

Compostagem em pilhas e vermicompostagem no tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos líquidos de bovinos leiteiros

Compost pile and vermicomposting to treat a mixture of poultry bed and liquid residues from dairy cattle

Beatriz S Valente^{1*}, Eduardo G Xavier², Priscila de O Moraes³, Marcus V T Pilotto⁴, Heron da S Pereira⁴

Palavras-chave:

avicultura, biotecnologias, minhoca, resíduo orgânico

Keywords:

poultry production, biotechnologies, earthworm, organic residue

RESUMO

Objetivou-se avaliar o método de compostagem em pilhas e a vermicompostagem no tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros. O estudo foi realizado com dois tratamentos, constituídos pelas biotecnologias compostagem em pilha (T1) e vermicompostagem (T2). A formação da pilha, nas dimensões de 3 m de comprimento, 1.60 m de largura e 1 m de altura, foi realizada em um galpão com piso impermeabilizado, fechado nas laterais com uma tela. Foram realizados dois revolvimentos e adição de dejetos à massa em compostagem, a cada 15 dias. No processo de vermicompostagem foram utilizadas caixas de madeira nas dimensões de 0.50 m de comprimento, 0.40 m de largura e 0.30 m de altura, e minhocas da espécie *Eisenia fetida*. A utilização dos processos de compostagem em pilhas e vermicompostagem são tecnicamente viáveis para o tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos líquidos de bovinos leiteiros. O pH alcalino da mistura de cama de aviário e dejetos líquidos de bovinos leiteiros não prejudicou o desempenho das minhocas da espécie *Eisenia fetida*, que permaneceram na biomassa até o final do processo. Além disso, a presença de casulos e minhocas filhotes demonstram a aceitação dos substratos pelas minhocas dessa espécie. A relação C/N do composto e do vermicomposto da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros não atendeu a recomendação da Instrução Normativa nº 25/2009 para ser considerado estabilizado ou bioestabilizado. O tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros através da compostagem e vermicompostagem deve ser realizado em um tempo superior a 45 dias para que possa ser utilizado como fertilizante orgânico.

ABSTRACT

A trial was conducted to evaluate compost pile (T1) and vermicomposting (T2) for treating a mixture of poultry bed and dairy cattle residues. For T1, a pile 3 m length x 1.60 m width and 1 m height was built in a waterproofed barn with a wire mesh as side walls. Every 15 days, two revolving and addition of residues to the composting mass were carried out. Wood boxes 0.50 m length x 0.40 m width and 0.30 m height and *Eisenia fetida* earthworms were used for vermicomposting treatment T2. Compost piles and vermicomposting are technically viable options for processing a mixture of poultry bed and liquid residues from dairy cattle. Its alkaline pH was not harmful to *Eisenia fetida* earthworms, which remained in the biomass until the end of the process. Additionally, the presence of cocoons and young earthworms demonstrated the substrate acceptance by *Eisenia fetida* earthworms. At the end of the assay period, the C/N ratio of both the compost and the vermicompost did not fulfill the threshold value to be considered as stabilized or biostabilized according to Brazilian Normative Instruction nº 25/2009. Therefore, composting and vermicomposting of poultry bed and dairy cattle residues mixture must be carried out for a period longer than 45 days to be utilized as an organic fertilizer.

¹Doutora em Produção Animal, Coordenadora do Núcleo de Estudos em Meio Ambiente (Nema Pel), Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, S/N, Caixa Postal 354, Capão do Leão, RS, bsvalente@terra.com.br

²PhD em Animal Sciences, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, S/N, Capão do Leão, RS, egzavier@yahoo.com

³Mestre em Nutrição Animal, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, p.agronomia@gmail.com

⁴Graduandos em Engenharia Ambiental e Sanitária, Colaboradores do Núcleo de Estudos em Meio Ambiente (Nema Pel), Universidade Federal de Pelotas

*Autor para correspondência: (53) 81421724. bsvalente@terra.com.br

INTRODUÇÃO

Na Região Sul do Brasil, a produção de aves normalmente é realizada em pequenas propriedades e por mão de obra tipicamente familiar, caracterizando-se por confinamentos de alta densidade e taxas de crescimento forçadas (Kunz *et al.*, 2009). Em decorrência disso, o manejo imposto e a intensificação da produção de frangos de corte favoreceram a geração de maiores quantidades de cama de aviário (Lucas Júnior & Santos, 2003). Miragliotta *et al.* (2002) afirmam que são alojados de 16 a 20 frangos por metro quadrado, sendo que o volume de cama de aviário disponibilizado para cada frango é de aproximadamente 1.75 kg. Desta forma, uma produção anual de 5.15 bilhões de frangos de corte produzirá cerca de 9.01 bilhões de kg de cama de frango (Fukayama, 2008).

