
AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO C/N E DA QUALIDADE DO COMPOSTO PRODUZIDO EM LEIRAS DE COMPOSTAGEM DE CARÇAÇA E DIFERENTES CAMAS DE CRIATÓRIO DE FRANGOS

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco¹, Ed Carlo Rosa Paiva², Antonio Teixeira de Matos³, Gheila Correa Ferres⁴, Ivan Célio Andrade Ribeiro⁵

RESUMO

Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio total e a qualidade do composto produzido em leiras de compostagem de carcaça e diferentes camas de criatório de frangos. O material orgânico foi compostado em leiras estáticas com aeração forçada positiva (LEA), apresentando os seguintes tratamentos: LEA 01 - leira contendo bagaço de cana-de-açúcar, cama de frango e carcaças de frango trituradas; e LEA 02 - leira com palha de café, cama de frango e carcaças de frango trituradas. De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que, durante todo o período de compostagem, os valores de CO₂ do material contido na LEA 02 apresentaram-se superiores aos obtidos na LEA 01; houve perdas expressivas de N tanto no material coletado na leira que continha bagaço de cana-de-açúcar (65%) como no material da leira que continha palha de café (68%). No entanto, durante o processo de compostagem, a perda de N foi maior no material que compunha a LEA 01 que no da LEA 02; todos os atributos analisados nas duas leiras atenderam aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, para comercialização do material composto orgânico.

Palavras-chave: leiras estáticas aeradas; resíduos de avicultura, fertilizantes orgânicos.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE C/N RATIO AND QUALITY OF COMPOST PRODUCED IN COMPOSTING PILES OF CARCASSES AND DIFFERENT BEDDINGS FROM BROILER PRODUCTION FACILITIES

The objective of this work to assess the concentrations of organic carbon and total nitrogen and quality of compost produced in composting piles of carcasses and different beddings from broiler production facilities. The organic material was composted in static piles with forced positive aeration (FPA) with the following treatments: FPA 01 - pile containing sugarcane bagasse, poultry litter and ground chicken carcasses and FPA02 - coffee husks, poultry litter and ground chicken. According to the results obtained, it may be concluded that during the entire composting period, the values of CO₂ of the material contained in the pile composed of ground chicken carcasses and coffee husks were greater than those obtained in the compost pile consisting of ground chicken carcass and sugarcane bagasse; there were significant losses of N in both the material collected in the compost pile containing sugarcane bagasse (65%) as well as in the material of the pile containing coffee husks (68%). However, during the composting process, the N loss was greater in the pile composed of sugarcane bagasse than in that with coffee husks; all variables analyzed met the standards established by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) of Brazil, for commercialization of the material as organic compost.

Keywords: aerated static piles, poultry waste, organic fertilizers.

Recebido para publicação em 01/08/2011. Aprovado em 20/06/2013.

1 - Engenheira Agrícola, Prof^ª do IFES, *campus* Santa Teresa-ES. E-mail: paolalm@ifes.edu.br.

2 - Engenheiro Civil, Prof. da UFG, *campus* Catalão-GO. E-mail: edcarlopaiva@yahoo.com.br.

3 - Engenheiro Agrícola, Prof. Associado do Dep. de Engenharia Agrícola da UFV. E-mail: atmatos@ufv.br.

4 - Engenheira Agrícola e Ambiental, Doutoranda em Engenharia Agrícola pela UFV. E-mail: gheila.ferres@ufv.br.

5 - Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental. E-mail: ivancelio.ribeiro@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial tem gerado proporcional demanda por alimentos, materiais e insumos. Para suprir a demanda por alimentos, tem sido produzida grande quantidade de resíduos, subprodutos de processos agropecuários e agroindustriais, constituindo grande problema de ordem social, econômica e ambiental.

Dentre as atividades produtoras de alimentos, na Zona da Mata Mineira, destaca-se a produção de frangos de corte, geradora de grande quantidade de resíduos, como as carcaças de aves e camas de frango. De acordo com Orrico Júnior *et al.* (2010), o descarte dessas carcaças no meio ambiente, sem que elas tenham sofrido algum tipo de tratamento prévio, pode levar a sérios problemas de contaminação química e microbiológica do solo e da água, o que coloca em risco a qualidade de vida da população ao redor das unidades produtoras.

