELPE, 2014). Grande parte dos resíduos produzidos diariamente no Brasil são materiais orgânicos, como restos de alimentos, cascas de frutas e legumes entre outros, sendo que estes resíduos acabam a serem dispostos em lixões ou em aterros controlados.

O país é grande produtor no setor agropecuário, devido a grandeza de suas terras que propiciam o exercício da atividade agrícola e pecuária, setores estes que geram um alto volume de resíduos diariamente. Esta produção é escoada para sua população e também para exportação, destacando que umas das principais carnes consumidas em todo o mundo é a carne suína, sendo grande fonte geradora de dejetos e resíduos orgânicos. Outro exemplo é o

cultivo de grãos e hortaliças, que são importantes para a economia do país, contudo geram um grande volume de resíduos orgânicos.

Como alternativa de gerenciamento dos resíduos orgânicos, encontra-se a reciclagem destes resíduos através da compostagem, que apesar de ser uma boa alternativa para destinação dos resíduos, ainda se depara com alguns problemas, como necessidade de manutenções específicas para sua produção, a lentidão no tempo para maturação dos compostos e geração de odor específico.

O objetivo desta pesquisa foi analisar o comportamento da compostagem quando inserido diferentes doses de resíduos orgânicos em processo inicial de degradação, verificado através da elevação da temperatura do composto, e avaliar se este procedimento é eficiente na aceleração do processo de compostagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1.RESÍDUOS SÓLIDOS: CONCEITOS E DISPOSIÇÃO FINAL

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) resíduos sólidos são “resíduos nos estados sólido e semi – sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos define resíduos sólidos como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido” (BRASIL, 2010).

O conceito de resíduos sólidos englobam resíduos de caráter orgânico e inorgânico. Segundo Siqueira e Assad (2015), resíduo orgânico é a fração orgânica compostável presente nestas frações, ressaltando-se que, em um mesmo período de tempo, nem todos os resíduos orgânicos são passíveis de compostagem; classificam se também entre resíduos úmidos, secos, inorgânicos, orgânicos, perigosos e não perigosos.

A quantidade de Resíduos Sólido Urbanos no Brasil aumentou entre os anos de 2013 e 2014 (Quadro 1).

Quadro 1. Quantidade de RSU Gerado. RSU Gerado (t/dia) Índice (Kg/hab/dia)

Regiões	2013	2014		
	RSU Gerado (t/dia) Índice (Kg/hab/dia)	População Total	RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
Norte	15.169 / 0,892	17.261.983	15.413	0,893
Nordeste	53.465 / 0,958	56.186.190	55.177	0,982
Centro-Oeste	16.636 / 1,110	15.219.608	16.948	1,114
Sudeste	102.088 / 1,209	85.115.623	105.431	1,239
Sul	21.922 / 0,761	29.016.114	22.328	0,770
BRASIL	209.280 / 1,041	202.799.518	215.297	1,062

Fonte: Adaptado de Abrelpe, 2014.

Entre os maiores problemas relacionados aos resíduos sólidos, encontra-se a destinação e disposição final dos mesmos. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos em seu artigo 3º define como destinação final ambientalmente adequada e disposição final.

VII. destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

VIII, disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Existem várias opções para destinação e disposição final correto, as quais variam de acordo com as características dos resíduos a serem descartados. Segundo Maroun (2006), a incineração utiliza a combustão controlada para degradar termicamente materiais residuais, transformando os em cinzas, e outra forma de descarte são os aterros industriais, os resíduos são confinados em grandes áreas especialmente projetadas para receber os tipos de resíduos que estão sendo dispostos.

Dentre as opções de disposição final dos resíduos sólidos, o aterro sanitário é a única estrutura que atende completamente a legislação; mas ainda tem-se o aterro controlado,

não é tão correto quanto o aterro sanitário, mas é uma evolução de um lixão e também o lixão, que se resume apenas um vazadouro de lixo, sem qualquer controle, por ser altamente poluente, deve ser evitado (MAROUN, 2006). Segundo Santos (2008) a maioria dos resíduos são de origem orgânica, os processos de decomposição (químicos, físicos e biológicos) aos quais o lixo é submetido faz com que o chorume (líquido percolado) seja gerado.