Por outro lado, a maior parte da produção de bovinos leiteiros é realizada de forma extensiva (Figuerola, 2008), o que proporciona uma redução da contaminação do ambiente devido à pequena concentração de animais (Garcia-Vaquero, 1981). Assenheimer (2007) ressalta que apenas 3 % do rebanho bovino são mantidos em regime de confinamento, tendo um menor impacto ambiental quando comparado com outros sistemas de produção animal. No entanto, independentemente da maneira como são produzidos, os dejetos animais apresentam alto risco de poluição do solo e da água, quando empregados acima da exigência das culturas, especialmente em termos da demanda bioquímica de oxigênio (Figuerola, 2008). A título de exemplo, um bovino que produza 15 toneladas de esterco fresco por ano, gera aproximadamente 78 kg de N, 20 kg de P_2O_5 , 93 kg de K_2O e 35 kg de Ca + Mg (EMBRAPA, 2006).

De acordo com Fiori *et al.* (2008), o aumento da produção de resíduos vem provocando impactos ambientais porque a sua taxa de geração é bem maior do que a de degradação. Díaz - Zorita & Barraco (2002) afirmam que o manejo dos resíduos orgânicos líquidos ou sólidos é determinante para reduzir à

dispersão dos patógenos, a eutrofização das águas superficiais, à contaminação por nitratos da água do solo, e o potencial de impactos por antibióticos e desinfetantes sobre a comunidade microbiana do solo.

A esterqueira é o sistema de tratamento adotado na maioria das propriedades leiteiras da região sul e se baseia em conduzir os dejetos da área de criação dos animais através de tubulações para um depósito, onde permanecem por 120 dias para sofrer fermentação anaeróbia. Oliveira *et al.* (2004) afirmam que o uso de esterqueiras para o armazenamento de dejetos é muito difundido entre os sistemas de produção animal, porém apresenta sérios inconvenientes, como a emissão de odores, lodo e efluentes com alto potencial poluente, necessidade de áreas agrícolas suficientes para a aplicação adequada do dejetos armazenado, geração de gases de efeito estufa e alto risco ambiental pelo rompimento da esterqueira. Por outro lado, o uso da cama de aviário na adubação de pastagens é uma prática bastante difundida entre os agricultores, sendo regulamentada pela Instrução Normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura. No entanto, Paiva (2005) afirma que a aplicação da cama no solo pode resultar em aquisição de substâncias tóxicas por plantas, pelos animais e, também, por humanos, através da absorção, ingestão e outros processos. Este potencial de poluição é maior em áreas de intensa produção avícola ou em áreas onde as mesmas são utilizadas largamente como adubo (Gupta *et al.*, 1997).

Em decorrência da implantação de leis ambientais mais severas, que valorizam o gerenciamento ambiental, tem havido uma conscientização gradual dos efeitos nocivos provocados pelo despejo contínuo de resíduos sólidos e líquidos no meio ambiente. Conjuntamente, o mercado também exige das empresas uma atuação transparente e concreta na preservação dos componentes do meio ambiente, que deve se materializar pela realização de atividades que apresentem um menor impacto ambiental. Desta forma, os sistemas de produção zootécnicos

estão sendo incentivados a reciclar os seus resíduos no sentido de obter maiores rendimentos de seus processos produtivos e, conseqüentemente, gerar menos resíduos a serem tratados, minimizando assim os custos de sua disposição final. Assim, uma das metas desejadas é a sincronia da liberação de nutrientes com a necessidade das plantas (Bünemann *et al.*, 2004), sendo que para isto deve-se fazer uso de tecnologias que auxiliem na biodegradação destes resíduos orgânicos.

Na tentativa de equacionar a disposição inadequada desses resíduos orgânicos, vários métodos de tratamento e disposição de resíduos orgânicos foram e vêm sendo pesquisados em todo o mundo (Vergnoux *et al.*, 2009), destacando-se assim a compostagem e a vermicompostagem.

A compostagem é geralmente aplicada a resíduos não fluidos, ou seja, resíduos sólidos provenientes de diversas fontes, como resíduos urbanos, agroindustriais e agropecuários (Amine-Khodja *et al.*, 2006). No entanto, os resíduos líquidos também podem ser passíveis de compostagem, sendo que para isso é necessário alterar as suas características físicas através de agentes estruturantes, como cama de aviário, casca de arroz, serragem e maravalha. Vergnoux *et al.* (2009) afirmam que esta tecnologia é utilizada para as mais diversas fontes orgânicas, sendo que para todos os resíduos, o método de compostagem apresenta características e processos similares. Valente *et al.* (2009) acrescentam que por ser um processo puramente microbiológico, a sua eficiência depende da ação e da interação de micro-organismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como a umidade, a aeração, o tipo de compostos orgânicos existentes, a relação carbono/nitrogênio (C/N), a granulometria do material e as dimensões das leiras. Desta forma, a eficiência da compostagem é dependente da atividade microbiana, que além de produzir as transformações físicas e químicas no material compostado, também provoca a elevação da temperatura no interior da leira (Li *et al.*, 2008), sendo considerada um indicativo da eficiência do processo.

