



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

RENATA PANISSON

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE COMPOSTAGEM EM
PEQUENA ESCALA COM ADIÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES

ERECHIM

2017

RENATA PANISSON

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE COMPOSTAGEM EM
PEQUENA ESCALA COM ADIÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – Campus de Erechim, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental sob orientação do Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf e co-orientação da Prof^ª. Dra. Helen Treichel.

ERECHIM

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

Rua General Osório, 413D

CEP: 89802-210

Caixa Postal 181

Bairro Jardim Itália

Chapecó – SC

Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA

Panisson, Renata

Avaliação de diferentes processos de
compostagem em pequena escala com adição
de microrganismos eficientes

Dissertação Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia Ambiental, da
Universidade Federal da Fronteira Sul –
UFFS – Campus de Erechim
Orientador: Eduardo Pavan Korf

RENATA PANISSON

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE COMPOSTAGEM EM
PEQUENA ESCALA COM ADIÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS. Para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, defendido em banca examinadora em 19/12/2017.

Orientador : Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Helen Treichel

Aprovado em: 19/12/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf – UFFS

Prof. Dr. Altemir Mossi– UFFS

Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto – UPF

Prof. Dr. Alfredo Castamann- UFFS

Erechim/RS, 19 de Dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me guiar e conceder condições e capacidade de conduzir este trabalho.

Gostaria de agradecer a minha família de um modo geral, por sempre me apoiar, acreditar no meu trabalho e ajudar o tempo todo, inclusive nos finais de semana feriadados, e até de madrugada de baixo de chuva quando foi necessário. Este trabalho só foi concluído graças a ajuda de vocês.

Aos orientadores e estagiário, por aceitar este desafio, confiar em mim e me ajudar de todas as formas possíveis no trabalho, inclusive colocando a mão na massa quando foi preciso, não é todo dia que se encontra pessoas tão motivadoras e dispostas dessa forma.

Também gostaria de agradecer ao Sr. Eloir e a Sra. Mari por participar ativamente do trabalho e me transmitir muita experiência prática.

Ao pessoal do CAPA (Centro de Apoio e Promoção da Agroecologia), por colaborar com ensinamentos e experiências, ajudando muito no decorrer do trabalho.

Por fim gostaria de agradecer a todos de uma maneira geral, pois se este trabalho obteve algum resultado foi graças ao apoio de uma equipe muito competente.

*Sonho, planejamento, execução competente, trabalho, trabalho e resultado.
Não há outra ordem.
Pedro B. Maciel Neto*

RESUMO

A compostagem já é conhecida como método de tratamento de resíduos agroindustriais, porém ela possui algumas limitações quando se trata de processos em pequena escala, pois como sofre influência da temperatura externa, não atinge as temperaturas ideais e, portanto, não ocorre a eliminação dos patógenos. Na literatura são encontrados muitos trabalhos inoculando microrganismos para acelerar o processo de degradação e possivelmente aumentar a temperatura, porém não foram encontrados trabalhos de inoculação de microrganismos eficientes em compostagem de pequena escala com experimentos realizados a campo. Assim, esta pesquisa teve por objetivo, aplicar métodos de compostagem e vermicompostagem com diferentes concentrações de microrganismos eficientes (ME), que busquem temperaturas desejáveis, em compostagem de pequena escala realizada a campo, a fim de eliminar patógenos e resultar em um produto final com qualidade requerida pela legislação vigente. Para realizar os experimentos, misturou-se esterco bovino, ovino e serragem, os quais foram divididos em 6 caixas, sendo que destas, em 3 foi realizado o processo de compostagem e inserido microrganismos eficientes nas concentrações de 0 mL/L; 2 mL/L e 4 mL/L e nas demais foi realizado o processo de vermicompostagem e ME nas mesmas concentrações. Os parâmetros monitorados foram: macronutrientes, micronutrientes, metais e patógenos, os quais foram analisados no início e no fim do processo, além da temperatura, medida diariamente. Como resultado obteve-se que a adição de microrganismos eficientes influenciou mais na redução de patógenos do que a temperatura ou o tipo de processo empregado, sendo que a compostagem, associada aos microrganismos eficientes, também é benéfica para o aumento da concentração de nutrientes. E o processo de vermicompostagem, associado aos ME, apresentou os melhores resultados de remoção de patógenos, além de influenciar na redução de metais. Por fim, concluiu-se que a inserção de microrganismos eficientes nos processos de compostagem e vermicompostagem se mostrou uma alternativa viável para garantir uma qualidade adequada do composto final.

Palavras chave: compostagem, vermicompostagem, microrganismos eficientes, pequena escala.

ABSTRACT

Composting is known as a method of treatment of agro-industrial waste, however, it presents some limitations when small-scale processes are used, because as it is influenced by outdoor temperature, if ideal temperatures are not reached, pathogenic microorganisms are not extinguished. In the current literature one can see many works that uses microorganism's inoculation aiming at accelerating degradation process and possibly increase the temperature, but there is a lack about the use of efficient microorganisms in small scale composting, especially at small farm properties. In this context, the aim of this study was to apply composting and vermicomposting methods, using different concentrations of efficient microorganisms (EMs) that seek desirable temperatures in small scale composting, in order to eliminate pathogens and result in a final product with the quality required by legislation in force. In order to perform the experiments, cattle manure, sheep manure, sawdust were mixed, which were divided in 6 cashier, being that of these, in 3 the composting process was carried out and efficient microorganisms (EM) were inserted in the concentrations of 0 mL/L; 2 mL/L and 4 mL/L and in the others it was performed in the vermicomposting and EM processes at the same concentrations. The parameters monitored were: macronutrients, micronutrients, metals and pathogens, which were analyzed at the beginning and end of the process, besides temperature, measured daily. As a result it was obtained that the addition of efficient microorganisms influenced in the reduction of pathogens more than a temperature or the type of process employed, being that the composting, associated to the efficient microorganisms, also benefits in the increase of the concentration of nutrients. And the vermicomposting process, associated to EM, presented the best results of pathogen removal, besides influencing the reduction of metals. Finally, it was concluded that the insertion of efficient microorganisms in the composting and vermicomposting processes proved to be a viable alternative to guarantee an adequate quality of the final compound.

Key words: composting, vermicomposting, efficient microorganisms, small scale.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL	19
3.2 METAIS.....	21
3.3 COLIFORMES TERMOTOLERANTES	23
3.4 TEMPERATURA	25
3.6 MACRONUTRIENTES	37
3.7 MICRONUTRIENTES.....	41
4. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
5. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A compostagem já é conhecida e utilizada como método de tratamento de resíduos orgânicos, onde a matéria orgânica é transformada em composto humificado a fim de utilizar como insumo agrícola (CERDA et al. 2017; EPSTEIN, 1997), sendo que, este tratamento agrega valor comercial a um produto que antes era considerado resíduo ou passivo ambiental (PEREIRA NETO e MESQUITA, 1992). Além disso, é um dos métodos de tratamento biológico mais promissores, já que pode tratar diversos tipos de resíduo com um baixo custo e torná-los estáveis. (COSTA et al., 2016).

A vermicompostagem tem o mesmo princípio da compostagem, porém apresenta um diferencial. Neste caso, o composto é resultado de uma atividade combinada por microrganismos e minhocas (SINGH et al., 2011), sendo as minhocas as principais responsáveis pelo processo (LAZCANO et al., 2008).

Vários estudos realizados com vermicompostagem alcançaram um nível seguro de patógenos devido a sua atividade microbiana e enzimática. Alguns estudos determinaram que este processo é capaz de reduzir concentrações de *E. Coli* e *Salmonella*, por exemplo (MONROY et al., 2009; EDWARDS, 2010).

Estes processos podem ser uma alternativa viável para o tratamento de resíduos orgânicos, devido ao seu potencial de sustentabilidade ambiental e custo-efetividade (LIM et al., 2016). Estas técnicas podem ser aplicadas a resíduos agroindustriais, como o esterco bovino, por exemplo, o qual normalmente necessita de um tratamento prévio para posteriormente ser usado, já que possui uma elevada carga patogênica (LARNEY e HAO, 2007; COSTA et al., 2015).

Existem muitas propriedades rurais, principalmente as pequenas, onde o esterco não é utilizado de maneira adequada, muitas vezes ele é inserido direto no solo como adubo, o que causa contaminações por patógenos e lixiviação de nutrientes. Uma prática muito comum é dispor estes resíduos sob o solo, em locais expostos ao clima e a degradação por um longo período de tempo, atraindo vetores (RIÑÑO et al., 2011). Assim, devido a esta exposição, o produto final apresenta baixo teor de nutrientes, já que em alguns casos não atingem a estabilidade (LAZCANO et al., 2008).

Realizar processos de compostagem nestas pequenas propriedades seria uma alternativa para transformar os resíduos em um subproduto para ser utilizado na propriedade ou comercializado. Porém, quando se trata de compostagem ou

vermicompostagem em pequena escala, normalmente ocorrem problemas relacionados à manutenção e elevação da temperatura a valores desejáveis (acima de 55 °C) na fase termofílica, e, portanto, não elimina todos os patógenos, não cumprindo totalmente a função do processo. Alguns estudos relataram que experimentos em escala doméstica registraram temperaturas abaixo 45°C, o que demonstra a limitação da compostagem nesta escala (ERMOLAEV et al., 2014 e FAVERIAL E SIERRA, 2014).

Uma tecnologia que está sendo utilizada para diversos fins são os microrganismos eficientes (ME). Os ME são um grupo de microrganismos benéficos e naturais (bactérias lácticas, leveduras, entre outros), que podem ser aplicados através de inoculação em solos, plantas, compostos e etc (HIGA, 1994). Alguns estudos relataram que o ME pode aumentar as taxas de decomposição, reduzir o odor e produzir um composto com maior teor de nutrientes (JUSOH et al., 2013) Além disso, estudos mostraram que eles são capazes de aumentar a taxa enzimática, acelerar o processo e promover a biodegradação de matéria orgânica. (PAYEL et al., 2011;PATIDAR et al., 2013; SAAD et al., 2013). Outros estudos também comprovaram que a riqueza de microrganismos nos processos de vermicompostagem interfere na redução de concentração de *E.Coli*. (ETHIER et al. 2016).

Porém os estudos citados acima possuíam diferentes escopos, sendo que não foram encontrados na literatura trabalhos que realizam inoculação de microrganismos eficientes em experimentos de pequena escala realizados a campo. Além disso não foi encontrado trabalhos que isolam e bioaugmentam microrganismos na propriedade rural sem uso de equipamentos laboratoriais.

Neste contexto, este trabalho, propõe aplicar métodos de compostagem e vermicompostagem com diferentes concentrações de MEs, que busquem temperaturas desejáveis, em compostagem de pequena escala realizada a campo, a fim de eliminar patógenos e resultar em um produto final com qualidade requerida pela legislação vigente.

2. METODOLOGIA

2.1 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

Para execução desta pesquisa foram realizados 6 experimentos sendo que destes, 3 experimentos foram realizados na propriedade 1, onde foi realizado o processo de compostagem com revolvimento mecânico e 3 experimentos na propriedade 2, onde se utilizou o processo de vermicompostagem, com a introdução da espécie *Lumbricus rubellus*, vulgarmente conhecida como Vermelha da Califórnia e sem revolvimento mecânico. Ambas as propriedades estão localizadas na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Em cada propriedade, os experimentos foram compostos por 3 caixas, com a adição de microrganismos eficientes, em três concentrações, 0 mL/L, 2 mL/L e 4 mL/L, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Planejamento do Experimento

Local	Experimentos	Concentração de ME (ml/L)	Processo	
			Vermicompostagem	Compostagem
Propriedade 1	1	0		X
	2	2		X
	3	4		X
Propriedade 2	4	0	X	
	5	2	X	
	6	4	X	

2.2 PREPARO DO COMPOSTO

Os resíduos inseridos no composto de cada propriedade foram: esterco bovino e esterco caprino, juntamente com serragem que serviu como meio estruturante.

