

III-068 – ESTABILIDADE DE DEJETOS BOVINOS E RESÍDUOS VERDES POR COMPOSTAGEM

Mônica De Abreu Azevedo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Daiane Cristina Diniz Caldeira

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM). Mestranda em Engenharia Civil área de concentração Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa - MG.

Iany Cunha Albergaria

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Mestranda em Engenharia Civil área de concentração Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa - MG.

José Roberto Rosado

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Mestrando em Engenharia Civil área de concentração Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa - MG.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campus Universitário - Viçosa - MG - CEP: 36570-000 - Brasil - Tel.: +55 (31) 3899 1738; 3899 2747 - FAX: +55 (31) 3899 1482 - e-mail: monica.azevedo@ufv.br

RESUMO

Os resíduos da bovinocultura podem ser aproveitados para a aplicação em solo, desde que suas características sejam adequadas para este fim. Por meio do processo da compostagem é possível inativar organismos patogênicos inicialmente presentes nos resíduos e estabilizar o material, de tal maneira que se consiga obter uma relação de nutrientes satisfatória para a utilização do composto como adubo. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de compostagem como uma alternativa no tratamento e reciclagem de esterco bovino juntamente com resíduos verdes, com base na avaliação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV) - MG, Brasil, e durou cerca de 70 dias. Os dejetos utilizados foram provenientes da própria universidade, onde foram misturados com capim na proporção de 30% e 70%, respectivamente. A eficiência do processo foi analisada de acordo com a redução de volume, temperatura, pH, sólidos, umidade e patógenos. Ao final da compostagem, a fase de maturação foi determinada por meio da realização de testes de germinação para garantir a qualidade do composto orgânico obtido. A temperatura da leira variou entre 50 - 65 °C, parâmetro que foi controlado pela aeração realizada por meio do reviramento periódico da leira a cada três dias e pela manutenção da umidade adequada. O pH manteve-se como básico durante todo o processo e os organismos patogênicos foram inativados devido ao calor gerado em reações exotérmicas. Concluiu-se que o método da compostagem aplicado foi eficaz para tratar os resíduos orgânicos pesquisados.

PALAVRAS-CHAVE: Dejetos bovinos, resíduos agroindustriais, compostagem, estabilização da matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

O Brasil produz anualmente cerca de 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (Abrelpe, 2015), os resíduos orgânicos como esterco de animais, resíduos de capina e jardinagem (resíduo verde), representam 60% destes resíduos (Oliveira, 2005). De acordo com o último Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, do ano de 2006, a criação de gado bovino foi de 11,57% do efetivo de animais criados no Brasil (IBGE, 2018). Estima-se que o gado bovino produza cerca de 3,5 kg de dejetos (urina + fezes) por dia (Pedreira, 2006). O manejo inadequado desses resíduos pode ocasionar grandes impactos negativos ao meio ambiente. O resíduo verde, quando descartado de forma indevida em aterros e lixões, além de se misturar a resíduos contaminados e gerar poluição ao meio ambiente, representa também uma perda de um grande potencial para produção de compostos orgânicos (adubo) que podem ser utilizados na produção de alimentos.