A vermicompostagem envolve a desfragmentação e a digestão parcial de resíduos orgânicos pelas minhocas associada à microflora intestinal, que secretam enzimas hidrolíticas exógenas (Suthar, 2010). Hait & Tare (2011) ressaltam que esta biotecnologia é uma alternativa à compostagem tradicional. Diversos estudos foram realizados para o emprego da vermicompostagem como tecnologia de reciclagem de resíduos orgânicos em diferentes setores produtivos, como têxteis (Rosa *et al.*, 2007), destilaria (Suthar & Singh, 2008), papel (Garg *et al.*, 2006; Gupta & Garg, 2009), indústrias alimentícias (Schuldt *et al.*, 2005), bem como lodos de estações de tratamento de efluentes (Suthar, 2009). Eastman *et al.* (2001) salientam que a vermicompostagem não é somente um processo mais rápido, menos dispendioso financeiramente, mais econômico energeticamente, mas também realiza mais eficientemente a reciclagem de nutrientes orgânicos e apresenta emissão zero de gases. Ndegwa & Thompson (2001) acrescentam que, diferentemente da compostagem tradicional, a vermicompostagem proporciona um adubo orgânico homogêneo com melhor qualidade em termos de aspecto desejável, com reduzido níveis de contaminantes e com mais nutrientes solúveis e disponíveis para as plantas.

Objetivou-se avaliar o método de compostagem em pilhas e de vermicompostagem no tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos líquidos de bovinos leiteiros.

MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi realizado entre novembro e dezembro de 2007, no Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Professor Renato Rodrigues Peixoto (LEEZO) do Departamento de Zootecnia (DZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de

Pelotas (UFPEL), localizado no município de Capão do Leão/RS. O município está a 31° 52' 00" S e 52° 21' 24" O, a uma altitude de 13.4 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, com precipitação pluviométrica anual média de 1280 mm e umidade relativa do ar média de 78.8 % (Moreno, 1961 *apud* Souza et al., 2009).

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, com dois tratamentos, que foram constituídos pelas biotecnologias compostagem em pilhas (T1) e vermicompostagem (T2), com cinco e quatro repetições, respectivamente. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao procedimento LSMEANS do programa "Statistical Analysis System" versão 9.1 (SAS Institute Inc. 2002-2003) e regressão polinomial, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

A cama de maravalha da criação de dois lotes de frangos de corte e dejetos de bovinos leiteiros da raça Jersey foram os substratos iniciais, sendo que o procedimento adotado para misturá-los foi baseado em seus volumes. A cama de aviário, após a saída dos lotes, foi pulverizada com sulfato de cálcio (CaSO₄) para a sua desinfecção.

Para a perfeita homogeneização dos substratos foram utilizadas três caixas de plástico reforçado com fibra de vidro, com capacidade de 1000 L cada uma, nas dimensões de 1.13 m de base, 0.93 m de altura e 1.32 m de diâmetro, e um recipiente graduado com capacidade de 12 L. Na primeira caixa, colocou-se a cama aviária anotando-se o número de recipientes necessários para atingir a altura de 0.70 m. A quantidade de recipientes foi multiplicada pela sua capacidade de volume, obtendo-se assim o volume total de cama aviária no interior da caixa, que foi de 864 L. Deste volume, retirou-se 240 L de cama aviária para cada uma das outras duas caixas, formando assim as primeiras camadas. O excedente de cama aviária na primeira caixa, ou seja, 144 L foi desprezado, obtendo-se assim igual volume de substrato (240 L) para a primeira camada. O volume de dejetos

líquido adicionado por caixa foi calculado por regra de três simples, tomando-se como base a taxa de aplicação de 2 L de dejetos líquidos para cada 3 L de cama de aviário (Valente et al., 2011), obtendo-se o volume total de 576 L de dejetos a ser aplicado por caixa. Foi utilizada a taxa de incorporação de 40, 30, 20 e 10%, conforme metodologia descrita por Dai Prá (2006), em intervalos de 10 dias entre as aplicações. Na primeira aplicação, o volume de 230,4 L de dejetos líquidos de bovinos foi absorvido por camada de cama aviária. Nas demais impregnações, 30 (172.8 L), 20 (115.2 L) e 10 % (57.6 L), foram realizadas escarificações no material celulósico à medida que os dejetos líquidos de bovinos foram sendo adicionados. Os dejetos líquidos de bovinos apresentaram um teor de matéria seca (MS) de 1.5, 2, 4 e 1.5 %, respectivamente. Posteriormente, aos 40 dias de impregnação, parte da mistura dos substratos foi transferida para o pátio de compostagem para a montagem da pilha e, a fração restante, para o processo de vermicompostagem.

No processo de compostagem, a formação da pilha, nas dimensões de 3 m de comprimento, 1.60 m de largura e 1 m de altura, foi realizada em um galpão com piso impermeabilizado, fechado nas laterais com uma tela. Foram realizados dois revolvimentos e adição de dejetos à massa em compostagem, a cada 15 dias, com uma taxa de incorporação de 15%, que foi multiplicada pelo volume total de dejetos, correspondendo a 86.5 L. Nas aplicações, os dejetos líquidos de bovinos leiteiros apresentaram na sua composição química, respectivamente, 1 e 6 % de matéria seca.