Para se definir a quantidade de cada resíduo, foi realizada uma análise de caracterização inicial de Carbono e Nitrogênio, de acordo com o método de Tedesco et al. (1995) para cada um dos resíduos. Com este resultado, foi realizado um balanço de massa, para determinar as proporções ideais de cada um dos resíduos para o processo iniciar com uma relação C/N adequada, a qual Herbets et al. (2005) é recomendada na

faixa de 20:1 a 35:1 onde pode ser obtida uma rápida e eficiente degradação da matéria orgânica.

O balanço de massa foi realizado utilizando a equação 1.

$$Relação \frac{C}{N} = \frac{(\%Eb \times C \ Eb) + (\%Ec \times C \ Ec) + (\%S \times C \ S)}{(\%Eb \times N \ Eb) + (\%Ec \times N \ Ec) + (\%S \times N \ S)} \quad (1)$$

Em que:

Eb = Esterco bovino (%)

Ec= esterco Caprino (%)

S = Serragem (%)

C = Carbono (%)

N = Nitrogênio (%)

Para determinar as porcentagens de cada tipo de resíduo foram simuladas várias combinações até que se atingisse a relação adequada de carbono e nitrogênio, a qual foi 50 % de esterco bovino, 25 % de esterco caprino e 25 % de serragem.

Como as quantidades de resíduos foram calculadas em porcentagem, também foi determinado a massa específica, utilizando uma proveta 500 ml e uma balança semi-analítica, a fim de calcular a quantidade em massa que seria inserido em cada caixa, para efetuar a mistura de maneira adequada. A mistura do composto foi feita utilizando uma betoneira de 400 L com motor monofásico de 2 CV de potência.

Após misturado, o composto foi inserido nas caixas, sendo que a umidade inicial foi determinada através de um medidor portátil de campo (Time Domain Reflectometry - TDR), com faixas de medição de 0 a 100 % e precisão de ± 2 %.

A inserção de água era feita por camadas, onde era colocado 30 kg de composto e 10 L de água. Nos experimentos que era necessário inserir microrganismos eficientes, o ME era diluído e inoculado junto com a água, sendo que foi utilizada a mesma quantidade de água para todos os experimentos.

2.3 CONSTRUÇÃO DA CAIXA

As caixas foram construídas com a dimensão de 1 m comprimento, 1 m de largura e 0,7 m de altura, o que equivale a um volume de 0,7 m³. Estas dimensões foram baseadas em estudo realizado por Faverial e Sierra (2014) que visou examinar os

problemas observados durante a compostagem doméstica em pequena escala e utilizou dimensões similares, de 0,7 m de comprimento, 0,7 m de largura e 0,8 m de altura.

Foram construídas 3 caixas de madeira em cada propriedade, conforme apresenta a Figura 1. Cada caixa tinha uma distância de 0,75 m da outra para evitar a passagem de microrganismos eficientes e minhocas, não foi construída sistema de impermeabilização e drenagem, pois elas possuíam um sistema de cobertura para evitar o excesso de umidade através das águas da chuva e possível geração de chorume e uma proteção com tela de sombreamento, para evitar que outros animais interferissem no processo.



Figura 1: Caixas com cobertura coletiva, individual e tela de sombreamento

2.4 MICRORGANISMOS UTILIZADOS

A metodologia a seguir descrita teve como base o Caderno dos Microrganismos Eficientes (BONFIN et al., 2011). Os microrganismos utilizados neste processo são conhecidos como microrganismos eficientes e são produzidos através de arroz cozido e bioaumentado com meio de melaço de cana e água.

Primeiramente o arroz cozido foi envolto em uma tela de sombreamento para evitar que os animais da mata se alimentassem do arroz, após foi escolhido uma área da mata virgem a 7 m da parte externa, região conhecida como borda da mata, pois é o local que apresenta a maior diversidade de microrganismos. Então, foi retirada parte da serapilheira e colocado o arroz cozido envolto na tela, depois foi coberto com serapilheira novamente, o qual permaneceu lá por 15 dias.

Após isso, o arroz foi retirado da mata e deste material foram selecionados os microrganismos eficientes através da coloração, onde eram descartados os grãos de arroz com as cores em tons cinza, branco, marrom e preto, os demais grãos coloridos eram inseridos em um meio de cultura natural com a concentração de 200 mL de melão de cana e 1800 mL de água fervida. Os microrganismos ficaram neste meio para se desenvolver em um período de dois meses, no qual ocorreu um processo de fermentação do meio e a bioaumentação dos microrganismos eficientes.

Após este processo, o meio ficou pronto para ser inserido no composto (BONFIN et al., 2011), onde no momento de montagem das caixas foi inoculada a solução com microrganismos eficientes (ME), de acordo com o planejamento, até que o composto atingisse a umidade entre 40 e 60% (HUBBE et al., 2010). Após isso, os microrganismos eficientes eram inseridos no processo, no momento que era necessário aumentar a umidade (BONFIN et al., 2011). Para verificar a necessidade de umedecimento foi realizado a análise tátil visual feita *in loco*, como está descrito no item 2.5. O umedecimento das caixas, juntamente com a inserção de ME foi realizado por mais seis vezes no processo de compostagem, aos 5, 11, 54, 62, 68 e 88 dias de compostagem e no processo de vermicompostagem nos dias 5, 7, 31, 45 e 82, sendo que apenas se diferenciou os dias, porém a quantidade de água inserida foi a mesma.



Figura 2: Coloração dos microrganismos eficientes no arroz

2.5 MONITORAMENTO E OPERAÇÃO DO EXPERIMENTO

No início e no final do processo alguns parâmetros foram monitorados a fim de verificar o andamento da compostagem/vermicompostagem e comparar com os parâmetros de legislação, são eles:

- Macronutrientes, micronutrientes e metais de acordo com a metodologia da USEPA, (1998);
- pH e umidade segundo metodologia da Embrapa (1999);
- Coliformes termotolerantes e Salmonela de acordo os métodos descritos por Silva, Junqueira e Silveira (2001).

Sendo que estas análises foram terceirizadas para um laboratório com as certificações exigidas pela legislação.

Além disso, eram realizadas medições diárias de temperatura, sempre no mesmo ponto da caixa e no mesmo horário, a fim de comparar e verificar a estabilidade do composto. A temperatura ambiente também foi monitorada. Para realizar estas medições foi utilizado um termômetro portátil marca AKSO, modelo AK904, com alarme e sonda externa, faixa de medição de -50°C a 200°C e exatidão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Durante a operação alguns fatores necessitaram de intervenção, como o caso da umidade, a qual, devido ao aumento das temperaturas sofreu alteração e necessitou de inserção de água para manter nos parâmetros adequados.

Para avaliar a umidade foi realizado o teste tátil diariamente, o qual consiste em tatear um pouco de material do interior da caixa e comprimi-lo com força. O ponto ideal da umidade é quando a água começa a verter entre os dedos, sem escorrer. Se a água escorria entre os dedos, significava que o composto estava muito úmido e, portanto, não era necessário inserir água, caso a água não escorresse e o composto não juntasse as partículas, significava que estava muito seco e necessitava de água. (NUNES, 2009)

No experimento de compostagem (experimentos 1,2,3 conforme apresentado na tabela 1) foi realizado o revolvimento do composto com a utilização de um perfurador de solo a gasolina de 50 cc de potência (Figura 3). Este revolvimento foi feito 3 vezes por semana até atingir a fase de maturação. Após atingir a fase de maturação, o revolvimento foi reduzido a 2 vezes por semana e nas últimas 2 semanas o revolvimento foi feito 1 vez por semana.

Nos experimentos de vermicompostagem foi inserido 100 g da minhoca *Lumbricus rubellus* no início do processo.



Figura 3: Revolvedor mecânico

2.6 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

O tratamento estatístico foi feito considerando as triplicatas das análises e as respectivas médias foram tratadas estatisticamente com auxílio do *software* Statistica 8.0 (Statsoft, Inc, USA). O teste de hipóteses utilizado foi a análise de variância, seguida do teste de Tukey com 95% de confiança ($p=0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados e discutidos os resultados obtidos após a realização dos experimentos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL

Antes de realizar a mistura do composto foi feita a análise da relação C/N de cada um dos resíduos, para calcular a porcentagem que deveria ser misturada e iniciar o processo com a relação C/N adequada. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Análise Inicial da relação C/N dos resíduos

Resíduos	Relação C/N
Esterco caprino	15,09
Esterco bovino	20,04
Serragem	321,4

Após a determinação de relação C/N para cada um dos resíduos, definiu-se a melhor relação a ser utilizada na mistura como está descrito no item 2.2.

Na tabela 4 está apresentada a caracterização inicial (t=0 dias) do composto, sendo que foi realizada apenas uma análise, já que o composto ainda não havia recebido inoculação de microrganismos eficientes nem de minhocas.

Tabela 3: Caracterização inicial do composto no tempo 0

PARÂMETRO	RESULTADO
Coliformes Termotolerantes (NMP/g)	>160000
Salmonella ssp. (10g)	Ausência
C/N	19,26
Umidade a 65°C (%)	71,6
pH	8,12
N (%)	0,52
P₂O₅ (%)	0,5
K₂O (%)	0,32
Carbono Orgânico (%)	35,5
Ca (%)	0,39
Mg (%)	0,11
S (%)	0,11
Mn (mg/kg)	0,027
Cu (mg/kg)	0,004
Zn (mg/kg)	0,008
Fe (mg/kg)	0,561
B (mg/kg)	0,003
Cd (mg/kg)	1,76
Pb (mg/kg)	20,7
Cr (mg/kg)	2,8
Ni (mg/kg)	13,8

Pode-se observar que no início do processo a concentração de coliformes termotolerantes foi alta. O que possibilitou realizar este experimento para testar a eliminação de coliformes. O que não ocorreu quanto à *Salmonella*, já que os resíduos utilizados não possuíam contaminação.

A relação C/N é avaliada para indicar se o composto atingiu a estabilidade, além disso, também é parâmetro de classificação pela legislação. De acordo com Herbets et al. (2005) para que o processo ocorra de forma otimizada, é recomendado uma relação C/N inicial de 20 a 35, porém não existe um consenso sobre estes valores. A relação C/N inicial foi de 19,26, o que fica muito próximo do recomendado.

A umidade é um parâmetro determinante para garantir um bom processo de compostagem. O ideal é que o valor de umidade inicial seja de 40 a 60% (HUBBE et al., 2010). Neste caso o parâmetro umidade iniciou fora do recomendado, porém o composto

não apresentou mau odor, além disso, o composto atingiu a fase termofílica de forma rápida, expulsando bastante umidade.

Segundo Rodrigues et al. (2006), a faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos que fazem a digestão na compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, já que a maioria das enzimas se encontram ativas nesta faixa de pH. Sendo que o pH inicial deste experimento ficou dentro desta faixa.

Quanto aos macro e micronutrientes as concentrações iniciais são baixas, em relação à fertilizantes químicos, porém estes valores são característicos destes tipos de resíduos (CASTRO E GÓMEZ, 2010).

Também foram encontradas concentrações de metais pesados, o que é normal nos esterco, pois alguns alimentos que os animais consomem possuem metais e como ele não é degradado, ocorre a excreção junto com o esterco (WANG et al., 2013).

3.2 METAIS

A Tabela 4 apresenta os resultados da presença de metal no composto final, com teste estatístico de tukey, desvio padrão e a legislação usada para comercialização.