Além dos resíduos gerados na avicultura, na mesma região, destacam-se aqueles gerados no processamento da cana-de-açúcar e dos frutos do cafeeiro, como o bagaço e a palha de café, respectivamente. De acordo com Matos (2011), quando esses resíduos são amontoados, podem proporcionar o desenvolvimento de pragas e roedores além da fermentação do material, provocando a formação de ácidos orgânicos (chorume) que geram maus odores e que podem provocar contaminação do solo e, ou, de águas superficiais e subterrâneas.

Como as legislações ambientais, tanto as estaduais como a federal, estabeleceram fortes exigências no que se refere aos cuidados na disposição dos resíduos no solo; seja por questões sanitárias e, ou, ambientais, tornou-se importante o desenvolvimento de técnicas de tratamento/disposição final dos resíduos gerados na avicultura, notadamente das carcaças de animais mortos, além daqueles gerados no processamento da cana-de-açúcar e dos frutos do cafeeiro.

Dentre as técnicas adequadas de tratamento e disposição final desses resíduos, tem-se a compostagem e sua posterior incorporação no solo, com vistas ao seu aproveitamento agrícola. Durante o processo de compostagem, a relação entre a concentração de carbono e nitrogênio

(C/N) é uma variável de suma importância no monitoramento do estágio de degradação do material orgânico, já que esses dois nutrientes são essenciais para os microrganismos o decomponem, tornando-se, inclusive, fator limitante na eficiência desse processo.

Dada às características dos compostos orgânicos de reterem nutrientes e liberá-los para a solução do solo quando há a sua degradação bioquímica, os mesmos podem contribuir com a diminuição nos parcelamentos da adubação mineral, com isso, reduzindo os gastos com mão-de-obra, além de garantir maior eficiência na adubação das culturas agrícolas (PRIMO *et al.*, 2010). Assim, o aproveitamento agrícola de resíduos agroindustriais, na forma de composto orgânico, pode resultar em maior sustentabilidade dos sistemas agrícolas, devido, sobretudo, ao fato de possibilitar a reciclagem de nutrientes no sistema e redução na contaminação ambiental decorrente de uma disposição inadequada de resíduos.

A decomposição da matéria orgânica é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Os açúcares, amidos e proteínas simples são decompostos primeiro, a seguir há a decomposição da proteína bruta e da hemicelulose (MATOS *et al.*, 1998). Outros componentes, tais como a celulose, a lignina e as gorduras, são mais resistentes e dão origem à substância denominada húmus. Segundo Kiehl (1998), o tempo necessário para compostar resíduos orgânicos depende da relação C/N inicial e do teor de nitrogênio da matéria-prima, das dimensões das partículas, da aeração da meda e do número e da frequência dos revolvimentos.

Existem poucas informações sobre a taxa de decomposição do material orgânico compostado sob diversas formas, principalmente nas condições tropicais. Essas informações tornam-se necessárias para que se torne possível a otimização do processo de compostagem, com vistas à obtenção rápida e eficiente, em termos de valor nutritivo às plantas e estabilização dos resíduos poluentes.

A maioria dos pesquisadores tem mostrado que a decomposição da material orgânico segue comportamento exponencial decrescente, sendo a primeira região da curva caracterizada por ser uma

fase de decomposição rápida, seguida da segunda região, onde a decomposição é mais lenta. Dessa forma, a relação entre a concentração de carbono orgânico remanescente (C_t), após um período de tempo (t), e a concentração de carbono orgânico inicial (C_0), pode ser dada, segundo Igue (1984) e Igue e Pavan (1984), por:

$$C_t = C_0 \cdot e^{-K \cdot t} \quad (1)$$

O valor do coeficiente de decaimento do carbono orgânico (K), dá ideia da rapidez na decomposição do resíduo orgânico, variando, segundo Igue (1984), de $0,025 \text{ ano}^{-1}$ (vegetação de pinus em Serra Nevada, EUA) a $4,0 \text{ ano}^{-1}$ (material orgânico de florestas tropicais).

Em razão da elevada disponibilidade de resíduos oriundos de criações intensivas de aves e dos processamentos dos frutos do cafeeiro e da cana-de-açúcar na região de Viçosa, MG, Brasil, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio total e a qualidade do composto produzido em leiras de compostagem de carcaça e diferentes camas de criatório de frangos.