Na vermicompostagem, as unidades experimentais constaram de caixas de madeira não aromáticas, nas dimensões de 0.50 m de comprimento, 0.40 m de largura e 0.30 m de altura, que foram alocadas em um galpão fechado, o qual proporcionou um ambiente protegido. Foram inoculadas em cada unidade experimental, 200 minhocas adultas e cliteladas da espécie *Eisenia fetida* (Savigny 1826). O teor de umidade foi verificado a cada 15 dias, através do "teste

da mão" conforme método de Cooper *et al.* (2010), em que o teor ótimo de dejetos foi determinado pela formação de uma massa firme, quando a biomassa foi comprimida pelas mãos. Utilizou-se palha de gramínea seca como cobertura dos substratos a fim de evitar a perda de umidade.

As avaliações da temperatura da biomassa foram realizadas em dois períodos do dia, em cinco pontos da pilha, demarcados com estacas, utilizando-se um termômetro digital (± 0.5 °C COTERM 180) com haste de 17 cm. A temperatura no interior da estrutura foi mensurada com o auxílio de um termômetro digital (0.1° C INCOTERM). A temperatura média diária ambiente foi obtida na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada 31° 52' 00" S e 52° 21' 24" O, a uma altitude de 13.24 m.

Durante o período experimental, a análise do teor de MS dos dejetos de bovinos leiteiros foi realizada antes de cada impregnação. Também foram realizadas análises da composição físico-química da mistura dos substratos iniciais (Tabela 1) e aos 45 dias do estudo. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do DZ da FAEM da UFPEL para a determinação da MS, do pH e do nitrogênio total (N), segundo a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2004) e também para verificação do teor de matéria orgânica total (MO), cinzas (CZ), carbono orgânico total (C) e relação C/N, conforme metodologia descrita por Kiehl (1985). No Laboratório de Química do Solo do Departamento de Solos da FAEM da UFPEL foi analisado o teor de fósforo total (P), do potássio (K), do cálcio total (Ca) e do magnésio total (Mg) conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Composição físico-química										
MS	CZ	N	MO	C	pH	C/N	P	K	Ca	Mg
----- (%) -----						----- g kg ⁻¹ -----				
25.02	23.94	1.27	76.05	42.25	8.51	33.28	8.43	10.08	42.62	6.32
± 1.16	± 1.32	± 0.04	± 1.32	± 0.73	± 0.17	± 0.56	± 0.37	± 1.69	± 1.56	± 0.15

S: matéria seca; CZ: cinzas; N: nitrogênio total; MO: matéria orgânica total; C: carbono orgânico total; C/N: relação carbono/nitrogênio; P: fósforo total; K: potássio; Ca: cálcio total e Mg: magnésio total. Valores médios de três replicatas.

Tabela 1. Composição físico-química da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros.

Table 1. Physical and chemical composition of a mixture of poultry bed and residues of dairy cattle

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, pode ser observado que não houve tendência específica para o comportamento da temperatura da massa no tratamento compostagem em pilha (T1), o que não permitiu ajuste de equações. Entretanto, pode ser verificado que já na primeira semana, a temperatura

da massa em compostagem aumentou rapidamente, indicando que o manejo adotado na montagem da pilha forneceu condições favoráveis de umidade, de aeração, de relação C/N, de granulometria e de dimensões, para o desenvolvimento dos micro-organismos, concordando com diversos pesquisadores, que consideram a temperatura como o mais importante indicador de eficiência do processo de

compostagem (Pereira Neto, 1988; Li et al., 2008; Valente et al., 2009). Tang et al. (2004) afirmam que como o metabolismo dos micro-organismos é exotérmico, parte

do calor gerado durante a oxidação da MO, acumula-se no interior da leira, elevando a temperatura de 25°C para 40-45°C, em um período de 2 a 3 dias.