Tabela 4: Avaliação final dos metais cádmio (Cd), chumbo (Pb) cromo (Cr) e níquel (Ni) entre os experimentos

Experimentos	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)
1	2,77 ^a ± 0,19	53,30 ^a ± 0	15,47 ^a ± 1,02	27,56 ^a ± 1,11
2	2,33 ^{b,c} ± 0	53,30 ^a ± 0	10,7 ^b ± 0	21,50 ^{b,c} ± 0
3	2,22 ^{b,c} ± 0,19	57,76 ^a ± 3,86	9,52 ^{b,c} ± 1,02	21,79 ^b ± 1,11
4	2,03 ^b ± 0,08	21,70 ^b ± 3,1	7,36 ^{c,d} ± 0,98	18,54 ^{c,d} ± 0,61
5	2,18 ^{b,c} ± 0,09	21,70 ^b ± 0	6,23 ^d ± 0,98	18,90 ^{c,d} ± 0,61
6	2,41 ^c ± 0	21,70 ^b ± 0	6,23 ^d ± 0,98	17,83 ^d ± 1,63
Legislação	3	150	200	70

Experimentos: 1 Compostagem; 2 Compostagem + 2 ml/L ME; 3 Compostagem + 4 ml/L ME; 4 Vermicompostagem; 5 Vermicompostagem + 2 ml/L ME ; 6 Vermicompostagem + 4 ml/L ME. As colunas que possuem a mesma letra não diferem significativamente de acordo com ANOVA seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$, $n = 6$). Instrução Normativa nº 27 (SDA MAPA, 2006)

Quando comparado o resultado inicial (Tabela 3), com os resultados finais (Tabela 4), em todos os casos ocorreu aumento da concentração de metais no final do processo. Isso ocorreu, pois durante os processos de compostagem e vermicompostagem, a matéria orgânica é degradada, liberando gases, água e energia, o que faz reduzir o volume, porém os metais não sofrem processo de degradação, então sua concentração aumenta já que o restante da matéria foi degradada. Um estudo realizado por Soobhany et al. (2015) também obteve como resultado o aumento do teor de metais nos processos de vermicompostagem e justificou que isso acontece devido à redução de massa por decomposição.

Em relação ao cádmio, nas concentrações avaliadas durante os experimentos com compostagem, observa-se que onde havia a presença de microrganismos eficientes, ocorreu uma redução de concentração maior do que comparada aos demais. Nos experimentos com vermicompostagem ocorreu ao contrário. Já no cromo percebe-se que a utilização de microrganismos eficientes teve efeito na redução deste metal e quando combinado os ME com a minhoca, o efeito foi melhor ainda na redução. Isso pode ser explicado pois a literatura indica que as minhocas auxiliam na redução da concentração de metais. (SUTHAR et al., 2008).

Pode-se perceber que o chumbo foi o metal que mais reduziu sua concentração influenciado pela vermicompostagem, isso é explicado porque o chumbo estava presente em maior concentração e provavelmente disponível para minhoca. Como a absorção na minhoca é influenciada pela disponibilidade do metal no meio, o chumbo foi o que mais foi absorvido. Um estudo realizado para verificar a disponibilidade de metais no solo através da minhoca como bioindicador verificou que elas possuem um potencial eficiente para acumular metais em seus tecidos, além disso, a quantidade e o tipo de metal acumulado é dependente da concentração no meio e a espécie de minhoca, quanto maior a concentração de um determinado metal extraível, maior será o acúmulo dele (SUTHAR et al., 2008).

Outro estudo que verificou a especiação e a transformação de metais durante a vermicompostagem concluiu que as minhocas reduzem a mobilidade de metais através da bioacumulação, o que explica os metais diminuírem a concentração nos experimentos com minhocas. (LV BAOYI, et al. 2016).

Através da avaliação pelo teste de Tukey, observa-se na Tabela 4 que o chumbo reduziu significativamente ($p < 0,05$) nos experimentos com vermicompostagem, em

relação aos experimentos com compostagem, isso é explicado devido ao fato de minhocas poderem absorver alguns metais em seu tecido cutâneo ou se ligar a algumas proteínas que possuem afinidade com metais, reduzindo a concentração presente no meio (SUTHAR e SINGH, 2008). O mesmo fato ocorreu com o Níquel, onde observa-se que nos experimentos em que as minhocas estão presentes ocorreu uma redução maior na concentração. Estudos realizados por Wang et al (2013) relataram acúmulo significativo de vários metais nas minhocas.

Quando comparado os parâmetros com a Instrução normativa do MAPA, n° 27 de 2006, todos os parâmetros apresentaram resultado satisfatório, atendendo aos limites determinados para comercialização do composto.

3.3 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

A Tabela 6 apresenta resultados de coliformes termotolerantes e Salmonella, durante os experimentos.

Tabela 5: Avaliação da concentração de coliformes termotolerantes e Salmonella entre os experimentos.

Experimentos	Coliformes Termotolerantes (NMP/g)		Salmonella ssp. (10g)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
1	>160000	14000	Ausência	Ausência
2	>160000	17000	Ausência	Ausência
3	>160000	400	Ausência	Ausência
4	>160000	4900	Ausência	Ausência
5	>160000	200	Ausência	Ausência
6	>160000	1100	Ausência	Ausência

Experimentos: 1 Compostagem; 2 Compostagem + 2 ml/L ME; 3 Compostagem + 4 ml/L ME; 4 Vermicompostagem; 5 Vermicompostagem + 2 ml/L ME; 6 Vermicompostagem + 4 ml/L ME.

Quanto aos resultados encontrados de coliformes, pode-se perceber que nos experimentos de compostagem, o melhor resultado encontrado foi com a maior concentração de microrganismos eficientes (experimento 3), o qual atingiu o parâmetro definido pela Instrução normativa do MAPA, n° 27 de 2006, que permite o valor de 1000 NMP/g de matéria seca.

Nos experimentos com vermicompostagem, pode-se observar que os dois valores que atingiram ou ficaram muito próximos aos valores adequados da legislação,

também foram os experimentos que possuem microrganismos. De acordo com estudo realizado por Ethier et al., (2016), onde foi testado a sobrevivência de *Escherichia coli* em diferentes escalas de reatores com e sem a presença de minhoca e microrganismos eficientes, concluiu que a riqueza da comunidade microbiana foi o fator mais importante na determinação da sobrevivência de *E. coli*. Os autores observaram um rápido declínio na concentração de *E. coli*, nos experimentos com maior comunidade microbiana, já o efeito das minhocas só foi observado quando a concentração de *E. coli* não era tão alta. Os resultados de Ethier et al. (2016) contribuem para explicar o fato de que nos experimentos com maior concentração de ME, observa-se menores concentração de coliformes termotolerantes.

Mesmo a minhoca não sendo a principal responsável pela redução de *E. coli*., quando se observa os resultados deste experimento, percebe-se que as minhocas associadas com o ME, foram os experimentos que obtiveram os resultados mais adequados em relação a legislação nº 27 do MAPA. De acordo com Soobhany et al. (2017), durante o processo de vermicompostagem, a passagem dos resíduos no sistema digestivo de algumas espécies de minhocas pode causar morte de alguns microrganismos patogênicos, como por exemplo a *E. coli*, *Salmonella spp.* e os coliformes totais. Assim, a vermicompostagem, pode ser considerada uma técnica de remoção adequada contra a *E. coli* em virtude da diversidade de microrganismos presentes na fase mesofílica, onde muitas vezes a interação com microrganismos antagonistas é importante em comparação com altas temperaturas sozinhas, tanto que o estudo revelou que a supressão de *Salmonella* é mais eficiente a 55° C do que a 70° C.

Um estudo realizado por Ravindran et al (2015) que avaliou a diversidade da população microbiana no intestino da minhoca *E. eugeniae* observou que no dia que houve a maior contagem microbiana no intestino das minhocas (bactérias, fungos, actinomicetos, bactérias celulolíticas e proteolíticas), foi o dia que houve a queda mais drástica na concentração de coliformes. O que mostra que a vermicompostagem associada a população microbiana é uma tecnologia eficaz de remoção de coliformes.

Como se trata de uma análise de coliformes e a unidade é o número mais provável por grama (NMP/g), sabe-se que os resultados podem apresentar uma variação, neste tipo de análise. Um estudo realizado por Gronewold e Wolper (2008) que modelaram a relação entre as estimativas do número mais provável (NMP) e da unidade de formação de colônias (UFC) da concentração de coliformes fecais observou que os procedimentos de estimativa para NMP e UFC têm variabilidade intrínseca e estão

sujeitos a incertezas adicionais e variações geralmente grandes entre os valores de NMP e UFC. Além disso, afirmam que os resultados indicam que a variabilidade entre as análises não resulta de erro humano ou variabilidade do procedimento de laboratório, mas sim uma consequência simples da base probabilística para o cálculo da NMP. Pelo fato desta análise possuir variações, como foi citado e a metodologia utilizada foi do NMP, pode-se dizer que os experimentos 3, 5 apresentam o mesmo resultado e atingem os padrões, além disso o experimento 6 pode ser considerado dentro da legislação, já que os valores ficaram próximos.

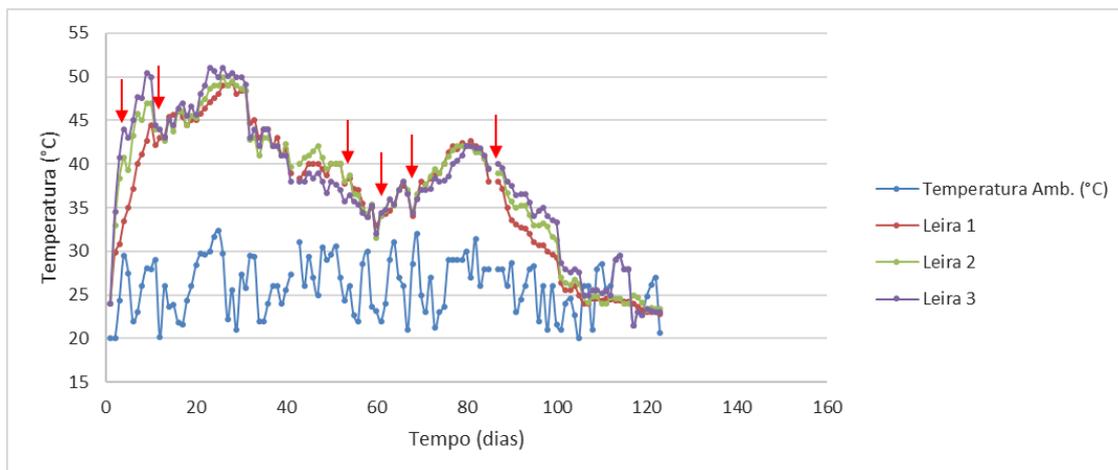
Como apresentado na Tabela 6, não foi detectado a presença de *Salmonella* nas análises. Isso pode ter ocorrido em virtude de os resíduos utilizado não possuírem contaminação. Segundo Caetano; Saltini; Pasternak (2004) a presença de *Salmonella* está diretamente associada a aves e seus produtos. Como o esterco de frango não foi utilizado, não houve contaminação por *Salmonella*.

3.4 TEMPERATURA

A temperatura é um dos fatores fundamentais na compostagem, pois ela indica em que fase o processo se encontra e se o mesmo ocorreu de forma correta. O processo de compostagem inicia na fase adaptação/mesófila, onde os microrganismos estão se adaptando, depois passa para a fase termófila a qual atinge temperaturas acima de 45°C e pôr fim a fase de maturação ou de humificação que é onde o composto atinge a estabilidade (BARREIRA, 2005). Dentre as fases citadas a cima, a fase termófila é a mais importante no processo, pois além de contribuir para a eliminação dos patógenos, auxilia na eliminação sementes de plantas invasoras (PEREIRA, WILSEN NETO E NÓBREGA, 2013).

Na Figura 4 está apresentado o comportamento da temperatura no processo de compostagem (experimentos 1, 2 e 3), a temperatura ambiente e as setas, que indicam os dias que foi inserido água no experimento juntamente com ME, conforme planejamento do experimento.