De acordo com Silva et al. (2015) existe uma grande dificuldade quanto ao destino do chorume coletado, pois é um efluente altamente contaminado e de difícil tratamento, logo, é preciso pensar em alternativas que reduzam o volume de resíduos orgânicos encaminhados para áreas como aterros sanitários, para que conseqüentemente, ocorra uma redução do volume de chorume gerado no local.

2.2.COMPOSTAGEM

O uso de matéria orgânica como adubo é bem antigo – a observação do processo natural de formação de uma camada de húmus sobre o solo pela decomposição de folhas e galhos caídos sobre a terra permitiu reproduzi-lo de forma organizada, planejada e controlada para se obter adubo (BRASIL, 2010).

Palhares e Gebler (2014) definem compostagem como processos naturais que consiste em uma prática milenar na qual os materiais são biologicamente estabilizados, de modo que este processo visa reduzir a quantidade de volume de resíduos sólidos, e ao fim do processo obtém-se um composto rico e utilizável e de alto valor para agricultura.

Devido os resíduos orgânicos serem passíveis de decomposição, é possível diminuir os danos causados pela disposição final incorreta dos mesmos, na forma de compostagem. A técnica de compostagem mostra-se de suma importância para reduzir os danos ambientais causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos orgânicos (SANTOS; FLORES, 2012).

Esta técnica é um processo mediado por microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetos) que, em condições controladas, desdobram a matéria orgânica biodegradável em material estável semelhante ao húmus (PALHARES; GEBLER, 2014), material este conhecido como adubo orgânico ou fertilizante orgânico (MATOS, 2014).

A utilização de composto orgânico, em solos agrícolas, é uma prática que traz vantagens, uma vez que evita riscos de contaminação ambiental e de imobilização de

nutrientes, além de ser fonte de matéria orgânica que atua como condicionador do solo (REZENDE; CARVALHO; FERREIRA, 2012).

2.3.1. Fatores que influenciam a compostagem

Existem alguns fatores limitantes, ou necessários para que o processo de compostagem se dê de forma completa e correta, como relação carbono/nitrogênio, umidade, pH e outros. A aeração segundo Matos (2014) é necessária para que ocorra um aumento na eficiência do processo de compostagem; a atividade microbiológica requer níveis mínimos de oxigenação para sua sobrevivência.

Outro fator importante é a temperatura, a qual de acordo com Carli (2010), é um fator que indica o equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e que reflete a eficiência do processo de compostagem.

Pode-se mencionar também a influência da umidade, visto que, a água é necessária para sobrevivência das bactérias e outros microrganismos, a umidade da biomassa é muito importante para o bom andamento da compostagem (PALHARES; GEBLER, 2014).

O potencial hidrogeniônico (pH), exerce influência durante o processo de compostagem, Segundo Battisti e Battisti (2011) a degradação do composto irá produzir um subproduto ácido ou básico em função da necessidade do meio, durante o processo o pH varia de 4,5 a 9,5, o composto final apresenta pH entre 7,5 a 9,0.

O Carbono é utilizado como fonte de energia pelos microrganismos, e o Nitrogênio para síntese de proteína, sendo a relação C:N o melhor fator que caracteriza o equilíbrio do substrato (SANTOS; FLORES, 2012). A relação C:N (Carbono/Nitrogênio) satisfatória para a obtenção de uma alta eficiência deve se situar em torno de 30:1. (PALHARES; GEBLER, 2014).

2.3.2. Fases da Compostagem

Segundo Santos e Flores (2012), a compostagem apresenta três diferentes fases, a decomposição dos componentes facilmente biodegradáveis, a fase termofílica (podendo chegar a 85°C), e a terceira maturação/estabilização, fase final do processo de compostagem.

2.3.3. Adversidades encontradas no processo de compostagem

O processo de compostagem, é influenciado pela característica e aspecto da matéria disposta, de modo que os resíduos não são igualmente afetados nem se decompõem inteiramente de uma só vez, a matéria constituinte é decomposta em diferentes estágios e intensidades por microrganismos diferentes (COTTA et al., 2015).

Desta forma o processo de compostagem demanda tempo considerável, até o composto atingir sua estabilização, tempo este que pode ser reduzido, segundo Carli (2010), com a adição de microrganismos usados como biodegradadores em produtos comerciais listados a seguir: *Pseudomonas*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*.