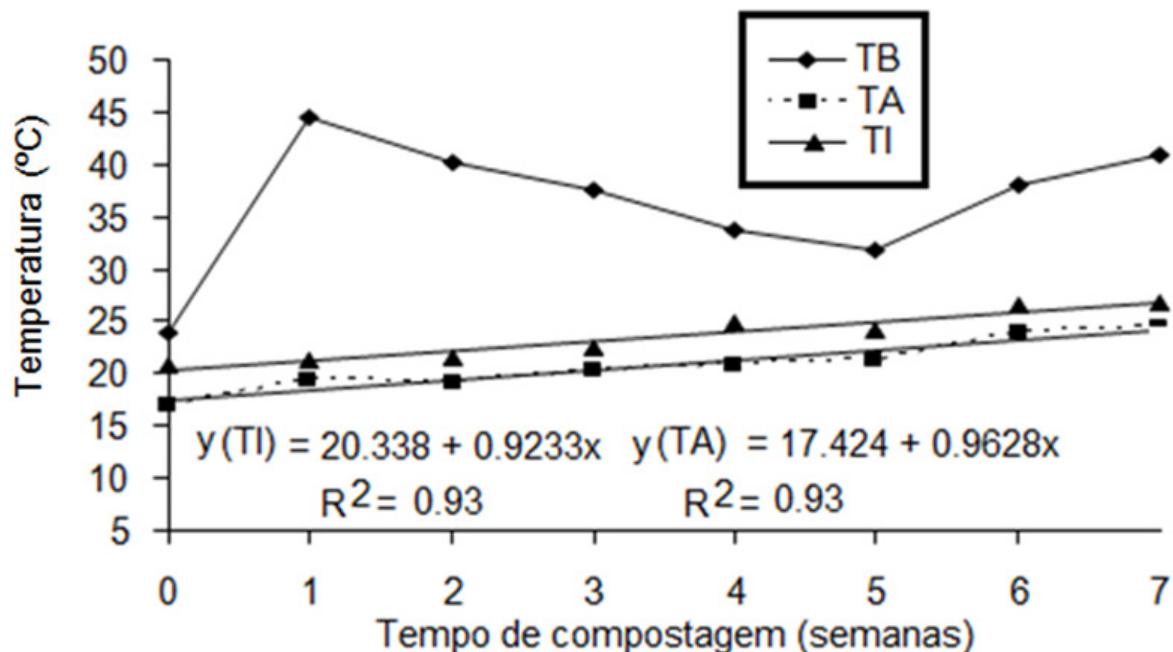


Figura 1. Médias semanais da temperatura da massa em compostagem, do ambiente e do ar no interior do galpão durante a compostagem em pilha. TB: temperatura da massa em compostagem; TA: temperatura do ambiente; TI: temperatura do ar no interior do galpão.

Figure 1. Weekly means temperature of composting mass, environment and air inside the barn during composting in piles. TB: composting mass temperature; TA: environmental temperature; TI: air temperature inside the barn.

Contudo, foi verificado que a partir deste período, a temperatura da massa em compostagem diminuiu, possivelmente devido ao resfriamento proporcionado pela adição de dejetos na cama de aviário, que foi realizado na segunda e quinta semanas de compostagem, o que pode ter acarretado a diminuição da atividade microbiana, levando a uma mineralização relativamente lenta da MO (75.37 ± 1.08 %) e do C orgânico total (41.88 ± 0.60 %), quando comparado a mistura das matérias primas iniciais, que foram de 76.05 ± 1.32 % e 42.25 ± 0.73 %, respectivamente. Sendo assim, pode ser constatado que o teor de cinzas do T2 (33.71 ± 0.78 %) foi significativamente superior ao T1 (24.63 ± 1.08 %), o que demonstrou uma mineralização mais rápida

da MO pelo processo de vermicompostagem, possivelmente em decorrência da ausência de adição de dejetos líquidos de bovinos na massa em compostagem no decorrer do processo. Outro aspecto importante é que as minhocas promovem a fragmentação da MO, diminuindo a granulometria das partículas de maravalha da cama de aviário e aumentando assim a sua superfície específica, o que contribui para o aumento da atividade microbiana (Seeber et al., 2008) e da densidade do material (Tuomela et al., 2000). Já no processo de compostagem, o aumento da superfície específica proporcionou um aumento da capacidade de retenção de água, que associada ao baixo teor de MS (33.73 ± 1.07 %) da biomassa pode ter contribuído para a diminuição do

metabolismo microbiano. Conjuntamente, a adição de dejetos líquidos de bovinos a cada 15 dias favoreceu o excesso de umidade (66.27 %), reduzindo a penetração de oxigênio na pilha porque a MO decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando os seus micro e macroporos.

Por outro lado, verificou-se que durante a sétima semana, as médias de temperatura ambiente e do ar no interior da estrutura foram de 24.4 °C e 26.8 °C, respectivamente, sendo superiores às da primeira semana (16.9 °C e 20.9 °C). De outra forma, a temperatura da massa em compostagem nos respectivos períodos foi de 41 °C e 44.6 °C. Estas verificações indicam que, aparentemente, a temperatura ambiente e do ar no interior da estrutura não influenciou a temperatura da massa em compostagem, podendo ser observado que o comportamento linear, em ambas, não acompanhou o comportamento da temperatura da biomassa. Estes achados concordam com Valente *et al.* (2011) que estudaram a eficiência do sistema de compostagem de dejetos no município de Capão do Leão/RS. Joshua *et al.* (1998) ressaltam que a parte externa dos substratos em compostagem funciona como uma massa protetora, que permite a retenção de calor

e, conseqüentemente, da umidade, que segundo Klammer & Baath (1998), depende das características térmicas dos materiais compostados.