Figura 4: Comportamento da temperatura e indicação dos momentos de inserção de água e ME na compostagem

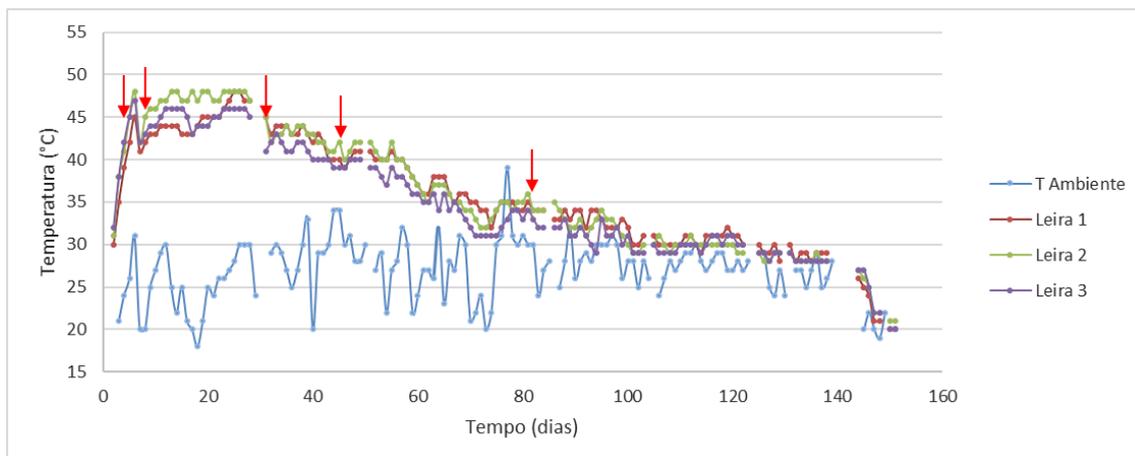


Pode-se verificar pela Figura 4 que no momento que é inserido água, a temperatura sofre um declínio e logo após volta a subir, isso é explicado pelo fato da água resfriar o composto, porém como os microrganismos precisam de água para realizar o processo de fermentação, a temperatura volta a subir. Richard et al. (2002) afirmam que quando a umidade se encontra em 30% ou inferior, a atividade microbiana é inibida, além disso, como é inserido ME juntamente com água, uma nova carga de microrganismos é ativada e também faz com que a temperatura suba.

Nos experimentos de compostagem as temperaturas máximas encontradas foram 49,4 °C na caixa 1 aos 28 dias, 50 °C na caixa 2 aos 26 dias e 51 °C na caixa 3 aos 23 dias. Pode-se observar uma relação entre a temperatura máxima e a presença de ME, onde os experimentos com maior temperatura foram os que utilizaram maior concentração de microrganismos eficiente.

Como foi citado na Figura 4, pode-se observar a mesma lógica na Figura 5 que apresenta os resultados para os experimentos 4, 5 e 6 com vermicompostagem. Na Figura 5 também nota-se que no momento em que era adicionado água, as temperaturas baixavam, depois voltavam a se elevar.

Figura 5: Comportamento da temperatura e indicação dos momentos de inserção de água e ME na vermicompostagem

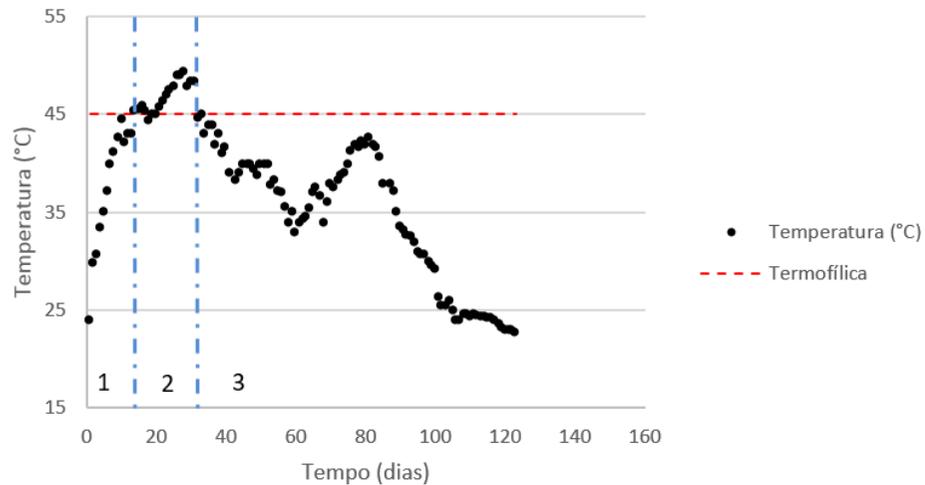


Quanto ao tempo de experimento, o processo de compostagem atingiu a temperatura ambiente em torno dos 120 dias, como pode se observar na Figura 4, enquanto que no processo de vermicompostagem demorou em torno de 150 dias para atingir a temperatura ambiente (Figura 5).

O fato de realizar o revolvimento mecânico faz com que aere melhor a caixa, além de reduzir o tamanho das partículas do composto e homogeneizá-lo. No processo de vermicompostagem, o revolvimento é feito exclusivamente pelas minhocas e, portanto, é mais lento que o revolvimento mecânico, o que faz com que todo o processo demore mais tempo para atingir a estabilidade. Além disso, Harrison (2004) observou problemas em relação à qualidade do composto obtido, já que, muitas vezes a pilha pode apresentar aquecimentos irregulares em virtude da falta de homogeneização durante o processo.

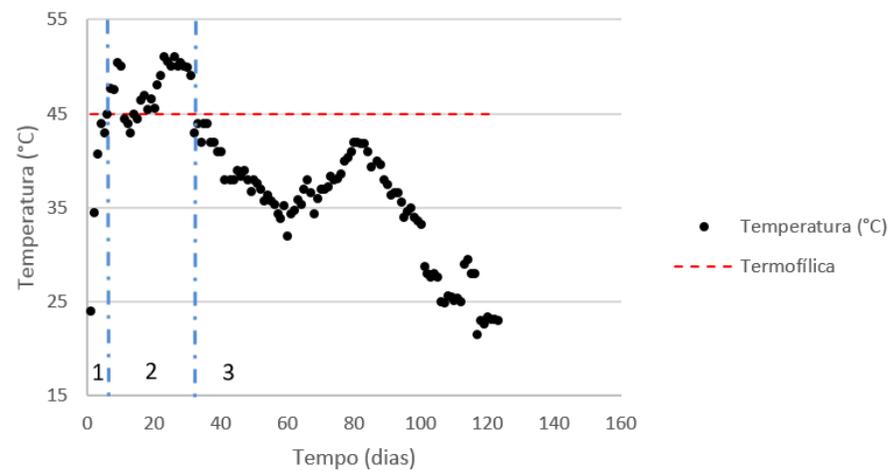
Como pode se perceber, os dias que foi inserido água se diferenciou entre os processos, pois a necessidade de umidade variou de um experimento para outro, já que os comportamentos de fermentação foram diferentes, porém a quantidade inserida foi a mesma.

A sequência de gráficos abaixo (Figura 6 a Figura 11) indicam as fases do processo em todos os experimentos e na Tabela 6 está descrito o detalhamento da temperatura.



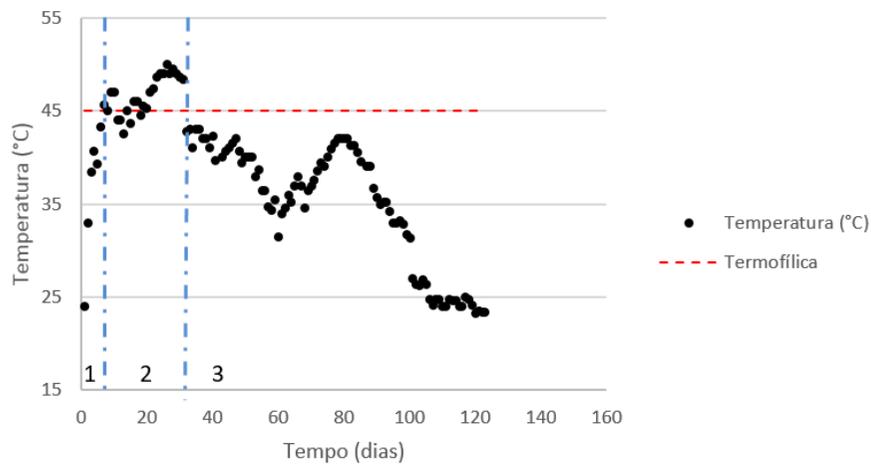
Os números representam as fases (1: Inicial; 2: Termófila; 3: Maturação)

Figura 6: Distribuição da temperatura no experimento 1



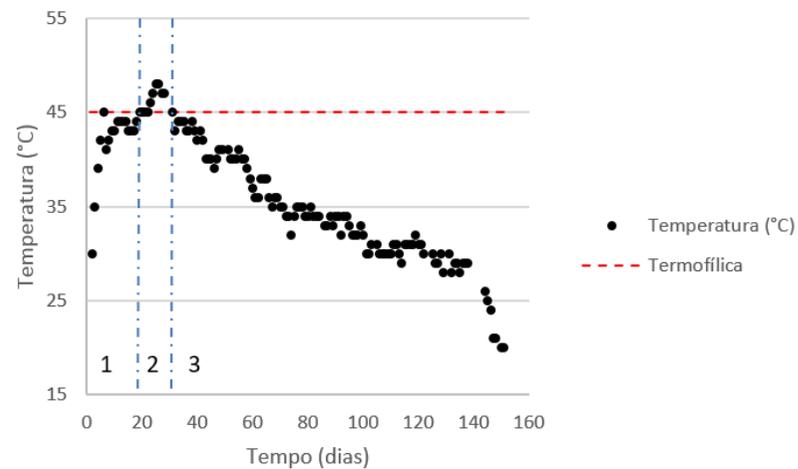
Os números representam as fases (1: Inicial; 2: Termófila; 3: Maturação)

Figura 8: Distribuição da temperatura no experimento 3



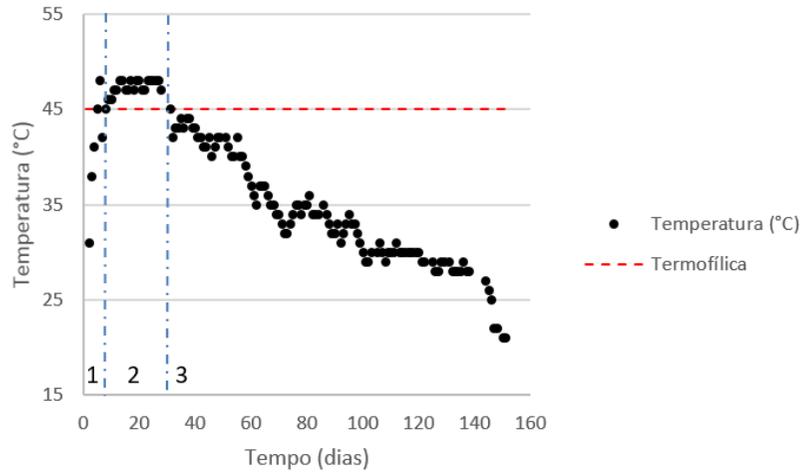
Os números representam as fases (1: Inicial; 2: Termófila; 3: Maturação)

Figura 7: Distribuição da temperatura no experimento 2



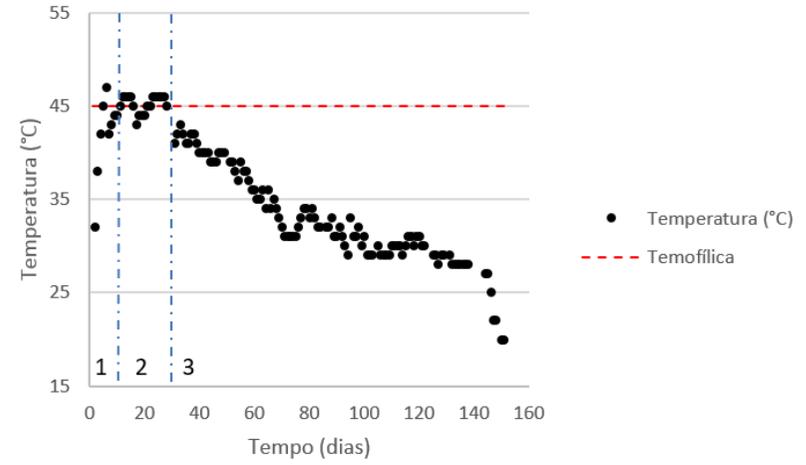
Os números representam as fases (1: Inicial; 2: Termófila; 3: Maturação)

Figura 9: Distribuição da temperatura no experimento 4



Os números representam as fases (1: Inicial; 2: Termófila; 3: Maturação)

Figura 10: Distribuição da temperatura no experimento 5



Os números representam as fases (1: Inicial; 2: Termófila; 3: Maturação)

Figura 11: Distribuição da temperatura no experimento 6

O processo de compostagem possui várias fases. Primeiramente no processo inicial de aquecimento as temperaturas estão na faixa de 20 a 45°C, depois passa para a fase termófila acima de 45°C e por fim a fase de maturação (SUN,2017). Dependendo do que é considerado pelo autor estas faixas possuem uma pequena variação. No caso deste trabalho foram adotadas essas faixas para realizar as discussões.