O composto orgânico é obtido por meio do processo de compostagem. Este processo se dá pela estabilização da matéria orgânica em três fases distintas: fase mesofílica, início do processo com temperatura ambiente no composto; fase termofílica, quando o composto atinge temperaturas acima de 45°C; e fase de maturação, quando a temperatura começa a abaixar e se estabilizar próxima à temperatura ambiente. Nesta última etapa, ocorre a humidificação do composto, até a sua completa maturação, obtendo-se um produto final estável e rico em compostos húmicos, cuja utilização no solo não oferece riscos ao meio ambiente, sendo de uso irrestrito na agricultura, como condicionador e fertilizante do solo (Orrico Junior et al., 2012). Utilizando o processo de compostagem é possível reduzir significativamente os problemas gerados no manejo dos resíduos da bovinocultura e resíduos verdes (Carr et al., 1995). O conhecimento das mudanças que ocorrem no material e os fatores limitantes do processo de compostagem são essenciais para se obter um composto de qualidade (Wang et al., 2004). Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de compostagem como uma alternativa ao tratamento e reutilização dos dejetos bovinos juntamente com resíduo verde, com base na avaliação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no período de abril a junho de 2017, em área externa do Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental (LESA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais. A leira foi montada na proporção volume por volume, de 30% de esterco bovino e 70% de resíduo verde, representando em peso 277,2 kg e 75,6 kg, respectivamente, e volume total de 1,98 m³. Essa configuração teve por objetivo otimizar a relação Carbono/Nitrogênio, visto que o esterco bovino é rico em nitrogênio e o resíduo verde é rico em carbono.

Ao longo da fase termofílica foram realizados reviramentos duas vezes por semana com intuito de: manter a umidade da leira em torno de 60%, controlar a temperatura e distribuir o calor e umidade por todo o material durante a realização do experimento. Na fase de maturação não se realizou os reviramentos. O experimento teve uma duração total de 70 dias.

Para avaliação da eficiência do processo foram realizadas, quinzenalmente, análises para determinação de: coliformes totais e *Escherichia coli* através do método Colilert (Conceição, 2012); umidade, em triplicata obtendo-se o valor médio (Azevedo, 1993, Conceição, 2012); sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF) em triplicata obtendo-se o valor médio (Alpha 1995); carbono orgânico total (COT) foi estimado dividindo-se o valor de SV por 1,8, conforme Azevedo (1993); pH, durante a fase ativa, foi avaliado nos dias de reviramento (duas vezes por semana), e na fase de maturação foi avaliado quinzenalmente (Azevedo, 1993); e temperatura que foi avaliada diariamente através de sondas dispostas em três alturas diferentes da leira: base, centro e topo, de modo a garantir uma melhor representatividade de toda a massa de resíduos, além da temperatura ambiente, utilizando-se um termômetro digital, modelo TD-870.

Para avaliar a qualidade do composto, foi realizado o teste de germinação, utilizando como organismo indicador a alface (*Lactuca sativa*). O composto foi amostrado no 63º dia de experimento, com três repetições e um controle (branco). Foram colocadas 13 sementes em cada placa de petri, com algodão suficiente para cobrir o fundo. Para umedecimento inicial do algodão, no controle foi utilizado 5mL de água destilada. Para os testes com o composto, foi utilizado 5mL do sobrenadante de uma solução composta por 10g de composto diluído em 100mL de água destilada, agitada por 5 minutos, decantada por 15 minutos e filtrada em algodão. As placas foram deixadas à temperatura ambiente, adicionando-se diariamente 2mL de água destilada no controle e no composto. A contagem das sementes germinadas se deu de maneira visual no terceiro e no nono dia, utilizando-se o valor médio para determinar a porcentagem da germinação em comparação ao controle. A interpretação dos resultados foi avaliada seguindo o padrão do CCQC (*California Compost Quality Council*, 2001), no qual define que os valores de porcentagem da germinação menores que 80% não estão maturados, os que se situam entre 80 e 90% estão maturados, e os valores maiores que 90% estão muito maturados. A adoção do CCQC (2001) para a comparação dos presentes dados deve-se pela IN nº 25 não mencionar índices de germinação entre seus parâmetros legais de avaliação de qualidade do composto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final dos 70 dias de experimento tanto o volume quanto às dimensões e aspectos da leira de compostagem variaram. Isto ocorreu devido à estabilização da matéria orgânica durante o processo de compostagem. O volume e o peso reduziram em 77 e 33%, respectivamente, em relação ao início do experimento. Por sua vez, a cor variou de tonalidade clara para escura ao final do processo. As variações de temperatura, umidade, pH, sólidos fixos e voláteis e carbono orgânico total ao longo do experimento estão representadas na Figura 1.