MATERIAL E MÉTODOS

As leiras de compostagem foram constituídas por carcaças de frango e cama de frango e bagaço de cana-de-açúcar. As carcaças e camas de frango foram obtidas de granjas integradas à agroindústria da região da Zona da Mata Mineira e o bagaço de cana-de-açúcar e a palha de café foram coletados em fazendas localizadas no Município de Paula Cândido, Minas Gerais, Brasil.

O material orgânico foi compostado em leiras estáticas com aeração forçada positiva (LEA), por um período de 90 dias, sendo 60 dias com aeração e 30 dias em pátio de maturação. Os tratamentos de degradação do material orgânico foram os seguintes: LEA 01 - leira contendo bagaço de cana-de-açúcar, cama de frango e carcaças de frango trituradas, na proporção de 40% de bagaço e 60% de cama de frango, em volume; e LEA 02- leira com palha de café, cama de frango e carcaças de frango trituradas, na mesma proporção que a LEA 1, ou seja, 40% de palha de café e 60% de cama de frango, em volume.

Nas duas Leiras Estáticas Aeradas (LEA) foram instalados sistemas de distribuição de ar, constituído por tubulação modulada, em aço galvanizado, cuja parte responsável pela aeração das leiras possui formato triangular (com base = 10 cm e altura = 10 cm) e furos de 1/8" de diâmetro, uniformemente distribuídos, ventilador centrífugo (motor elétrico de ¼ HP de potência), com funcionamento controlado por *timer* analógico (precisão de 15 minutos) e termostato digital (precisão de 0,1 °C). As leiras foram montadas com seção transversal triangular com medidas aproximadas de 1 m de altura e 3 m de comprimento.

Atrituração das carcaças foi feita colocando cerca de 10 a 15 carcaças inteiras em um equipamento apropriado para esse fim, denominado "Cutter". Depois de colocadas as carcaças, o equipamento era ligado e, então, por meio do giro simultâneo da hélice e da bacia, as carcaças eram trituradas. O procedimento era interrompido quando o material apresentava consistência pastosa, com aspecto uniforme e aparência de carne moída.

A LEA 01 foi montada com cerca de 145 kg de carcaça de frango triturado, totalizando cerca de 480 kg de material a ser compostado e a LEA 02 foi montada com cerca de 167 kg de carcaça de frango, totalizando cerca de 550 kg de material a ser compostado.

Neste trabalho, inicialmente, seguiram-se as recomendações de Pinto (2001), citado por Astoni *et al.* (2008), que considera ventiladores de 0,5 a 2 HP com potência suficiente para atender as necessidades de ar de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ t}^{-1}$ seca de material orgânico em compostagem. Com base nestes valores, concluiu-se que, para uma massa de 0,5 t de material, funcionando com intermitência de 15 minutos do sistema de aeração, teria que ser fornecida uma vazão de 150 m^3 de ar. Segundo dados obtidos na curva do ventilador, a máxima vazão fornecida pelo ventilador é de $450 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, com isso, para aeração de leiras de 0,5 t de material, a cada 15 minutos, o volume de ar a ser fornecido deveria ser de 112 m^3 .

Nas leiras, após os frangos serem triturados, foram coletadas amostras desse material e misturado com cama de frango. Da massa produzida, foram retiradas amostras, em diferentes pontos da leira, e depois misturadas a fim de se obter amostras compostas representativas de todo o material.

O monitoramento teve início no dia em que a leira foi montada, denominado como o dia zero, prosseguido durante a primeira fase do processo (fase ativa) e a fase posterior de maturação.

Para restabelecimento do conteúdo de água no material, durante a compostagem, a água foi adicionada sempre que ficava abaixo de 55 dag kg⁻¹. A temperatura foi monitorada diariamente, em três pontos situados na base, centro e topo das leiras, por meio de sondas contendo sensores tipo termopar e um termômetro digital.

O acionamento do ventilador para aeração do material foi feito de duas formas:

- temperatura de controle aumentada gradualmente, ou seja: 1º dia – 30 °C; 2º dia – 40 °C; 3º dia – 50 °C; 4º dia – 60 °C; e a partir do 5º dia, 65 °C. Estes valores foram definidos com base em experiências de Azevedo (1993);

- depois de feita a correção do conteúdo de água no material, sempre que a temperatura do material da leira atingisse 65 °C. Este método, juntamente com o sistema de umedecimento do ar implantado (Figura 1), evitou o ressecamento da leira e permitiu a manutenção de temperaturas na faixa termofílica, por maior período de tempo.