Em relação aos gráficos pode se observar que em todos os experimentos as curvas de temperatura tiveram comportamento similar, todos atingiram os estágios de temperatura inicial, termofílica e maturação, porém em tempos diferentes.

Quanto ao tempo que os experimentos levaram para atingira a fase termófila, este pode estar relacionado a presença de ME, pois nos experimentos que possuíam ME a temperatura atingiu a fase termofílica mais rápido, indicando que o ME tem potencial de acelerar o processo

Quando se observa a fase de maturação, ambos os processos entraram nesta fase em tempos muito parecidos, porém os processos de vermicompostagem demoraram em torno de 30 dias a mais para estabilizar.

Através destes gráficos (Figura 6 a Figura 11) é possível perceber que as variáveis utilizadas neste experimento influenciam na temperatura, já que se constatou repostas diferentes entre as variáveis.

A Tabela 6 apresenta uma avaliação entre diferentes parâmetros de temperatura e os resultados de coliformes termotolerantes ao final do experimento.

Tabela 6: Avaliação de diferentes parâmetros relacionados à temperatura entre os experimentos e comparação com os resultados de coliformes

PARÂMETRO	PROCESSO					
	Compostagem		Vermicompostagem			
	1	2	CAIXAS			
	3	4	5	6		
Temperatura máxima (°C)	49,4	50	51	48	48	47
Temperatura média (°C)	36,54	37,33	37,68	35,9	36,2	35,02
Temperatura Mínima (°C)	22,8	23,3	23	20	21	20
Tempo para atingir a fase termofílica (chegar aos 45 °C)	14	7	6	6	5	5
Tempo (dias) acima de 40 °C	51	60	49	49	51	41
Tempo (dias) acima de 45 °C	22	22	25	13	25	16
Coliformes termotolerantes (NMP/g) análise final	14000	17000	400	4900	200	1100

Nesta etapa, foram escolhidas as temperaturas de 45°C e 40°C como faixas de fase termófila, pois dependendo do autor essa faixa sofre uma variação, sendo que estas temperaturas são as mais utilizadas. A Temperatura de 45° foi escolhida pois muitos autores determinam essa faixa como limitante entre a fase inicial e a termófila. A temperatura de 40° também foi utilizada pois, de acordo com a US-EPA (40 CFR 60 Part 503), nos processos de compostagem temperaturas acima de 40°C durante pelo menos 5 dias consecutivos e ou acima de 55°C durante mais de três dias consecutivos são necessárias para eliminar patógenos e ervas daninhas (LARNEY e HAO, 2007).

Na tabela 6, o tempo que a temperatura permaneceu acima de 40°C foi ao inverso da concentração de microrganismos em ambos os processos, sendo que, nos experimentos com a maior concentração de microrganismos (experimentos 3 e 6) ambos ficaram o menor tempo acima de 40° C em relação aos demais e onde teve a concentração intermediária de microrganismos (experimentos 2 e 5) foi onde ficou maior tempo acima de 40 °C.

Pode se perceber que o experimento que ficou maior tempo com temperaturas acima de 40°C foi o experimento 2, e a temperatura máxima deste mesmo experimento foi a segunda maior temperatura de todos, porém se observarmos a presença de coliformes termotolerantes foi o que menos eliminou, isso poderia ser justificado pelo fato de que, por ficar em temperaturas termófilas por muito tempo, muitos microrganismos eficientes são inibidos e não competem com os coliformes para eliminá-lo. De acordo com Silva et al., (2001), a população microbiana é baixa nesta faixa de temperatura, sendo encontrados principalmente fungos e um grupo específico de bactérias.

Outro fator a ser observado é que os experimentos com a maior temperatura não foram os que mais eliminaram coliformes, comprovando assim, que existem outros fatores que fazem com que isso aconteça, como por exemplo, a presença de microrganismos eficientes, já que os experimentos 3, 5 e 6 que possuíam microrganismos eficientes, foram os que mais eliminaram coliformes. Um estudo realizado por Heck et al. (2012), avaliou a influência da temperatura sobre a redução de *Escherichia coli* e *Salmonella*, onde foi coletado 10 amostras de composto em diferentes tempos e temperaturas e foi constatado que a oscilação dos valores encontrados não apresentou relação direta com a temperatura, indicando que existem outros fatores que influenciam na redução de patógenos.

As Figuras 12 e 13 apresentam a distribuição de temperaturas durante os processos de compostagem (experimentos 1, 2 e 3) e vermicompostagem (experimentos 4, 5 e 6), respectivamente.

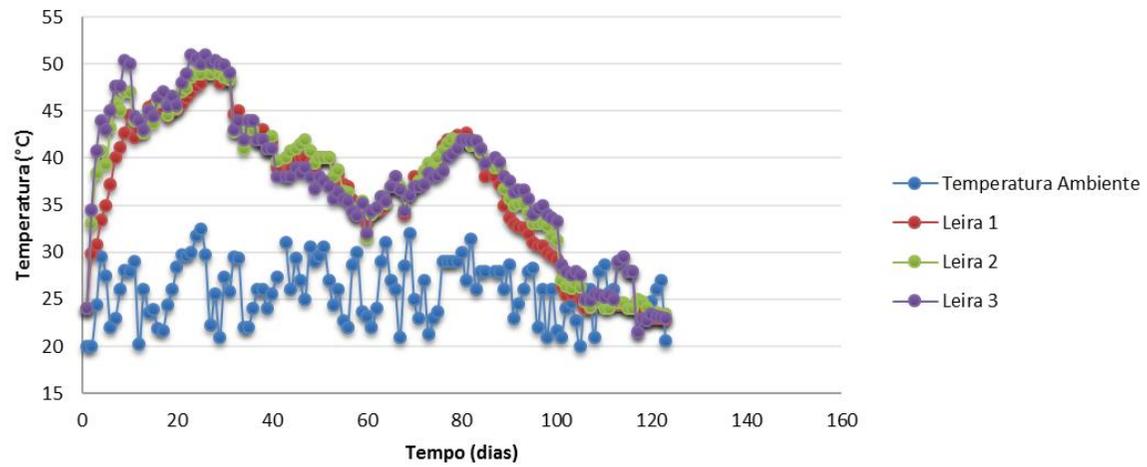


Figura 12: Distribuição das temperaturas nos processos de compostagem

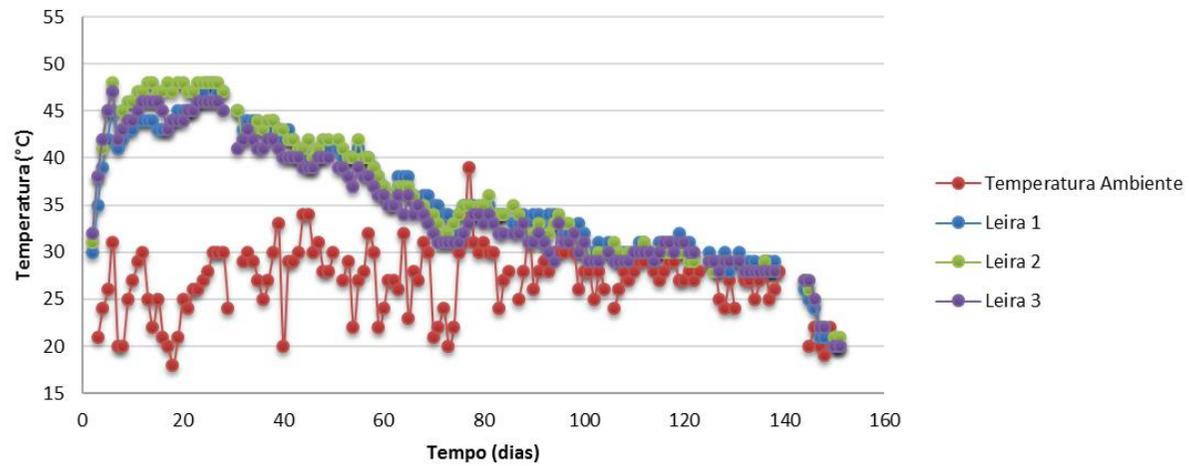


Figura 13: Distribuição das temperaturas nos processos de vermicompostagem

Em relação as Figuras 12 e 13 se identificou dois picos de temperatura, um deles entre o 6° e o 10° dia de experimento e outro entre o 22° e o 30° dia de experimento. Outra observação é no intervalo entre o 11° e o 19° dia, onde ocorreu uma redução da temperatura ambiente, o que pode ter influenciado na redução da temperatura interna da caixa. Outra etapa que pode comprovar isso é entre o 70° e o 94° dia de experimento que ocorreu um aumento de temperatura nos experimentos 1, 2, 3. Este evento pode estar associado à temperatura ambiente, a qual apresentou um pico no 76° dia, mas como se identifica que a temperatura da caixa já estava aumentando, pode-se se associar este comportamento a inserção de água, já que nestes experimentos foi inserido água nos dias 54°, 62° e 68° e posteriormente houve a elevação na mesma. A umidade também é importante para o processo de fermentação e a falta de água causa inibição do processo atingindo diretamente a temperatura. De acordo com Pessin et al. (2006), teores de umidade inferiores a 40% podem reduzir a atividade biológica, retardando o desenvolvimento do processo.

Além disso, de acordo com Zhou et al (2015) a adição de microrganismos, altera a comunidade microbiana, o que resulta em uma mudança da atividade enzimática. Essa mudança pode ser determinante para aumentar rapidamente a temperatura e, portanto, melhorar a eficiência do composto.

Alguns experimentos se destacam com picos de temperatura acima dos demais, como é observado na caixa 3 no 9° e 10° dia e entre o 22° e 31° dia. De uma forma geral, observando-se a média geral das temperaturas (Tabela 6), os experimentos com compostagem apresentam média superior às demais, sendo que o experimento 3 se destaca como a média mais elevada, e isso pode ter sido influenciado pelo revolvimento que possibilitou uma melhor aeração.

3.5 UMIDADE E pH

A tabela 7 apresenta os resultados de monitoramento de umidade e pH dentre os experimentos, com resultados de comparação de tukey pelo teste estatístico e o desvio padrão obtido.