O resíduo sólido orgânico destinado ao aterro ou à compostagem convencional, leva no mínimo 90 dias para ser digerido, sendo este fator, limitante para produção do processo de compostagem em grande escala (SANTOS; FLORES, 2012).

A adição de microrganismos reduz o tempo do processo de compostagem, devido a estes microrganismos anteciparem a degradação da matéria, acelerando o processo de compostagem.

Para realizar a adição destes microrganismos, é necessária a utilização de materiais inoculantes, como esterco, camas de animais, resíduos de frigoríficos, tortas oleaginosas, são ricos nesses microrganismos (OLIVEIRA et al., 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Inconfidentes – MG, o qual tem 1300 a 1700 mm a nível de pluviosidade, 19,3 °C de temperatura média anual, clima caracterizado por verões brandos e úmidos Cwb, de acordo a classificação Köppen e Geiger (SILVA, 2013). Especificamente o experimento foi implantado em uma estufa com cobertura de tela sombrite e laterais abertas, localizada no setor de Suinocultura da Fazenda escola IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Os resíduos orgânicos utilizados foram obtidos em setores do IFSULDEMINAS – Campus-Inconfidentes (Quadro 2).

Quadro 2. Quadro de resíduos Utilizados.

Resíduo	Origem	Relação C/N
Palha de café	Setor de beneficiamento de Café, tipo Catuaí e Topázio.	30 (SANTOS; SOUZA; POZZA, 2008)
Esterco suíno fresco	Setor de Suinocultura, fazenda escola.	10 (TRANI et al., 2013)
Rejeitos de Vegetais (casca de cenoura, alface, cheiro verde, couve flor)	Setor Processamento de Frutas e Hortaliças, fazenda escola.	-

*A Relação C/N dos rejeitos vegetais não foi encontrada; Trata se de uma mistura de variados resíduos vegetais em sua maioria ricos em Nitrogênio.

3.2.PREPARO DO COMPOSTO INICIAL

Inicialmente, foi preparado no dia 25 de Junho de 2016, um composto a base de resíduos vegetais descartados do PFH (Setor de Processamento de Frutas e Hortaliças), esterco suíno fresco e palha de café. A produção do composto inicial se deu nas seguintes quantidades apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Quantidade de resíduos orgânicos utilizadas no composto inicial.

Matéria	Quantidade (Kg)
Casca de cenoura	4
Alface	8
Cheiro verde	6
Couve flor	11,5
Palha de café	4,5
Esterco suíno fresco	31
Total	65 Kg

O composto foi preparado em uma bombona com capacidade de 200 L (Figura 2), sobreposta em blocos de construção civil, afim de evitar contato direto com o solo, e equipada com sistema de coleta de chorume, neste caso uma torneira adicionada na parte inferior da bombona a 10 cm de sua base.



Figura 2. Bombona de 200L.
Fonte: Arquivo pessoal.

Os resíduos para compostagem foram dispostos na seguinte sequência: palha de café, esterco suíno fresco, cascas de cenoura, cheiro verde, couve flor e alface, utilizando em cada camada a quantia total de cada resíduo, posteriormente o composto recebeu irrigação com o auxílio de um regador, sendo o total de 6 litros de água.

Durante a produção do composto inicial, que duraram exatos 30 (trinta) dias, foram mensurados diariamente temperatura e pH. O composto foi irrigado com 500 ml de água por semana e aerado através de revolvimento no mesmo intervalo, o chorume produzido, cerca de 200 ml por coleta, foi reintroduzido no processo de compostagem junto da irrigação.

3.3. PREPARO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Com o composto inicial preparado, foi iniciado a montagem do experimento, para tal, foram utilizados baldes plásticos de cor branca (Figura 3), com capacidade de 18 litros, os quais tiveram suas bases perfuradas em cinco pontos aleatórios para escoamento do chorume e melhoria no processo de aeração.