Após 30 dias de compostagem, amostras do material orgânico foram coletadas a cada 15 dias (fase ativa) e 30 dias (fase de maturação), durante 90 dias. Nessas amostras foram medidos o pH (em água, proporção 1:5) e quantificadas a relação C/N, sendo o carbono orgânico facilmente oxidável (CO_{fo}), obtido utilizando-se metodologia adaptada do processo Walkley-Black (MATOS, 2008a), o

nitrogênio pelo método Kjeldahl (APHA *et al.*, 2005). Além disso, as concentrações de fósforo total e de potássio foram obtidas após digestão nítrico-perclórica do material e quantificação por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (EMBRAPA, 1997). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Solo e Resíduos Sólidos, do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

Por meio de regressão, foi feito o ajuste de equações matemáticas, utilizando-se o programa SIGMA PLOT, para relacionar as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio total e da relação C/N em função do tempo de compostagem, tendo sido considerado satisfatório o ajuste que proporcionasse coeficiente de determinação maior que 60%.

Os atributos químicos e físico-químicos analisados nos compostos orgânicos produzidos foram comparados aos valores estabelecidos pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), na Instrução Normativa 25/2009, para caracterizar a qualidade agrônômica de fertilizantes orgânicos (BRASIL, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados o comportamento da temperatura do material da LEA 01 e 02 em função do tempo de compostagem.

Em termos gerais, observa-se nas Figuras 2 e 3 que o material orgânico das LEAs 01 e 02 apresentaram, nos primeiros 15 dias, comportamento

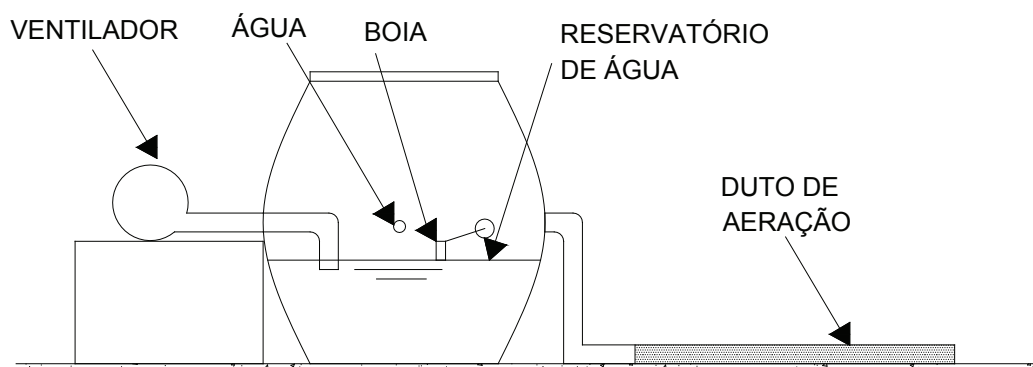


Figura 1. Esquema do sistema de umedecimento das leiras

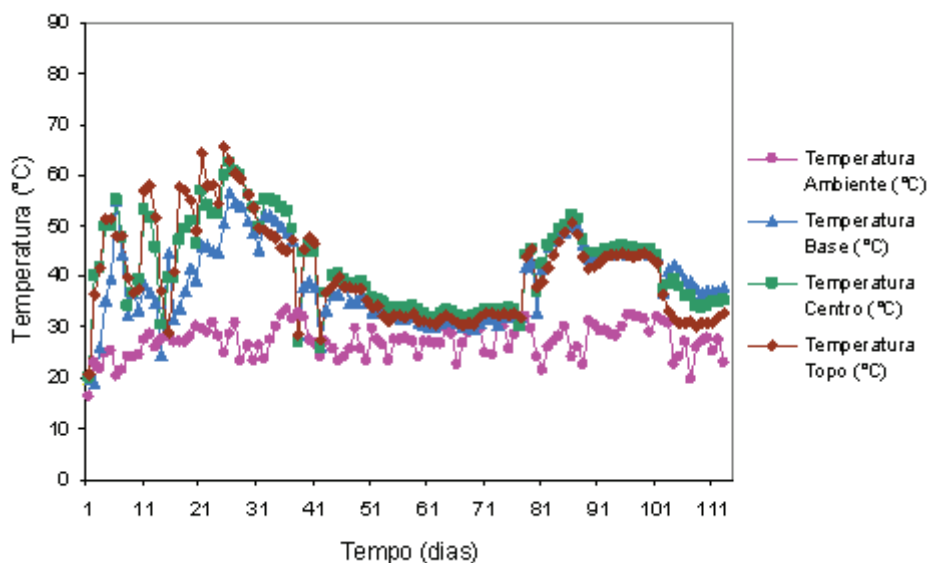


Figura 2. Variação na temperatura do material orgânico em função do tempo de compostagem na leira contendo bagaço de cana-de-açúcar, cama de frango e carcaças de frango trituradas (LEA 01).