Tabela 7: Avaliação da umidade e pH entre os experimentos, através de teste estatístico com comparação de tukey na análise final

EXPERIMENTO	UMIDADE a 65°C (%)	pH
1	50,17	7,213 ^a ±0,021
2	55,07	7,523 ^b ±0,038
3	49,56	7,590 ^b ±0,010
4	61,90	6,723 ^c ±0,021
5	63,36	6,930 ^d ±0,026
6	66,95	6,737 ^c ±0,025
LEGISLAÇÃO	<50	>6

Experimentos: 1 Compostagem ; 2 Compostagem + 2 ml/L ME ; 3 Compostagem + 4 ml/L ME ; 4 Vermicompostagem ; 5 Vermicompostagem + 2 ml/L ME ; 6 Vermicompostagem + 4 ml/L ME. As colunas que possuem a mesma letra não diferem significativamente de acordo com ANOVA, teste de Tukey ($p < 0,05$, $n = 6$). Instrução Normativa nº 25 (SDA MAPA, 2009) considerando padrão classe A.

Ao final do processo o parâmetro umidade não atingiu a legislação IN nº 25 (SDA MAPA, 2009), porém é um parâmetro fácil de ser reduzido através de aeração ou exposição ao sol, não se caracterizando como um problema. Durante o processo, o excesso de umidade pode afetar negativamente no processo, pois, as temperaturas podem não atingir os valores desejáveis para eliminação de coliformes, porém se estiver a baixo de 40% pode reduzir a atividade biológica e retardar o processo (PESSIN et al., 2006). Como neste trabalho a atividade biológica era muito importante, pois era uma das variáveis avaliadas, era necessário garantir que a atividade não fosse inibida, além disso como pode-se perceber ocorreu a eliminação de coliformes. Ainda, como foi citado na metodologia, a identificação da necessidade de água era pelo teste tátil, para se aproximar da realidade do campo.

Ao final do processo, o pH atingiu os valores adequados conforme legislação IN nº 25 (SDA MAPA, 2009). É possível observar que entre os processos existe uma diferença significativa ($p < 0,05$) no comportamento deste parâmetro, sendo que no processo de compostagem o pH ficou mais alcalino do que nos processos com vermicompostagem. De acordo com Pereira Neto (2007), o pH é regulado pelos microrganismos presentes no composto, os quais realizam a degradação, produzem

subprodutos ácidos ou básicos. Ainda segundo Albanell et al. (1988) e Haimi et al. (1986), a diminuição do pH é atribuída à produção de CO₂ e ácidos orgânicos produzidos durante o processo de vermicompostagem.

Observando a diferença em relação aos experimentos que foram adicionados ME, no processo de compostagem é possível identificar um pH mais alcalino nas caixas com ME, independente da concentração inoculada. Já no processo de vermicompostagem não é possível identificar este comportamento, uma vez que, o experimento sem ME e o experimento com a maior concentração de ME apresentaram resultados estatisticamente iguais.

3.6 MACRONUTRIENTES

A avaliação dos nutrientes é muito importante, pois dependendo da concentração é possível agregar valor a este composto e comercializá-lo. A Instrução Normativa nº 25 (SAD MAPA, 2009) é utilizada para parametrizar a comercialização de fertilizantes deste tipo e foi usada para comparar quais os parâmetros ficaram de acordo.

A Tabela 8 apresenta os valores encontrados para os parâmetros de macronutrientes bem como o desvio padrão e o teste estatístico realizado com comparação de tukey.

Tabela 8: Resultados da análise final dos macronutrientes N, P₂O₅, K₂O, relação C/N e Carbono Orgânico.

EXPERIMENTO	C/N*	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CARBONO ORGÂNICO (%)
1	11,623 ^a ± 0,323	0,87 ^a ± 0,010	0,827 ^{a,c} ± 0,006	0,430 ^a ± 0,000	20,303 ^a ± 0,453
2	12,330 ^a ± 0,673	0,85 ^{a,c,d} ± 0,056	0,903 ^{a,b} ± 0,051	0,560 ^b ± 0,000	23,260 ^b ± 0,755
3	11,507 ^a ± 0,405	0,997 ^b ± 0,031	0,963 ^b ± 0,006	0,607 ^b ± 0,040	22,777 ^b ± 0,405
4	12,117 ^a ± 0,201	0,9 ^{a,c} ± 0,010	0,803 ^{c,d} ± 0,006	0,283 ^c ± 0,015	28,407 ^{c,d} ± 1,029
5	12,783 ^a ± 1,229	0,82 ^{a,c,d} ± 0,026	0,737 ^{d,e} ± 0,040	0,297 ^c ± 0,012	28,057 ^c ± 0,991
6	13,117 ^a ± 0,071	0,77 ^d ± 0,017	0,683 ^e ± 0,032	0,230 ^d ± 0,000	30,440 ^d ± 0,771
LEGISLAÇÃO COMPOST.*	<20,00	>0,50	>1,00	>1,00	>15,00
LEGISLAÇÃO VERMI.*	<14,00	>0,50	>1,00	>1,00	>10,00

* Resultados expressos em base seca

Experimentos: 1 Compostagem ; 2 Compostagem + 2 ml/L ME ; 3 Compostagem + 4 ml/L ME ; 4 Vermicompostagem ; 5 Vermicompostagem + 2 ml/L ME ; 6 Vermicompostagem + 4 ml/L ME. As colunas que possuem a mesma letra não diferem significativamente de acordo com ANOVA, teste de Tukey (p < 0,05, n = 6). * para estes parâmetros a IN n° 25 (SDA MAPA, 2009) possui algumas diferenças de parâmetros entre os processos de compostagem (compost.) e vermicompostagem (vermi.), por isso foi apresentado diferentes parâmetros e foi considerando padrão classe A em processos de compostagem.

Comparando com a legislação (Tabela 8), os parâmetros nitrogênio, carbono orgânico e relação C/N atingiram os requisitos exigidos, já o fosfato, óxido de potássio e umidade, não estão de acordo com a Instrução Normativa nº 25 (SDA MAPA, 2009).

Segundo Kiehl (1985), uma relação C/N em torno de 12 ao final do processo de compostagem indica a maturidade do composto e as condições ideais para a adubação. De acordo com testes estatísticos realizados alterar os processos ou a inocular ME não influenciam na relação C/N final, já que não foi detectado diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os experimentos.

Avaliando os macronutrientes (N, P_2O_5 , K_2O) somente o parâmetro nitrogênio atingiu a quantidade adequada, sendo que o P_2O_5 e K_2O , não atingiram concentração suficiente para atender os parâmetros de legislação. É possível observar que os experimentos com compostagem (1,2,3) apresentaram na maioria dos casos teores de nutrientes superiores ao processo de vermicompostagem. Além disso, o experimento 3, com adição de ME, se destacou apresentando maior concentração e diferença significativa ($p < 0,05$) dos demais, isso indica que o processo de compostagem associado a inserção de ME produz uma quantidade maior de nutrientes. Um estudo realizado por Raja Namasivayam e Bharani (2012), constatou que a aplicação de ME aumenta o teor de carbono e nitrogênio disponível para as plantas. E isso pode ser visualizado neste experimento nos teores de nitrogênio, fosfato e óxido de potássio.

De acordo com Castro e Gomez, (2010), os bio-insumos obtidos através da compostagem são úteis para as plantas, porém se comparados aos fertilizantes químicos sua concentração fica muito baixa. Sendo em torno de 1,5% de nitrogênio, 0,2% de fósforo e 1,0% de potássio. Alguns fatores, que influenciam a redução de nitrogênio é o aumento de temperatura, que faz com que a amônia evapore, além disso quando a relação C/N fica abaixo de 18 os microrganismos transformam o nitrogênio em maior grau, favorecendo sua volatilização (MORISAKI et al., 1989), porém cabe ressaltar que estudos realizados por Liu e Diamond (2005) mostraram que o uso excessivo de fertilizantes químicos levaram à degradação da qualidade do solo (perda de matéria orgânica, baixa fertilidade e, posteriormente, terras de baixo rendimento) e pesados impactos ambientais, além disso a aplicação de fertilizantes orgânicos provoca uma melhoria gradual da produtividade do solo e do desempenho das culturas durante um longo período de tempo, pois melhoram as propriedades físico-químicas do solo e afetam nos fatores bióticos relacionados à microflora do solo, como a biomassa microbiana, a diversidade microbiana e a estrutura da comunidade (SIAVOSHI e LAWARE, 2011) (ELLIS et al., 2003)

Na literatura, observam-se estudos relacionados à inserção de microrganismos com objetivo de conservar estes nutrientes na compostagem. XIE et al. (2012) e ZHANG et al. (2016) que observaram a conversão de amônia em formas oxidadas de nitrogênio, pelos micro-organismos. Além de manter o nitrogênio no composto, como efeito colateral ocorreu a redução de emissão de amônia, que contribui para poluição do ar.

Para o fósforo, também existem estudos onde foram inoculados microrganismos em compostagem suplementada com fosfato de rocha a qual aumentou a concentração de fósforo e tornou este elemento disponível em maior concentração, onde comparando o experimento que não tinha inoculação a concentração foi de 1000 ppm , já na compostagem inoculada a concentração foi de 1565 ppm (ZAYED e ABDEL-MOTAAL, 2005 ; GAIND, 2014). Quanto a solubilização de potássio também existem alguns gêneros, como o *Bacillus* (LIU et al., 2006; SUGUMARAN e JANARTHANAM, 2007) e o *Aspergillus fumigatus* (GUEVARA, 2010) que fazem esta função de tornar este nutriente disponível para as plantas.

Quanto ao carbono orgânico, todos os parâmetros atingiram a legislação e neste caso observa-se que o processo de vermicompostagem influenciou na concentração do mesmo, apresentando valores significativos ($p < 0,05$) superiores em relação ao processo de compostagem. Quanto ao ME nos experimentos com compostagem ele influenciou de maneira positiva, mas essa relação não pode ser verificada nos experimentos com vermicompostagem. Ainda, segundo estudo realizado por Hamoda, Qdais e Newham (1998), os autores trabalharam na otimização da temperatura inicial em relação à degradação do carbono orgânico no processo da compostagem e descobriram que quanto mais demorada era a fase de adaptação (fase inicial), maior era a degradação do carbono orgânico, e isso pode ser claramente observado no experimento 1, o qual foi o que ficou maior tempo na fase de adaptação e conseqüentemente ocorreu a maior degradação.

3.7 MICRONUTRIENTES

De acordo com Vázquez et.al, (2015) os macro e micronutrientes são apresentados em várias formas e graus de extratibilidade, sendo que existem diferentes proporções e formas inorgânicas e orgânicas desses nutrientes na compostagem. Muitas vezes os micronutrientes são deixados de lado nos experimentos de compostagem e, portanto, existe uma carência de dados na literatura, porém em baixas concentrações eles são muito importantes para as plantas, tanto que na legislação de comercialização de compostagem, estes parâmetros também são exigidos.

As Tabelas 9 e 10 apresentam os valores encontrados para os parâmetros de micronutrientes bem como o desvio padrão e o tratamento estatístico.

Tabela 9: Resultados da análise final dos micronutrientes Ca, Mg, S e Mn e avaliação entre e os experimentos.

EXPERIMENTO	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Mn (mg/Kg)
1	0,830 ^a ±0,010	0,160 ^a ±0,000	0,473 ^a ±0,059	0,079 ^a ±0,003
2	0,860 ^b ±0,000	0,160 ^a ±0,000	0,380 ^a ±0,050	0,065 ^b ±0,000
3	0,987 ^c ±0,012	0,180 ^a ±0,000	0,450 ^a ±0,036	0,073 ^c ±0,000
4	0,767 ^d ±0,006	0,257 ^b ±0,023	0,257 ^b ±0,012	0,055 ^d ±0,001
5	0,680 ^e ±0,010	0,250 ^{b,c} ±0,000	0,130 ^c ±0,010	0,054 ^d ±0,001
6	0,670 ^e ±0,010	0,227 ^c ±0,006	0,227 ^{b,c} ±0,025	0,047 ^e ±0,000
LEGISLAÇÃO	>1,00	>1,00	>1,00	>0,05

Experimentos: 1 Compostagem; 2 Compostagem + 2 ml/L ME; 3 Compostagem + 4 ml/L ME ; 4 Vermicompostagem ; 5 Vermicompostagem + 2 ml/L ME ; 6 Vermicompostagem + 4 ml/L ME.