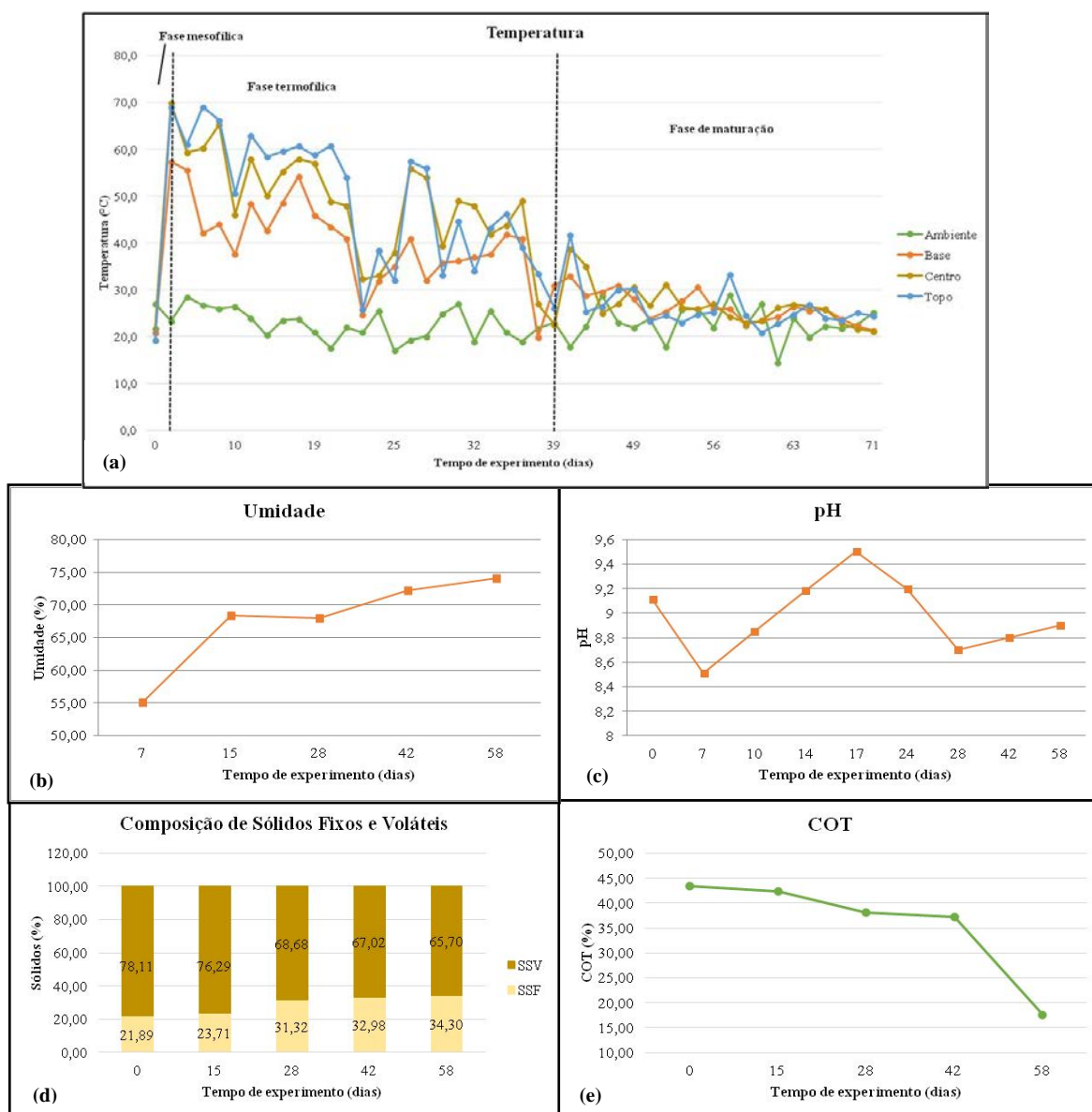


Figura 1. Variações de: (a) Temperatura, (b) Umidade, (c) pH, (d) sólidos fixos e voláteis e (e) COT ao longo do experimento.