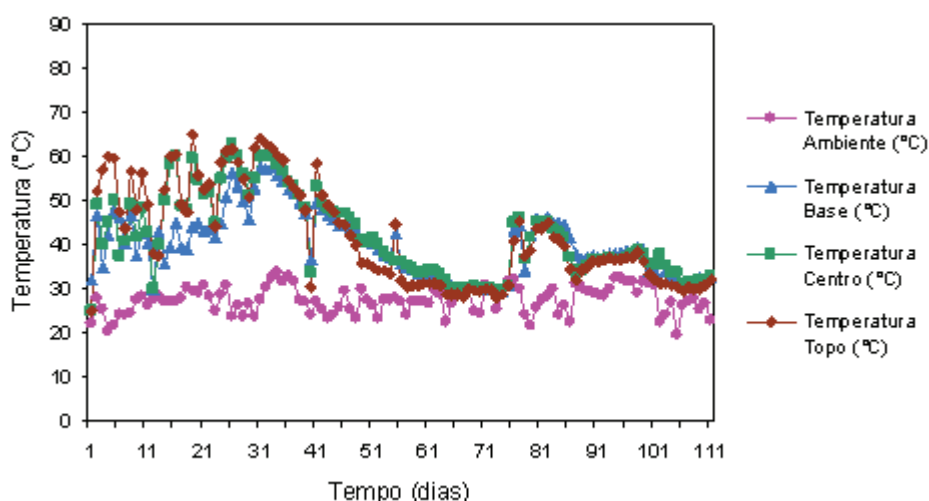


Figura 3. Variação na temperatura do material orgânico em função do tempo de compostagem na leira contendo palha de café, cama de frango e carcaças de frango trituradas (LEA 02).

muito semelhante, denotado pela ocorrência de baixas temperaturas no material. Alguns picos, associados ao reaquecimento do material, ocorreram depois de efetuar a correção no conteúdo de água do material, conforme pode ser observado a partir do 23º dia de compostagem, quando foi instalado o sistema de umedecimento do material (Figura 1). Nessa ocasião, as temperaturas alcançaram valores dentro da faixa ideal para eliminação de patógenos, que está entre 55 °C e 60 °C, mantendo-se nessa

faixa por maior período de tempo, enquanto que, antes da instalação do sistema de umedecimento, a temperatura se manteve acima de 50 °C por um período de apenas três a cinco dias.

A fase ativa foi considerada encerrada aos 50 dias de compostagem, quando as temperaturas se tornaram inferiores a 40 °C. Depois de 74 dias de compostagem, 24 dias de maturação do material no pátio, a temperatura dos materiais voltaram a atingir 45 °C, o que se deve, provavelmente, à

maior oxigenação da massa e homogeneização do material.

Nos Quadros 1 e 2 estão apresentados os valores de concentração de CO_{fo} , N-total, P, K, CTC, além do pH e relação C/N do material durante o período de compostagem.

De acordo com os dados apresentados nos Quadros 1 e 2, o pH no material coletado nas duas leiras foram superiores aos estabelecidos como mínimo pelo MAPA para comercialização de composto orgânico (BRASIL, 2009), que é de 6,0.

Em geral, as concentrações de CO_{fo} obtidas nos compostos analisados foram maiores que o mínimo de 15 dag kg^{-1} , estabelecido pelo MAPA (BRASIL, 2009) em composto orgânico a ser comercializado, tal como pode ser verificado nos Quadros 1 e 2. Os valores de concentração de CO_{fo} da LEA 2 foram, durante todo o período de compostagem, levemente

superiores aos obtidos no material coletado na LEA 1.

Mesmo com as elevadas perdas, ao final dos 90 dias de compostagem, o composto produzido apresentou concentrações de nitrogênio, tanto na leira de cama de frango e carcaça triturada com bagaço de cana-de-açúcar ($1,68 \text{ dag kg}^{-1}$) como na leira de cama de frango e carcaça triturada com palha de café ($1,60 \text{ dag kg}^{-1}$); que atenderiam ao que está estabelecido para comercialização de composto orgânico, concentração mínima de $0,5 \text{ dag kg}^{-1}$ de nitrogênio total, pelo MAPA (Brasil, 2009).