Todos os baldes receberam quantidades iguais de resíduos orgânicos (palha de café, esterco suíno fresco e resíduos vegetais), e proporções diferentes do composto inicial, assim como apresentado no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4. Tratamento e Repetições

Tratamentos	Esterco Suíno	Palha de café	Resíduos PFH	Composto Inicial
	Kg			
A (Testemunha)	3	0,4	1,2	0
B	3	0,4	1,2	1
C	3	0,4	1,2	2

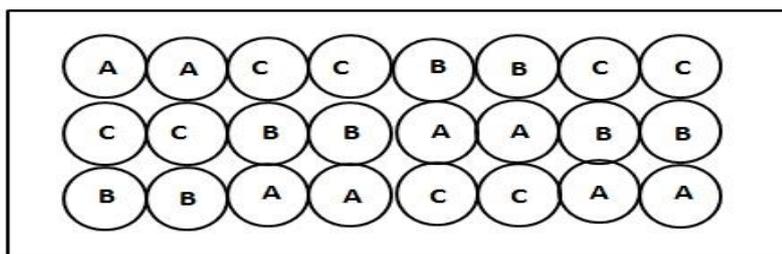
O experimento foi organizado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com três tratamentos, 4 repetições, contendo 2 baldes por parcela, somando um total de 24 baldes sobrepostos sobre palets afim de se evitar contato direto com o solo, assim como mostrado na figura 3 a seguir, o DBC foi montado como a figura 4 logo abaixo.

Figura 3. Organização e disposição do experimento.



Figura 3. Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 4. Disposição dos tratamentos.



* Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), Tratamento: A – Testemunha. Tratamento: B – 1kg de Composto inicial. Tratamento: C – 2Kg de Composto inicial.

Durante a condução do experimento, 34 dias, foram analisados os seguintes parâmetros: pH (peagâmetro) e temperatura (termômetro de barra) duas vezes por semana. Os baldes foram aerados e revirados uma vez por semana e irrigados com 0,2 litro de água no mesmo intervalo.

Posterior ao encerramento do experimento, os seguintes parâmetros foram analisados: pH por método em Água, adaptado do Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes; Umidade pelo método gravimétrico por diferença de peso de amostras; Nitrogênio seguindo o método de Kjeldahl conforme AOAC (1997) e Carbono a partir do método gravimétrico por diferença de peso de amostras. As análises foram realizadas no laboratório de Bromatologia do IFSULDEMINAS, Câmpus Inconfidentes.

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram avaliados por meio de estatística, tomando por base para validação dos dados as seguintes medidas: Média e coeficiente de variação. O teste de F foi utilizado para verificar se os dados apresentaram distribuição normal, seguidos do teste de média pelo Scott – Knott 5% através do software Sisvar (FERREIRA, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 5 a seguir, são apresentados os resultados referentes ao acompanhamento do experimento no que se refere as mensurações de temperatura.

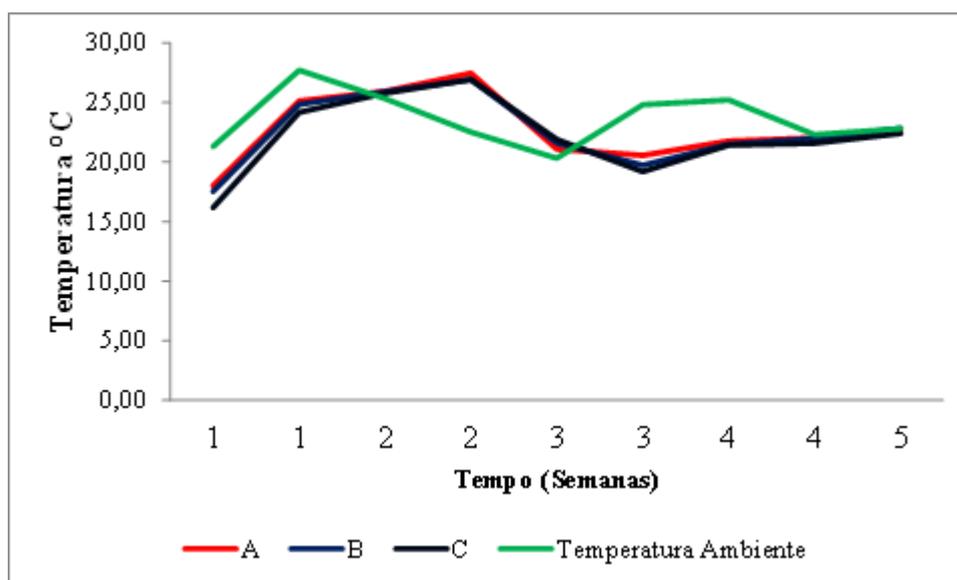


Figura 5. Acompanhamento da temperatura do experimento referente a 34 dias com mensurações realizadas duas vezes por semana (Inconfidentes, 2017).