Na Tabela 2, pode ser verificado que houve diferença significativa para o pH entre os processos de compostagem e vermicompostagem. A manutenção do pH alcalino (pH= 9.02 ± 0.67) durante a vermicompostagem pode ter ocorrido devido a atividade das glândulas calcíferas, que absorveram o excesso de Ca proveniente do CaSO₄ da cama de aviário. Além disso, essas glândulas possuem a enzima anidrase carbônica, que catalisa a fixação do CO₂ em CaCO₃, prevenindo assim naturalmente a queda do pH (Padmavathiamma *et al.*, 2008). Ainda, o aumento da concentração de N (1.55 ± 1.23 %), devido a produção de hidroxilas durante a hidrólise da amônia em amônio, pode ter contribuído para o aumento do pH, concordando com Victoria *et al.* (1992). Domínguez *et al.* (2009) salientam que a amônia é o principal produto de excreção das minhocas, juntamente com a uréia. Adicionalmente, a maior concentração de P total no vermicomposto pode ter sido proporcionada pelo aumento do pH e também pela presença de CaSO₄ na cama de aviário, concordando com Kiehl (1985).

Tratamentos	MS	CZ	N	MO	C	pH	C/N	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----										
T1	33.73	24.63	1.43	75.37	41.88	7.89	29.29	5.58	16.93	34.31	8.35
	±1.07	±1.08 ^B	±0.09	±1.08 ^A	±0.60 ^A	±0.31 ^B	±2.02 ^A	±0.84	±0.85	±1.07	±0.40
T2	32.31	33.71	1.55	66.29	36.83	9.02	23.81	7.81	14.37	41.09	8.84
	±0.06	±0.78 ^A	±1.23	±1.07 ^B	±1.04 ^B	±0.67 ^A	±0.09 ^B	±0.05	±0.07	±0.06	±1.04

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. T1: compostagem em pilhas; T2: vermicompostagem; MS: matéria seca; CZ: cinzas; N: nitrogênio total; MO: matéria orgânica total; C: carbono orgânico total; C/N: relação carbono/nitrogênio; P: fósforo total; K: potássio total; Ca: cálcio total e Mg: magnésio total.

Tabela 2. Composição físico-química da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros tratados através da compostagem em pilhas e vermicompostagem por um período de 45 dias.

Table 2. Physical and chemical composition of a mixed poultry bed and residues from dairy cattle treated with compost piles and vermicomposting for 45 days

Outro aspecto diz respeito á relação C/N das matérias primas iniciais, que foi de 33.28 ± 0.56 , estando dentro da faixa recomendada por Fong et al. (1999), Kiehl (2004) e Pereira Neto (1996), que é de 25/1 a 35/1. Pode ser verificado que a relação C/N (23.81 ± 0.09) aos 45 dias de vermicompostagem foi significativamente menor ao do composto (29.29 ± 2.02) originado do processo de compostagem em pilhas, o que indica que a ação conjunta das minhocas e dos micro-organismos na decomposição da MO fez com que diminuísse os teores de C ($36.8 \pm 1.0\%$) e aumentasse a concentração de N ($1.6 \pm 1.2\%$), sendo mais eficiente na decomposição desse tipo de resíduo orgânico do que a compostagem. Entretanto, pode ser constatado que a relação C/N da massa compostada do T1 e T2 não está dentro do recomendado pela Instrução Normativa nº25/2009, que é de 20/1 para composto e 14/1 para vermicomposto. Este fato pode ter ocorrido devido a qualidade do C a ser digerido presente na maravalha da cama de aviário, pois Zucconi & Bertoldi (1986) afirmam que quanto mais recalcitrante for o C, menor será a velocidade de decomposição. Nesse sentido, Canabarro et al. (2004) em estudo abordando a cinética de mineralização do C, contido em cama sobreposta de maravalha, que foi aplicada no solo, observaram que a mineralização do C foi mais lenta desde o início do processo de decomposição.

Desta forma, a incorporação tanto do composto (T1) como do vermicomposto (T2) ao solo poderiam causar problemas aos cultivos, devido a quantidade de N ser reduzida nos fertilizantes orgânicos produzidos. Haveria consumo de N do solo pelos micro-organismos heterotróficos, reduzindo assim a sua disponibilidade para as culturas, o que acarretaria uma deficiência temporária às plantas, conhecida por clorose (Kiehl, 2004).

Outro fato a ser considerado é que embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos com relação aos teores de K e Mg, as concentrações desses minerais foram consideradas altas tanto para o K presente no composto ($16.93 \pm$

0.85 g kg^{-1}) como no vermicomposto ($14.37 \pm 0.07 \text{ g kg}^{-1}$), que conforme Kiehl (1985) deve estar entre 0.5 % e 1.5 %. O excesso de K dificulta a absorção de Mg e de Ca, causando prejuízo ao cultivo (Malavolta et al., 2002). Diferentemente, os teores de Mg ($8.35 \pm 0.40 \text{ g kg}^{-1}$ e $8.84 \pm 1.04 \text{ g kg}^{-1}$) foram considerados baixos nos respectivos adubos orgânicos, devendo estar entre 1.0 % a 2.0 % (Kiehl, 1985), pois a deficiência de Mg afeta diretamente o processo de fotossíntese das plantas (Jorge, 1983).