Temperatura

Com base na Figura 1a, observa-se inicialmente uma mudança rápida do estado mesofílico para o termofílico, com a temperatura da leira nos três pontos de monitoramento atingindo valores acima de 45°C após dois dias de montagem do experimento.

A fase termofílica permaneceu durante 37 dias, tempo considerado satisfatório para que possibilite a sanitização dos materiais, que é importante para a segura utilização dos mesmos como fertilizantes orgânicos (An et al., 2012). Liang et al. (2003) relata que a presença de calor no decorrer da compostagem está diretamente ligada ao adequado funcionamento do processo, em decorrência da dinâmica da população microbiana e também das reações exotérmicas dos microrganismos decompositores. Orrico Junior et al. (2012) realizaram a compostagem de dejetos da bovinocultura de corte e analisaram a influência do período, genótipo e da dieta dos animais, concluindo que, independente do tratamento testado, a temperatura acima de 55 °C foi importante para a eliminação de microrganismos patogênicos. Contudo, Bittencourt (2015) afirma que temperaturas acima de 70°C são inadequadas, pois restringem o número de microrganismos existentes no processo, além de ocasionar perda de nitrogênio por volatilização de amônia.

Após a fase termofílica desenvolveram-se temperaturas mesofílicas, período ao qual a compostagem chegou ao final do processo, considerado como estado de maturação, que durou 32 dias.

Umidade

A Figura 1b representa a variação da umidade ao longo do processo de compostagem. Os valores de umidade mantiveram-se acima de 55% chegando próximo a 75%, ultrapassando assim o recomendável pela Embrapa que é de até 60%. Os altos valores de umidade refletiram as condições climáticas, devido ao elevado índice pluviométrico no período do experimento. O aumento da atividade biológica aumenta os valores de temperatura e consequentemente diminui os teores de água, fazendo com que haja a necessidade de se realizar correções no teor de umidade durante os reviramentos. O decréscimo nos teores de água também interfere na atividade microbiológica, podendo aumentar o tempo para a compostagem.

Segundo Ecochem (2010), com o excesso de umidade a entrada de oxigênio fica limitada porque a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando seus macro e microporos, afetando suas propriedades físicas e químicas. Por outro lado, é possível inferir que o material estruturante utilizado demonstrou características higroscópicas adequadas, absorvendo a umidade elevada existente nos resíduos, impedindo que partículas de água ocupassem espaços livres, permitindo que estes fossem ocupados por oxigênio (Bittencourt, 2015).

pH

O pH é uma variável que indica o grau de estabilização e maturação do material que foi compostado (Pereira Neto, 2004). A faixa ótima de pH abrange valores entre 6,0 e 8,0, os quais facilitam a ação microbiana e consequentemente aumentam a velocidade de degradação (Gardoni, 2013).

Na Figura 1c estão representados os valores de pH durante o processo de compostagem, cujo valor elevado no início do processo pode ter retardado a degradação dos resíduos. No decorrer do processo foram verificados altos valores de pH, que podem ser característicos devido ao tipo de material utilizado. Ao final da compostagem o valor de pH se enquadrou aos valores recomendados, entre 7,5 e 9,0 (Pereira Neto, 2004, Gardoni, 2013).

Sólidos Fixos e Voláteis

A análise de sólidos é realizada para estimar a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica durante a compostagem. A matéria mineralizada (inorgânica) é representada pelos sólidos fixos e a matéria orgânica é representada pelos sólidos voláteis. A Figura 1d é apresenta a variação no teor de sólidos voláteis e fixos durante o experimento.