Segundo Fiori et al. (2008) a evolução da temperatura pode ser considerada como um reflexo da atividade metabólica da população microbiana. Analisando os dados apresentados na Figura 5, observa-se que as temperaturas de todos tratamentos mantiveram muito próximas. Os tratamentos A e B, obtiveram temperaturas mais semelhantes entre si.

Segundo Silveira (1997) a degradação do substrato resulta a transição de atividade mesofílica (até 40^o C) para termofílica (superior á 40^o C). Neste estudo, não foram registradas temperaturas termofílicas, pois as temperaturas variaram entre 15 e 30^o C, sendo as maiores

temperatura no começo do processo e até o fim da segunda semana. Da terceira semana ao fim da quarta semana, os compostos apresentaram temperatura inferior em relação ao ambiente externo. No início da quinta semana os tratamentos já se assemelhavam com a temperatura ambiente, motivo pelo qual o experimento foi retirado de campo.

Na Figura 6 a seguir, podem ser observados os resultados obtidos a partir das mensurações de pH realizadas durante o experimento.

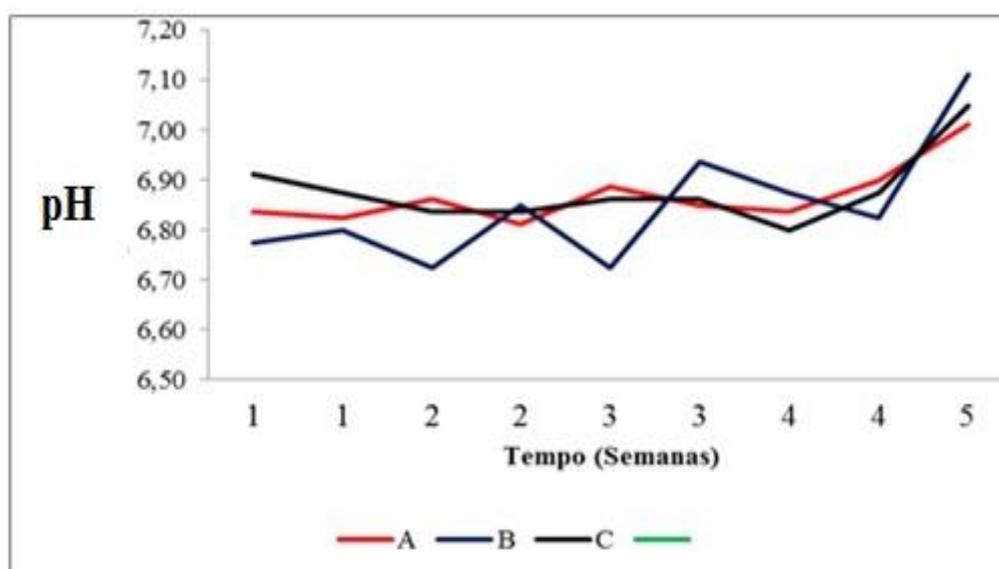


Figura 6. Acompanhamento do pH do experimento referente a 34 dias com mensurações realizadas duas vezes por semana (Inconfidentes, 2017).

Como pode ser observado na Figura 5, o parâmetro pH apresentou variação de 6,7 a 7,2. Sendo o tratamento C, que recebeu 2 quilos do composto inicial, o que menos oscilou seus valores ao longo do tratamento. O tratamento A, manteve valores próximos ao tratamento C. O tratamento B, que recebeu 1 Kg do composto inicial se mostrou mais instável durante o processo.

Geralmente a maioria das bactérias tem o desenvolvimento otimizado em pH em torno de 6 a 7,5 (HERBETS, 2005), uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH (RODRIGUES et al., 2006), pode-se dizer então, que os valores encontrados de pH encontravam-se dentro da faixa ideal descrita por Rodrigues. Segundo trabalho realizado por Heck et al. (2012) que obteve pH, entre 6,7 e 6,9, estes valores de pH demonstram estabilização da matéria orgânica degradada.