CONCLUSÕES

Os processos de compostagem em pilhas e vermicompostagem são tecnicamente viáveis para o tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos líquidos de bovinos leiteiros.

O pH alcalino da mistura de cama de aviário e dejetos líquidos de bovinos leiteiros não prejudicou o desempenho das minhocas da espécie *Eisenia fetida*, que permaneceram na biomassa até o final do processo. Além disso, a presença de casulos e minhocas filhotes demonstram a aceitação dos substratos pelas minhocas dessa espécie.

A relação C/N do composto e do vermicomposto da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros não atendeu a recomendação da Instrução Normativa nº 25/2009 para ser considerado estabilizado ou bioestabilizado.

O tratamento da mistura de cama de aviário e dejetos de bovinos leiteiros através da compostagem e vermicompostagem deve ser realizado em um tempo superior a 45 dias para que possa ser utilizado como fertilizante orgânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amine-Khodja A, Trubetskaya O, Trubeteskoj O, Cavani L, Ciavatta C & Guyot G. 2006. Humic-like substances extracted from composts can promote the photodegradation of irgarol 1051 in solar light. *Chemosphere*, 62: 1021- 1027
- Assenheimer A. 2007. *Tratamento de dejetos bovinos em sistema intensivo de produção de leite com aeração mecânica*. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR: 95 p
- Brasil. 2009. *Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº25, de 23 de julho de 2009 Disponível em www.agricultura.gov.br. Acessado em 4 de fev. 2011
- Bünemann EK, Bossio DAA, Smithson PC, Frossard E & Oberson A. 2004. Microbial community composition and substrate use in a highly weathered soil as affected by crop rotation and P fertilization. *Soil Biology Biochemistry*, 36: 889-901
- Canabarro DVN, Aita C, Giacomini SJ & Amaral EBDO. 2004. Dinâmica do nitrogênio e do carbono durante a decomposição de dejetos de suínos manejados na forma líquida e em cama sobreposta. *FERTIBIO 2004*, 19-23 de julho, Lages, SC, CD-ROM: 4 p
- Cooper M, Zanon AR, Reia MY & Morato RW. 2010. *Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático*. Piracicaba: ESALQ: 35 p
- Dai Prá MA. 2006. *Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos*. Dissertação. Mestrado em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil: 127 p
- Díaz-Zorita M & Barraco M. 2002. Cómo es el balance de P en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana? *Informaciones Agronómicas del Cone Sur*, 13: 8-10
- Domínguez J, Aira M & Gómez-Brandón M. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas*, 18 (1-2): 20-31
- Eastman BR, Kane PN, Edwards CA, Trytek L, Gunadi B, Stermer AL & Mobley JR. 2001. The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost Science Utilization*, 9(1): 38-49
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2006. *Agropráticas ecológicas: adubação orgânica*. Embrapa Clima Temperado, Pelotas: 20 p
- Figueroa EA. 2008. *Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em culturas de grãos*. Dissertação. Mestre em Agronomia,

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil: 129 p

- Fiori MGS, Schoenhals M & Follador FAC. 2008. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. *Engenharia Ambiental*, 5 (3): 178-191
- Fong M, Wong JWC & Wong MH. 1999. Review on evaluation of compost maturity and stability of solid waste. *Shanghai Environmental Science*, 18 (2): 91-93
- Fukayama EH. 2008. *Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeito na produção de biogás e biofertilizante*. Tese Doutorado em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do campus Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo, Brasil: 99 p
- Garcia-Vaquero E. 1981. *Projeto e construção de alojamento para animais*. 2.ed. Litexa Portugal, Lisboa: 237 p
- Garg P, Gupta A & Satya S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97: 391-395
- Gupta GJ, Borowiec J & Oko H. 1997. Toxicity identification is poultry litter aqueous leachate. *Poultry Science*, 76: 1364-1367
- Gupta R & Garg VK. 2009. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia foetida*. *Journal of Hazardous Materials*, 162: 430-439
- Hait S & Tare V. 2011. Vermistabilization of primary sewage sludge. *Bioresource Technology*, 102: 2812-2820
- Jorge JA. 1983. *Solo: manejo e adubação. Compêndio de edafologia*. Nobel, São Paulo: 309 p
- Joshua RS, Macauley J & Mitchell HJ. 1998. Characterization of temperature and oxygen profiles in windrow processing systems. *Compost Science and Utilization*, 6: 15-28
- Kiehl EJ. 1985. *Fertilizantes orgânicos*. Editora Agronômica Ceres Ltda, Piracicaba: 492 p
- Kiehl EJ. 2004. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 4a ed. EJ Kiehl, Piracicaba: 173 p
- Klamer M & Baath E. 1998. Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. *Microbiology Ecology*, 27(1): 9-20
- Kunz A, Miele M & Steinmutz RLR. 2009. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. *Bioresource Technology*, 100: 5485-5489
- Li X, Zhang R & Pang Y. 2008. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. *Bioresource Technology*, 99: 359-367