Observa-se o comportamento esperado para o processo de degradação do composto, uma vez que a fração orgânica diminuiu e a fração inorgânica aumentou durante o processo de estabilização. Estes resultados corroboram com o encontrado por Gardoni (2013) e Bittencourt (2015), que observaram um aumento

constante na matéria mineral no decorrer de todo o processo de compostagem, evidenciando o desempenho do processo quanto à mineralização e consequente estabilização da matéria orgânica.

Segundo Gardoni (2013) o decréscimo dos valores deste parâmetro indica a relação direta que há entre SV e COT, indicando o teor de matéria orgânica presente na massa de compostagem, sendo que esta relação pode sofrer interferências na medida em que o material vai sendo degradado, pois este pode apresentar elementos recalcitrantes ou voláteis, camuflando o resultado final.

Carbono Orgânico Total (COT)

Segundo Bittencourt (2015), para a plena estabilização dos constituintes dos materiais da compostagem, e sua consequente mineralização e biodisponibilidade para plantas e solo, são necessários que os macros e micronutrientes estejam presentes em quantidades significativas, uma vez que estes são utilizados pelos microrganismos para exercer as suas atividades metabólicas.

Dentre os mais importantes nutrientes, destacam-se o carbono e o nitrogênio como elementos limitantes de todo o processo, sendo o carbono uma importante fonte energética para bactérias e fungos, e o nitrogênio um nutriente essencial para síntese proteica (Fourti, 2013).

A Figura 1e mostra que ocorreu uma diminuição da concentração de carbono orgânico total conforme ocorreu nos sólidos voláteis. De acordo com a IN nº 25 (Brasil, 2009), todo fertilizante orgânico composto de Classe A deve possuir no mínimo 15% de carbono orgânico total, sendo satisfatória a concentração observada no presente estudo.

Coliformes Totais e *Escherichia coli*

Durante a compostagem, os mecanismos de eliminação de patógenos estão associados principalmente à temperatura e o tempo de exposição a ela. Segundo Fernandes e Silva (1999 *apud* Conceição, 2012) a temperatura mantida em torno de 60°C é capaz de conciliar eficiência na remoção de patógenos e alto nível de atividade biológica de degradação.

Os microrganismos de interesse deste trabalho foram os coliformes totais e *Escherichia coli*. Esses microrganismos estão entre os mais utilizados como indicadores de qualidade, em termos sanitários, do composto final. A análise dos coliformes e de *Escherichia coli* realizada no início do experimento, indicou a presença de tanto de coliformes, quanto de *Escherichia coli* no resíduo. Já a última análise, realizada ao final do experimento, indicou que a *E. coli* estava ausente no composto final, mostrando que este patógeno foi inativado ao decorrer do experimento provavelmente devido à elevada temperatura da leira, enquanto que os coliformes totais mantiveram-se presentes. Os coliformes totais estão presentes no ambiente de maneira geral, o que pode facilitar a contaminação do composto por interferência externa, fator que pode explicar a não inativação destes organismos.

Germinação

Espera-se que ao final do processo, o composto gerado esteja completamente estável e não apresente riscos à aplicação no solo. Para um composto ser utilizado de forma segura no solo, é necessário que este possua alto teor de matéria orgânica estabilizada e ausência de substâncias fitotóxicas e microrganismos patogênicos (*E. coli*). Para isso, utilizam-se os conceitos de maturação associados aos efeitos potenciais no crescimento de plantas e à fitotoxicidade do composto (Iannotti et al., 1993).

A maturação de um composto é definida pelo CCQC (*California Compost Quality Council*, 2001) como as qualidades presentes em um composto totalmente curado, no qual a compostagem desenvolveu-se de forma integral. A *UK Composting Association* (2001) a definiu como a capacidade de determinado composto não possuir efeitos negativos na germinação de sementes e no crescimento de plantas.