Ao fim da quarta semana os compostos apresentaram valores de pH próximos, remetendo a possível estabilização do composto, que foi retirado de campo.

A seguir, no Quadro 6 podemos observar o resultado da análise de variância, dos seguintes parâmetros; potencial Hidrogeniônico (pH), Umidade (U), Nitrogênio (N), Carbono (C) e Relação Carbono:Nitrogênio (C:N).

Quadro 5. Relação pH, U, N, C, C:N em diferentes combinações com o composto inicial na produção de compostagem (Inconfidentes – MG, 2017)¹.

Tratamentos	Parâmetros				
	pH	Umidade	Nitrogênio	Carbono	Relação C:N
A	7,645 a	23,12 a	0,09 b	0,89 a	13,49 a
B	7,525 a	23,64 a	0,20 a	0,77 a	3,75 a
C	7,665 a	22,95 a	0,19 a	0,87 a	4,53 a

¹Médias seguidas das mesmas letras na coluna, para cada característica estudada, não diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Conforme visto no Quadro 5, os parâmetros pH, umidade, Carbono e Relação C:N não demonstraram diferença significativa entre si, já para o parâmetro Nitrogênio obteve se diferença entre os tratamentos.

Os valores do parâmetro pH, apresentaram variação entre 7,53 e 7,67, remetendo o produto de todos os tratamentos próximos a um pH neutro, característica de compostos estabilizados. Os valores apresentados de pH neste trabalho são aceitáveis para agricultura, uma vez que, segundo Instrução Normativa 25/09 do ministério da agricultura pecuária e abastecimento (MAPA), o composto final deve obter pH entre 6 e 6,5. Já para Faria (2012) considera de 6,4 a 7,5 valores ideais.

Em um estudo de vermicompostagem realizado por Leite (2003) com a consorciação de dejetos suínos e casca seca de café obtiveram-se médias de pH entre 7,10 e 8,20, valores estes próximos aos valores obtidos no trabalho.

A umidade teve variação respectiva entre 22,95% a 23,64%, remetendo os resultados a valores considerados baixos, porém aceitáveis, uma vez que de acordo com a IN 25/09 do MAPA, a umidade máxima para fertilizantes orgânicos mistos e compostos está em torno de 50%.

Segundo Richard et al. (2002), apud Valente et al. (2009), materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana; já um meio com umidade superior a 65% dificulta a oxigenação do composto propiciando decomposição lenta (SANTOS, 2013).

O parâmetro umidade apresentou valores baixos se comparado a umidade base do esterco suíno, que está em torno de 78% (TRANI et al., 2013), os resultados estiveram perto do mínimo de umidade desejado no fim do processo de compostagem que é de 30 - 40% (INÁCIO; MILLER, 2009).

Os valores para nitrogênio apresentam se entre 0,09 e 0,20, valores muito abaixo do recomendado por Valente et al. (2009), que cita nitrogênio total com valor mínimo de 1%. A IN 25/09 do MAPA, considera um valor mínimo para nitrogênio em torno de 0,5. Ao avaliar o húmus como composto orgânico, produzido também com dejetos suínos e casca seca de café, o resultado para nitrogênio do composto mostrou se superior, em torno de 2,4 e 2,5 (LEITE; PEREIRA; MARQUES, 2003).

Segundo Veras; Povinelli (2004) é possível haver perda de nitrogênio se a matéria-prima utilizada no preparo do composto tiver baixa relação C:N, situação esta, que pode ter ocorrido, uma vez que foram utilizados resíduos orgânicos variados.

Outros valores como 1,08 e 1,84 foram encontrados por Lourenzi et al. (2016), ao avaliar as características dos compostos que foram aplicados em latossolos. É possível observar que a testemunha A, foi quem teve o menor valor referente ao nitrogênio 0,09, tendo os tratamentos B (0,20) e C (0,19). Os maiores valores de N encontrados no trabalho, ainda sendo valores abaixo do mínimo recomendado ou visto nos demais trabalhos supracitados.