As colunas que possuem a mesma letra não diferem significativamente de acordo com ANOVA seguida de teste de Tukey (p < 0,05, n = 6). Instrução Normativa nº 25 (SDA MAPA, 2009)

Tabela 10: Resultados da análise final dos micronutrientes Cu, Zn, Fe e B e avaliação entre experimentos

EXPERIMENTO	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	B (mg/Kg)
1	0,012 ^a ±0,001	0,016 ^a ±0,000	3,754 ^a ±0,161	0,008 ^a ±0,001
2	0,009 ^a ±0,001	0,014 ^b ±0,000	2,678 ^b ±0,048	0,006 ^b ±0,000
3	0,011 ^a ±0,002	0,016 ^a ±0,001	2,858 ^b ±0,042	0,007 ^{b,d} ±0,000
4	0,007 ^b ±0,000	0,013 ^b ±0,000	1,959 ^c ±0,053	0,009 ^{a,c} ±0,000
5	0,006 ^b ±0,000	0,011 ^c ±0,000	1,982 ^c ±0,012	0,009 ^{a,c} ±0,000
6	0,006 ^b ±0,000	0,011 ^c ±0,000	1,572 ^d ±0,014	0,008 ^{a,d} ±0,000
LEGISLAÇÃO	>0,05	>0,10	>0,2	>0,03

Experimentos: 1 Compostagem; 2 Compostagem + 2 ml/L ME; 3 Compostagem + 4 ml/L ME ; 4 Vermicompostagem ; 5 Vermicompostagem + 2 ml/L ME ; 6 Vermicompostagem + 4 ml/L ME. As colunas que possuem a mesma letra não diferem significativamente de acordo com ANOVA, teste de Tukey (p < 0,05, n = 6). Instrução Normativa nº 25 (SDA MAPA, 2009)

Nos resultados obtidos com micronutrientes somente os parâmetros ferro e manganês apresentaram valores satisfatórios para Instrução Normativa nº 25 (SDA MAPA, 2009), o que indica que é um composto deficiente em relação aos micronutrientes.

Outra questão a ser observada é que a maioria dos micronutrientes apresentaram concentrações significativas ($p < 0,05$) e diferentes entre os processos de compostagem e vermicompostagem. Podendo se observar que os micronutrientes cálcio, enxofre, manganês, cobre, zinco e ferro apresentaram concentração significativa ($p < 0,05$) superior nos experimentos com compostagem e somente o micronutriente magnésio apresentou concentração superior no processo de vermicompostagem, já zinco e boro não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparando os processos.

Na avaliação da influência de ME na concentração final de micronutrientes não foi observado um padrão de significância, portanto entende-se que a inoculação de ME não influencia no resultado final de micronutrientes.

Como foi apresentado nas Tabelas 8, 9 e 10, o composto não apresentou resultados satisfatórios em alguns parâmetros de macronutrientes e micronutrientes, mas é importante ressaltar que o principal efeito do composto não é enriquecer o solo com estes elementos e sim contribuir para melhoria da estrutura do solo, a fim de permitir a mobilização destes nutrientes para as plantas e assim atingir um equilíbrio mais adequado do solo. (DE BERTOLDI et al., 1983). Também é importante ressaltar que existem outros benefícios associados à incorporação do composto nos solos, como o tamanho da partícula, que aumenta a porosidade, auxilia na retenção de água e trocas de ar (DE BERTOLDI et al., 1983); (SHILEV et al., 2007), o fornecimento de microrganismos que contribuem para degradação de agentes tóxicos (SHILEV et al., 2007), o controle de patógenos nas plantas (KINKEL et al., 2012); (SHEN et al., 2013); a estabilização e mineralização da matéria orgânica, (FÜLEKY e BENEDEK 2010); (SHARMA et al., 1997), dentre outros. Além disso, o excesso de fertilizantes químicos aplicados nos solos, acaba não ficando retido e, portanto, em períodos chuvosos estes nutrientes são lixiviados para os fluxos naturais, causando eutrofização dos mesmos. (WHITE e BROWN, 2010).

4. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Através dos resultados obtidos, concluiu-se que mesmo com a influência das temperaturas externas na compostagem em pequena escala, a adição de microrganismos eficientes afetou mais na eliminação de patógenos do que a temperatura ou o tipo de processo empregado.

Quanto a legislação, os nutrientes P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg, S, Cu, Zn e B não atingiram os parâmetros determinados pela instrução normativa, porém foi possível concluir que o processo de compostagem, associado aos microrganismos eficientes, beneficia no aumento da concentração de P_2O_5 , K_2O , Ca. E o processo de vermicompostagem influencia na redução de metais, além disso, combinado com microrganismos eficientes reduz a concentração de patógenos. Também é importante ressaltar que os fertilizantes orgânicos possuem diversas funções de melhoria das condições físicas e químicas do solo, além de melhorar as condições ambientais, portanto mesmo não atingindo os parâmetros de legislação, quando empregados no solo eles podem apresentar melhor qualidade e disponibilidade que os fertilizantes químicos.

Neste sentido, conclui-se que a inserção de microrganismos eficientes na compostagem de resíduos agroindustriais em pequena escala, se mostrou uma alternativa bastante viável para garantir a qualidade do composto e produzir um adubo orgânico.

Como sugestões para trabalhos futuros, foi identificado que cada tipo de processo (compostagem/vermicompostagem) apresentou resultados positivos em diferentes parâmetros, sugere-se então que sejam realizados experimentos associando os dois processos.

Além disso, se identificou que alguns resultados apresentaram melhor resposta na concentração máxima de ME, que foi de 4ml/L, o que sugere avaliar maiores concentrações de ME.

Também sugere-se que sejam realizados testes em hortaliças, (alface, tomate,...) para verificar a efetividade do composto.

5. REFERÊNCIAS

ALBANELL, E.; PLAIZATS, J.; CABRERO, T. **Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes.** *Biology and Fertility of Soils*, (1988) v. 6, p. 266-269.

BAOYI, L.V.; XING, M.; YANG, J. **Speciation and transformation of heavy metals during vermicomposting of animal manure .** *Bioresource Tecnology*. Volume 209 ,junho de 2016, páginas 397-401.

BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção.** Tese. (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BONFIN, F. P. G.; HONORIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. J. e SOUZA, D. B. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM): Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2011.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Capítulo 1, p. 2.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 27, de 5 de julho de 2006.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 09 de julho de 2006.

CAETANO, V. C.; SALTINI, D. A.; PASTERNAK, J. **Surto de salmonelose por *Salmonella enterica* em profissionais de saúde, causado por alimentos consumidos em uma festa de ano novo realizada dentro da Unidade de Terapia Intensiva.** *Einstein*, v. 2, n.1, p. 33-35, 2004

CASTRO, H.; GÓMEZ, M. **Fertilidad de suelos y fertilizantes.** Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. *Ciencia del suelo, principios básicos.* (2010) pp. 77-137.

CERDA, A.; ARTOLA, A.; FONT,X. BARRENA, R.; GEA T. SÁNCHEZ **A.Composting of food wastes: Status and challenges.** *Bioresource Tecnology*.Disponível online em 26 de junho de 2017

COSTA, C. J.R.; CERRI, C.E.P ; PIRES, A.V. ;CERRI.C.C. **Net greenhouse gas emissions from manure management using anaerobic digestion technology in a beef cattle feedlot in Brazil.** *Sci. Total Environ.* 505 (2015) , pp. 1018 – 1025.

COSTA, M.S.S.M.; CESTONARO, T.; COSTA, L.A.M.; ROZATTI, M.A.T; CARNEIRO, L.J. ; PEREIRA, D.C ; LORIN, H.E.F. **Improving the nutrient content of sheep bedding compost by adding cattle manure** J. Clean. Prod. , 86 (2015) , pp. 9 – 14.

COSTA, M.S.S.M.; LORIN, H.E.F. ; COSTA, L.A.M. ; CESTONARO, T. ; PEREIRA, D.C. ; BERNARDI F.H. **Performance of four stabilization bioprocesses of beef cattle feedlot manure.** Journal Environ. Manage., 181 (2016), pp. 443-448.

DE BERTOLDI, M.; VALLINI, G.; PERA, A. **The biology of composting: a review** Waste Manage. Res., 1 (1983), pp. 157-176.

EDWARD C.A. **Human Pathogen Reduction during Vermicomposting.** Vermiculture Technology. (2010).pp 249-261.

ELLIS, R.J.; MORGAN, P.; WEIGHTMAN, A.J.; FRY, J.C. **Cultivation-dependent and -independent approaches for determining bacterial diversity in heavy-metal-contaminated soil** Appl. Environ. Microbiol., 69 (2003), pp. 3223- 3230

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro, **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, SPI, 1999.

EPSTEIN, E. **The Science of Composting.** Pennsylvania. Technomic Publishing, 1997.

ERMOLAEV, E. SUNDBERG, C. PELL, M. JÖNSSON H. **Emissões de gases com efeito de estufa de compostagem doméstica, na prática** Bioresour. Technol., 151, pp. 174182. 2014.

ETHIER, L. H.; MARTIN, J.J.V.; GÉLINAS, Y. **Persistence of Escherichia coli in batch and continuous vermicomposting systems.** Waste Management. Volume 56, October 2016, Pages 88–99.

FAVERIAL, J. ;SIERRA, J. . **Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles).** Journal of Cleaner Production Volume 83, 15 November 2014, Pages 238-244.

FÜLEKY, G.; BENEDEK, S. **Composting to recycle biowaste.** E. Lichtfouse (Ed.), **Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science,** Springer, Netherlands (2010), pp. 319-346.

GAIND, S. **Effect of fungal consortium and animal manure amendments on phosphorus fractions of paddy-straw compost.** Int. Biodeterior. Biodegrad., 94 (2014), pp. 90-97.

GÓMEZ-GUIÑÁN, Y. **Actividad de las fosfatasas ácidas y alcalinas (extracelulares e intracelulares) en hongos de la rizosfera de *Arachis hypogaea* (Papilionaceae) (Activity of acid and alkaline phosphatases (extracellular and intracellular) from fungi of *Arachis hypogaea* (Papilionaceae) rhizosphere, in Spanish).** Rev. Biol. Trop., 52 (2004), pp. 287-295

GOSWAMI, L.; SARKAR, S.; MUKHERJEE, S.; DAS, S.; BARMAN, S.; RAUL, P.; BHATTACHARYA, P.; MANDAL, N.C.; BHATTACHARYA, S.; BHATTACHARYA, S.S.; **Vermicomposting of Tea Factory Coal Ash: metal accumulation and metallothionein response in *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg).** Bioresour. Technol., 166 (2014), pp. 96–102

GRONEWOLD, A. D. ; WOLPERT, R. L.; **Modeling the relationship between most probable number (MPN) and colony-forming unit (CFU) estimates of fecal coliform concentration.** Water Research. Volume 42, Edição 13 ,julho de 2008, páginas 3327-3334.

GUEVARA, M.F. **Aislamiento e identificación de microorganismos solubilizadores de potasio a partir de muestras de suelo y raíces de cultivos de alcachofa de la localidad de la remonta, cantón Cayambe.** Departamento de Ciencias de la Vida, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador (2010), p. 80.

HAIMI, J. & HUHTA, V. **Capacity of various organic residues to support adequate earthworm biomass for vermicomposting.** Biology and Fertility of Soils, (1986)v. 2, p. 23-27.