- Lucas Júnior JDE & Santos TMBdos. 2003. Impacto ambiental causado pela produção de frangos de corte. En: *Conferência APINCO de Ciência e Tecnologias Avícolas*, Anais Conferência APINCO de Ciência e Tecnologias Avícolas, p: 107-121
- Malavolta E, Pimentel-Gomes F & Alcarde JC. 2002. *Aubos & Aduações*. Nobel, São Paulo: 199 p
- Miragliotta MY, Nääs I de A, Baracho M dos S & Aradas ME. 2002. Qualidade do ar de dois sistemas produtivos de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas – estudo de caso. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 22(1): 1-10
- Ndegwa PM & Thompson SA. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology*, 76(2): 107-112
- Oliveira PAV & Silva AP. 2004. Edificações para a produção de suínos enfocando os aspectos ambientais. P 18-29 En: Oliveira PAV (ed) *Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos*. PNMA II, Gestão integrada de ativos ambientais, Santa Catarina, Brasil
- Padmavathiamma PK, Li LY & Kumari UR. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agricultural soil improvement. *Bioresource Technology*, 99: 1672-1681
- Paiva D de. 2005. Implicações da reutilização da cama de aviário: no ambiente. P 47-52 En: *IV Seminário Internacional de Aves e Suínos – AVESUI 2005*. Avicultura: Enfoque à produção. Florianópolis, Brasil
- Pereira Neto JT. 1988. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. *Engenharia Sanitária*, 27: 148-152
- Pereira Neto JT. 1996. *Manual de compostagem*. UNICEF, Belo Horizonte: 56 p
- Rosa EV, Giuradelli TM, Corrêa AXR, Rörig LR, Schwingel PR, Resgalla C & Radetski CM. 2007. Ecotoxicological evaluation of the short term effects of fresh and stabilized textil sludges before application in forest soil restoration. *Environmental Pollution*, 146: 463-469
- Ruppert EE, Fox RS & Barnes RD. 2005. *Zoologia de Invertebrados*. 7ªed. Roca, São Paulo: 400 p
- SAS Institute Inc. 2002-2003. *Statistical analysis system. Release 9.1 (Software)*. Cary, USA
- Schuldt M, Rumi A, Gutiérrez Gregoric DE, Caloni N, Bodnar J & Revora N. 2005. Culture of *Eisenia fétida* (Annelida, Lumbricidae) on puffed Rice scrap in outdoors and laboratory conditions. *Ecologia austral*, 15: 217-227
- Seeber J, Seeber Guh, Langel R, Scheu S & Meyer E. 2008. The effect of macroinvertebrates and plant litter of different quality on the

replace of N from litter to plant on alpine pastureland. *Biology Fertility Soils*, 44: 783-790

- Silva DJ & Queiroz AC de. 2004. *Análise de Alimentos – Métodos Químicos e Biológicos*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: 235 p
- Souza EA, Andrea MV, Santos CS, Paranhos Da Costa MJR, Bittencourt TCBSC & Marcondes CR 2009. Relações materno-filiais e sua influência no peso pré-desmama de animais Nelore da Bahia. *Archivos de Zootecnia*, 58: 729-732
- Suthar S & Singh S. 2008. Feasibility of vermicomposting in biostabilization of sludge from a distillery industry. *Science of the Total Environment*, 394: 237-243
- Suthar S. 2009. Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Journal of Hazardous Materials*, 163: 199-206
- Suthar S. 2010. Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale vermireactors. *Ecological Engineering*, 36: 703-712
- Tang JC, Kanamori T & Inque Y. 2004. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. *Process Biochemistry*, 39: 1999-2006
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H & Wolkweiss SJ. 1995. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre: 174 p
- Tuomela M, Vikman M & Hatakka A. 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*, 72: 169-183
- Valente BS, Xavier EG, Morselli TBGA, Jahnke DS, Brum Jr BDES, Cabrera BR, Moraes PDEO & Lopes DCN. 2009. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, 58: 59-85
- Valente BS, Xavier EG, Moraes PDEO, Manzke NE & Roll VFB. 2011. Eficiência do SISCODE e da aeração passiva no tratamento de resíduos da produção animal no município de Capão do Leão/RS. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16(3): 231-236
- Vergnoux A, Guiliano M, Ledréan Y, Kister J, Dupuy N & Doumenq P. 2009. Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 409: 2390-2403
- Victoria RL, Piccolo MC & Vargas AT. 1992. O ciclo do nitrogênio. P 105-119 En: Cardoso EJBN, Tsai SM & Neves MCP. *Microbiologia do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas
- Zucconi F & Bertoldi M. 1986. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses. P 109- 201 En: Wise D L(ed) *Global bioconversions*. CRC Press, Boca Ratón, EEUU