Para o parâmetro carbono, os resultados variaram entre 0,77 e 0,89, remetendo todos os resultados a valores muito abaixo do recomendado ou esperado. Segundo IN 25/09 do MAPA, o valor mínimo para carbono orgânico é 15. O estudo realizado por Veras; Povinelli (2004) encontrou níveis médio de carbono entre 6,82 e 7,38, analisando a caracterização química do lodo industrial resultante do processamento de frutas. O que indica a grande diferença encontrada na literatura e em trabalhos experimentais em relação aos resultados encontrados no presente trabalho.

O parâmetro relação C:N apresentou dados parecidos nos tratamentos B e C, valores como 3,75 e 4,53 respectivamente, resultado muito abaixo do ideal para o parâmetro segundo Carvalho et al. (2002), que afirma que a relação C:N final de um material compostado e humificado, deve ser de 8:1 a 12:1. Em estudo realizado por Spader (2005) com

resíduos orgânicos misturados a casca de arroz, a relação C:N obtida foi de 4:1, situação próxima aos valores deste estudo.

A relação C:N apresenta-se baixa, entretanto estudos demonstram que compostos com relação C:N menor que 25:1 liberam a maior parte do N e P no primeiro ano da aplicação, ou seja, disponibilizando nitrogênio e fósforo para a cultivar que receber o composto (TRANI et al., 2013).

Segundo IN 25/09 do MAPA, 20:1 é o valor máximo para C:N. Já Leal et al. (2013) encontrou valores como 13,64 e 20,87 ao avaliar processo de compostagem com capim-elefante e torta de mamona. Ao observar a relação C:N nos tratamentos B e C nota-se que a adição de composto inicial no tratamento diminuiu a relação C:N do produto final. A incorporação de resíduos sólidos orgânicos em fase de degradação diminuiu a relação C:N final dos tratamentos B e C, a testemunha A que não recebeu o composto apresentou relação C:N aceitável.

O parâmetro pH se apresentou de forma aceitável em todos os tratamentos, assim como a Umidade que esteve próximo do mínimo aceitável para este parâmetro, o Nitrogênio e Carbono apresentaram valores muito distintos do esperado e relatados na literatura, intervindo em outro parâmetro que é a Relação C:N, que apresentou valores baixos devido ao excesso de matéria rica em Nitrogênio introduzida nos compostos.

5. CONCLUSÃO

No que se refere ao comportamento da compostagem, todos os tratamentos apresentaram variação de temperatura, de modo que, os Tratamentos B e C acompanharam as oscilações de temperatura do Tratamento A (testemunha). Ainda, foi possível constatar que todos os tratamentos demonstraram variação de pH ao longo do processo de degradação, obtendo ao final valores próximos ao neutro.

O composto final obtido não atende as exigências básicas para a utilização, contudo, através da relação carbono/nitrogênio foi possível observar que a incorporação do composto inicial promoveu uma aceleração no processo de decomposição, e conseqüentemente uma redução desta relação.

Por fim, recomenda-se a repetição do experimento adotando outras proporções de incorporação de composto em degradação.

6. REFERÊNCIAS

ABNT NBR. **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. ed. 6, rev. 3. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997. v. 2, cap. 32, p. 1-43.

BATTISTI, D.P.; BATTISTI, J.F. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO USO DO ESTERCO BOVINO E DO EM-4 NA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORES DO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA - PR**. 2011. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - Pr, 2011.

BRASIL. S.T. Gerente de Projeto. **MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE COMPOSTAGEM E DE COLETA SELETIVA NO ÂMBITO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS: MELHORIA DA GESTÃO AMBIENTAL URBANA NO BRASIL**. Brasília: Bra/oea/08/001, 2010.

CARLI; S.T.; **USO DE DEGRADADORES BIOLÓGICOS NA ACELERAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS VEGETAIS E PALHAS DE EMBALAGEM – ESTUDO DE CASO NA CEASA-CURITIBA**. 2010. 159 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Ciências Exatas da Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010.

CARVALHO, A.G.M.; et al. A compostagem como processo catalisador para a reutilização dos resíduos de fábrica de celulose e papel. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 35., 2002, São Paulo. **E**. São Paulo: Abtcp, 2002. p. 1 - 9.

COTTA, J.A.O.; a et al. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.65-78, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000111864>.

FARIAS, A.A. **Utilização de composto orgânico na adubação de plantas**. Ilhéus:CEPLAC/CENEX, 2012. 24 p.