As sementes que germinaram utilizando-se o composto se desenvolveram melhor, formando até ramos, enquanto no controle (branco) não foi visualizado esse mesmo progresso. O composto mostrou um melhor desempenho em relação ao controle (branco), além dos índices que estiveram acima do proposto pelo CCQC (2001) como composto muito maturado. A partir destas observações pode-se inferir que o composto não possui efeitos danosos ao solo às plantas, além de possuir um alto valor agrônomo.

CONCLUSÕES

A forma como o processo de compostagem foi conduzida no experimento, com reviramento na leira por duas vezes por semana na fase ativa, controle da temperatura e umidade dentro dos valores descritos, foi um fator muito importante para o bom desempenho do processo e para a qualidade final do composto orgânico obtido.

A utilização da compostagem mostrou-se uma metodologia simples, economicamente viável e adequada para o tratamento e reaproveitamento dos resíduos de bovinocultura e resíduos verdes, obtendo-se um resultado satisfatório, comprovado através da rápida estabilização do composto e boa germinação das sementes de alface (*Lactuca sativa*).

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e à UFV pelo apoio para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015) PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL.
2. An, C.; Huang, G.; Yao, Y.; Sun, W.; An, K. Performance of in-vessel composting of food waste in the presence of coal ash and uric acid. *Journal of Hazardous Materials*, v. 203-204, p. 38-45. 2012.
3. APHA - American Public Health Association (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. New York: APHA, WWA. WPCR, 19a. Ed.
4. Azevedo, M.A. (1993) Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 230p.
5. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 25, 23 de julho de 2009.
6. Bittencourt, G. A. Sistema de estabilização de dejetos e cama de bovinos de leite por compostagem. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas. 2015.
7. Carr, L., Grover, R., Smith, B., Richard, T., Halbach, T. (1995) Commercial and on-farm production and marketing of animal waste compost products. In: Steele, K. (Ed.), *Animal Waste and the Land-Water Interface*. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 485–492.
8. CCQC – California Compost Quality Council. Compost Maturity Index, Technical Report. 2001.
9. Conceição, P. S. Avaliação da tratabilidade da cama de frango por processos aeróbios de compostagem visando sua reutilização. 2012. 73 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 2012.
10. ECOCHEM (2010) Composting process, p. 32. Disponível em: <http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html>. Acesso em: 25 jun 2017.
11. Fourti, O. The maturity tests during the composting of municipal solid wastes. *Resources, Conservation and Recycling*, v.72, p. 43-49. 2013.
12. Gardoni, R. A. DE P. Estudo da Biodegradação de Carcaças de Frango em Biodigestor Aeróbio Descontínuo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2013.
13. Iannotti, D. A.; Pang, T.; Toth, B. L.; Elwell, D. L.; Keener, H. M.; Hoitink, H. A. J. A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Science Utilization*, v. 1, p. 52-65. 1993.

14. IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário (2006). Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_2006. Acesso em: 03 fev. 2018.
15. Liang, C.; DAS, K. C.; McClendon, R. W. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, v. 86, p. 131-137. 2013.
16. Oliveira, A. M. G., Aquino, A. M., Neto, M. T. C. (2005) Compostagem caseira de Lixo Orgânico Doméstico. Circular Técnica 76. Seropédica: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 1 - 6.
17. Orrico Júnior, M. A. P.; Orrico, A.C. A.; Lucas Junior, J.; Sampaio, A. A. M.; Fernandes, A. R. M.; Oliveira, E.A. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n.5, p.1301-1307. 2012.
18. Pedreira, S.M; Primavesi, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) *Nutrição de ruminantes*. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.497-511.
19. Pereira Neto, João Tinoco. Compostagem: Fundamentos e Métodos. 1º Simpósio Sobre Compostagem: Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista FCA - GEMFER, 18 a 19 de agosto de 2004.
20. The Composting Association. State of Composting in the UK 2001/02. 2001.
21. Wang, P.; Changa, C. M.; Watson, M. E.; Dick, W. A.; Chen, Y.; Hoitink, H. A. J. (2004) Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biol. Biochem.* 36, 767–776.