HAMODA, M.f.; QDAIS, H.a. Abu; NEWHAM, J.. **Evaluation of municipal solid waste composting kinetics.** Resources, Conservation And Recycling, [s.l.], v. 23, n. 4, p.209-223, set. 1998. Elsevier BV.

HARRISON, E.Z. **Implicações higiênicas do compostagem em pequena escala no relatório final do estado de Nova York.** Projeto Cold Compost.Cornell Waste Management Institute , Ithaca, NY (2004)

HECK, K.; MARCO, E.G.; HAHN, A.B.B; KLUGE, M.; SPILKI, F.R; SAND, S.T.V. **Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.17, n.1. p.54-59, 2013.

HERBETS, R. A. et al. **Composting of organic solid waste: biotechnology.** Health And Environmental Journal, v. 6, n. 1, p.41-50, jun. 2005.

HIGA, T. PARR, J.F. **Sustainable Agriculture and Environment**, International Nature Farming Research Center, Atami, Japan, 1994 Disponível em : <<http://www.agriton.nl/higa.html>> Acesso em 10 de jun. 2017.

HUBBE, M.A. ; NAZHAD, M. ; SÁNCHEZ, C. **Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: a review** BioResources, 5 (4) (2010), pp. 2808-2854.

JUSOH, M.L.C.; MANAF, L.A.; LATIFF, P.A. **Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality.** Irã. J. Environ. Health Sci. Eng. , 10 (1) (2013) , p. 17.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres**, 1985. 492 p.

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

KINKEL, L.L.; SCHLATTER, D.C.; BAKKER, M.G.; ARENZ, B.E. **Streptomyces competition and co-evolution in relation to plant disease suppression** Res. Microbiol., 163 (2012), pp. 490-499.

LARNEY, F.J.; HAO, X. **A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in southern Alberta, Canada.** Bioresour. Technol. , 98 (17) (2007) , pp. 3221 – 3227.

LAZCANO, C. ;GÓMEZ-BRANDÓN, M.;DOMINGUEZ, J. **Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure.** Chemosphere , 72 (7) (2008) , pp. 1013 – 1019.

LIM, S.L.; LEE, L.H.; WU, T.Y.; **Sustentabilidade do uso de tecnologias de compostagem e vermicompostagem para biotransformação de resíduos sólidos orgânicos: visão geral recente, emissões de gases de efeito estufa e análise econômica.** Journal Clean. Prod. , 111 , pp. 262 – 278. 2016.

LIU, J.G.; DIAMOND, J.; **China's environment in a globalizing world** Nature, 435 (7046) (2005), pp. 1179-1186.

LIU, W. ; XU, X. WU, ;X. ; YANG,Q. ; LOU, Y. ; CHRISTIE ,P. **Decomposition of silicate minerals by *Bacillus mucilaginosus* in liquid culture.** *Environ. Geochem. Health*, 28 (2006), pp. 133-140.

MONROY, F.; AIRA, M.; DOMÍNGUEZ, J. **Reduction of total coliform numbers during vermicomposting is caused by short-term direct effects of earthworms on microorganisms and depends on the dose of application of pig slurry.** *Sci. Total Environ.*, 407 (2009), pp. 5411–5416.

MORISAKI, N.; CHAE GUN, P.; NAKASAKI, K. ; SHODA, M.; GAIND H. **Nitrogen transformation during thermophilic composting.***J. Ferment. Bioeng.*, 67 (1989), pp. 57-61

NUNES, M. U. C. **Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade.** Circular técnica 59 EMBRAPA. Aracaju, SE dezembro, 2009. Disponível em http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf acesso em 11/10 2017.

PATIDAR, A.; GUPTA, R.; TIWARI, A. **Potential of Microbial Inoculated Water Hyacinth Amended Thermophilic Composting and Vermicomposting in Biodegradation of Agro-Industrial Waste.** *J. Bioremed. Biodegrad.* (2013), publicado em 26 de junho de 2013.

PAYEL, S.; MUKESH, M.; RAJNI, S. **Consórcio microbiano: uma nova abordagem na degradação efetiva de resíduos orgânicos de cozinha** *Int. J. Environ. Sci. Dev.* 2 (3) (2011) , pp. 170 – 174.

PEREIRA NETO, J. T.; MESQUITA, M. M. F. **Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos: aspectos teóricos, operacionais e epidemio lógicos,** Lisboa, 1992.

PEREIRA, D. C.; NETO, A. W.; NÓBREGA, L. H. P. **Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas.** *Varia Scientia Agrárias*, Cascavel, v. 3, n. 2, p.159-174, fev. 2013.

PESSIN, N.; FERNANDES, F.; PANAROTTO, C.T.; FINOTTI, A.R.; SCHNEIDER, V.E.; SILVA, S.M.C.P.; HOSSAKA, A.L.; TELH, M. **Métodos de transformação e aproveitamento da fração orgânica: minimização da quantidade de resíduos dispostos em aterro.** Rio de Janeiro, ABES, PROSAB. 2006. p. 17-64.

RAJA NAMASIVAYAM,S.K.; BHARANI,R.S.A. **Effect of compost derived from decomposed fruit wastes by effective microorganism (EM).technology on plant growth parameters of *Vigna mungo****J Bioremed Biodeg*, 3 (2012), p. 167

RAVINDRAN, B.; CONTRERAS-RAMOS, S.M.; SEKARAN, G. **Changes in earthworm gut associated enzymes and microbial diversity on the treatment of fermented tannery waste using epigeic earthworm *Eudrilus eugeniae***. Ecological Engineering. Volume 74 ,janeiro de 2015, páginas 394-401.

RIANO, B.; MOLINUEVO, B.; GARCIA – GONZÁLUZ, M.C. **Potential for methane production from anaerobic co-digestion of swine manure with winery wastewater**. Bioresour. Technol. , 102 (2011) , pp. 4131 – 4136.

RICHARD, T., N. TRAUTMANN, M. KRASNY, S. FREDENBURG, C. STUART. 2002. **The science and engineering of composting**. The Cornell composting website, Cornell University. http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

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

RYCKEBOER, J.; MERGAERT, J.; VAES, K. ; KLAMMER, S. D. ; CLERCQ, D; COOSEMANS, J. ; INSAM, H. ; SWINGS ,J. **Uma pesquisa de bactérias e fungos ocorrendo durante processos de compostagem e auto-aquecimento** Ann. Microbiol., 53 (2003), pp. 349-410.

RYNK, R. **On-farm composting handbook**. Ithaca, NY: NRAES, 1992, 186 p.

SAAD, N.F.M.; MAMIN, N.N.; ZAIN, S.M.; BARSII, N.E.A.; ZAIN, N.S.M. **Microbial Consortium: A New Approach to Effective Degradation of Organic Kitchen Waste**. J. Teknol. , 65 (2) (2013) , pp. 89 – 9.

SHARMA, V.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. **Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting**. Energy Convers. Manage., 38 (1997), pp. 453-478

SHEN, Z.; ZHONG, S.; WANG, Y.; WANG, B.; MEI, X.; LI, R.; RUAN, Y.; SHEN, Q. **Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality**. Eur. J. Soil Biol., 57 (2013), pp. 1-8

SHILEV, S.; NAYDENOV, M.; VANCHEVA, V.; ALADJADJIYAN A. **Composting of food and agricultural wastes**. V. Oreopoulou, W. Russ (Eds.), Utilization of By-Products and Treatment of Wastes in the Food Industry, Springer (2007), pp. 283-301.

SIAVOSHI, M.; LAWARE, S.L.; **Effect of organic fertilizer on growth and yield components in rice (*Oryza sativa L.*)** J. Agric. Sci., 3 (2011), pp. 217-224.

SILVA, M.S.; COSTA, L.A.DE.M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; KAUFMANN, A.V.; ROTTA, S.R.; SESTAK, R. **Monitoramento da temperatura em dois sistemas de compostagem (com e sem aeração forçada) de resíduos sólidos da indústria de desfibrilação de algodão com diferentes tipos de inóculo.** In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 30., 2001, Foz do Iguaçu. Anais...Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

SINGH, R.P; SINGH, P.; ARAUJO, A.S.F; IBRAHIM, M.H.; SULAIMAN, O. **Gestão de resíduos sólidos urbanos: vermicompostagem como opção sustentável.** Recursos, Conservação e Reciclagem , 55 (2011) , pp. 719 – 729.

SOOBHANY, N. ; MOHEE, R. ; GARG, V. K. **Inactivation of bacterial pathogenic load in compost against vermicompost of organic solid waste aiming to achieve sanitation goals: A review.** Waste Management. Volume 64, June 2017, Pages 51-62

SOOBHANY, N. ; MOHEE, R. ; GARG, V. K. ; **Avaliação comparativa do teor de metais pesados durante a compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos municipais empregando *Eudrilus eugeniae*.** Gestão de resíduos. Volume 39 ,maio de 2015, páginas 130-145

SUGUMARAN, P.; JANARTHANAM, B. **Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth** World J. Agric. Sci., 3 (2007), pp. 350-355.

SUN, Q.; WU, D.; ZHANG, Z.; ZHAO, Y. ; XIE, X. ; WU, J.; LU, Q.; WEI, Z. **Effect of cold-adapted microbial agent inoculation on enzyme activities during composting start-up at low temperature.** Tecnologia Bioresource. Volume 244, Parte 1 ,novembro de 2017, páginas 635-640

SUTHAR, S.;SINGH, S.; DHAWAN, S. **Earthworms as bioindicator of metals (Zn, Fe, Mn, Cu, Pb and Cd) in soils: Is metal bioaccumulation affected by their ecological category?.** Ecological Engineering. Volume 32, Edição 2 ,1 de fevereiro de 2008, Páginas 99-107

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & WOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

US-EPA . **A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule.** EPA/832/R-93/003. 1994.

USEPA. **Method 3050 B. 1998a.** Disponível em: [http:// www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf](http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf). Acesso em: fev. 2017.

VÁZQUEZ, M.A.; SEN, R.; SOTO, M. **Physico-chemical and biological characteristics of compost from decentralised composting programmes.** *Tecnologia Bioresource*. Volume 198 ,dezembro de 2015, Páginas 520-532.

WANG, H.; DONG, Y.H.; YANG, Y.Y.; TOOR, G.S.; ZHANG, X.M. **Changes in heavy metal contents in animal feeds and manures in an intensive animal production region of China.** *Journal of Environmental Sciences*, Volume 25, Issue 12, December 2013, Pages 2435-2442 .

WHITE, P.J.; BROWN, P.H. **Plant nutrition for sustainable development and global health.** *Ann. Bot.*, 105 (2010), pp. 1073-1080.

XIE, K.; JIA, X. ; XU, P. ; HUANG, X. ; GU, W. ; . ZHANG, F; YANG, S. ; TANG, S. **Improved composting of poultry feces via supplementation with ammonia oxidizing archaea.** *Bioresour. Technol.*, 120 (2012), pp. 70-77

ZAYED, G. ; ABDEL MOTAAL, H. **Bio-active composts from rice straw enriched with rock phosphate and their effect on the phosphorous nutrition and microbial community in rhizosphere of cowpea.** *Bioresour. Technol.*, 96 (2005), pp. 929-935

ZHANG, Y. ; ZHAO, Y. ; CHEN, Y. ; LU, Q. ; LI, M. ; WANG, X. ; WEI, Y. ; XIE, X. ; WEI, Z. **A regulating method for reducing nitrogen loss based on enriched ammonia-oxidizing bacteria during composting.** *Bioresour. Technol.*, 221 (2016), pp. 276-283

ZHOU, C.; LIU, Z.; HUANG, M. D.; DONG, M.; YU, X.L; NING, P. **Uma nova estratégia para co-compostagem de estrume de leite com palha de arroz: adição de inóculos diferentes em três estágios de compostagem.** *Gerenciamento de Resíduos*, 40 (2015), pp. 38 – 43.