FIORI, M.G.S.; et al. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbica. **Fac**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p.178-191, dez. 2008.

HECK, Karina et al. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.54-59, nov. 2012.

HERBETS, R.A.; et al. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos**: aspectos biotecnológicos. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n. 1, 2005.

IBGE. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 22 fev. 2017

IBGE. Tabela 1 - Número de municípios, população residente, por situação do domicílio, taxa de crescimento e razão de dependência, segundo as Unidades da Federação e classes de tamanho da população dos municípios - Brasil - 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores_sociais_municipais/tabela1a.shtm>. Acesso em: 22 fev. 2017.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.; **Compostagem: ciência e prática aplicadas a gestão de resíduos**. EMBRAPA. 2009

LEAL, Marco A. de A. et al. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p.1195-1200, jul. 2013.

LEITE, R.A.; PEREIRA, R.C.; MARQUES, J.A.; **Tratamento de dejetos de suínos e casca seca de café (coffea arábica L.) através do processo de vermicompostagem**. In: I Mostra Científica de graduação e pós graduação de Catalão, 2003, Catalão-GO. I Mostra Científica de graduação e Pós graduação de Catalão. Catalão- GO: CESUC, 2003.

LOURENZI, C.R.; et al. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 51, n. 3, p.233-242, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000300005>.

MAPA, Instrução Normativa SDA nº 25. Publicada no diário oficial da união em 23 de julho de 2009.

MAROUN, C.A.; **MANUAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**. 2. ed. Rio de Janeiro: Isbm, 2006.

MATOS, A.T.; **Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos**. Viçosa: Ed. Ufv, 2014. 241 p.

OLIVEIRA, F.N.S.; et al. **Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos**. Fortaleza: Embrapa, 2004.

PALHARES, J.C.P.; GEBLER, L.; **Gestão Ambiental na Agropecuária**. 2. ed. Brasília: Empraba, 2014

PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL: Abrelpe. São Paulo: Castagnari Consultoria, 2014.

REZENDE, F.A.; CARVALHO, G.J.; FERREIRA, E.B.; **Aproveitamento de resíduos agrícolas para produção de composto orgânico - casca de café e esterco de bovinos.** In: SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL NA AGROPECUÁRIA, 3., 2012, Bento Gonçalves. **Etc.** Bento Gonçalves: Proamb, 2012. p. 1 - 8.

VALENTE, B.S. et al. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** Archivos de Zootecnia, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.

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

SANTOS, A.A.; **QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO SANITÁRIO DE CUIABÁ – MT.** 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso Instituto de Física, Cuiabá, 2008.

SANTOS, D.A.D.; FLORES, M.; **COMPOSTAGEM ACELERADA DE RESÍDUOS ALIMENTARES UTILIZANDO O ACELERADOR DE COMPOSTAGEM EMBIOTIC® LINE.** 2012. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental Modalidade Controle Ambiental., Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Tecnologia, Limeira, 2012.

SANTOS, F.S.; SOUZA, P.E.; POZZA, A.A.A.; Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p.783-791, jul. 2008.

SANTOS, H.L.S.; **USO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SUÍNOS.** 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

SILVA, M.S.; et al. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil. **Rev. Ambiente água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p.154-163, 1 mar. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1538>.

SILVA, T.A.C.; **AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS NA COMPOSTAGEM DE PALHA DE CAFÉ.** 2013. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Ifsuldeminas – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, 2013.

SILVEIRA, A.I.E.; **Contribuição para o desenvolvimento de modelo cinético de compostagem.** 1997. 278 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia., Lisboa, 1997.

SIQUEIRA, T.M.O.; ASSAD, M.L.R.C.L.; **COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DE SÃO PAULO (BRASIL)**. 2015. 20 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

SPADER, Sergiani. **O uso da casca de arroz em processos de minicompostagem**. 2005. 46 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão de Recursos Naturais, Universidade do Extremo Sul Catarinense- Unesc, Criciúma, 2005.

TRANI, P.E.; et al. **Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2013. 16 p.

VALENTE, B. S. et al. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. Archivos de Zootecnia, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.

VERAS, L.R.V.; POVINELLI, J.; A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p.218-224, jul. 2004.