No que se refere à relação C/N (Quadros 1 e 2), durante todo o processo de compostagem e em ambas as leiras, a relação C/N no material foi menor que o máximo estabelecido, para composto orgânico a ser comercializado, pelo MAPA (Brasil, 2009), que é de 20:1.

Quadro 1. Concentração de CO_{fo} , N-total, P, K, CTC, além do pH e relação C/N do material durante o período de compostagem na leira constituída por cama de frango, carcaça de frango triturada e bagaço de cana-de-açúcar (LEA 1)

Dias	CO_{fo}	N_{Total}	P	K	pH	C/N	CTC $cmol_c \text{ kg}^{-1}$
	----- dag kg^{-1} -----						
0	67,74	4,91			-	13,80	
30	27,71	3,07			9,15	9,02	
45	26,59	3,15			9,01	8,44	
60	23,53	1,61			8,57	14,61	
90	25,40	1,68	2,39*	2,42*	9,25	15,11	200,0*

*concentrações totais médios obtidas em amostras coletadas aos 90 dias de compostagem do material orgânico.

Quadro 2. Concentração de CO_{fo} , N-total, P, K, CTC, além do pH e relação C/N do material durante o período de compostagem na leira constituída por cama de frango, carcaça de frango triturada e palha de café (LEA 2)

Dias	CO_{fo}	N_{Total}	P	K	pH	C/N	CTC $cmol_c \text{ kg}^{-1}$
	----- dag kg^{-1} -----						
0	68,30	5,04			-	13,55	
30	28,09	3,75			9,04	7,49	
45	28,59	3,57			9,27	8,00	
60	30,36	1,72			9,14	17,65	
90	27,80	1,60	2,12*	2,63*	8,94	17,37	197,6*

*concentrações totais médios obtidas em amostras coletadas após 90 dias de compostagem do material orgânico.

De acordo com os dados apresentados nos Quadros 1 e 2, o material orgânico das duas leiras apresentaram elevados valores de CTC, muito acima do considerado adequado para um bom composto, segundo Kiehl (1998), que é de CTC variando de 60 a 80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, porém, para Pereira Neto (2007), a CTC de um adubo orgânico pode variar de 100 a 300 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Os valores obtidos neste trabalho foram bem superiores aos obtidos por Santos *et al.* (2010) que, ao trabalharem com compostos de esterco de ave poedeira produzidos em pilhas de compostagem, obtiveram valores entre 10,12 e 14,37 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) ou a capacidade de adsorver cátions é responsável pela retenção de nutrientes, favorecendo a absorção destes pelas plantas (MATOS, 2006). Em resíduos orgânicos, a CTC origina-se e tem seu valor aumentado com a decomposição do material e, por essa razão, tem sido considerada excelente e confiável variável a ser utilizada para monitoramento e comprovação de maturação desses resíduos. Esse aumento no valor da CTC dos resíduos orgânicos ocorre devido à formação de substâncias húmicas, formadas com a decomposição do material orgânico.

Analisando os dados apresentados nos Quadros 1 e 2, observam-se elevadas concentrações de fósforo e potássio tanto do composto de cama de frango e carcaça triturada com bagaço de cana-de-açúcar, como na leira de cama de frango e carcaça triturada com palha de café. No caso do composto que tinha a palha de café, a concentração de potássio foi maior (2,63 dag kg^{-1}) que a quantificada no bagaço de cana-de-açúcar (2,42 dag kg^{-1}), já que a palha de café é sabidamente naturalmente rica neste elemento químico (MATOS, 2008b). No que se refere ao fósforo, o bagaço de cana-de-açúcar proporcionou aumento na sua concentração no composto orgânico produzido. As concentrações de fósforo, obtidas no composto orgânico analisado neste trabalho (Quadros 1 e 2), foram substancialmente maiores que as encontradas por Primo *et al.* (2010), que obtiveram, ao final dos 120 dias de compostagem de resíduos de fumo, valores entre 0,19 a 0,23 dag kg^{-1} .

Nas Figuras 4 e 5 estão apresentados os gráficos contendo as curvas de regressão obtidas

para o carbono e nitrogênio em função do tempo de compostagem do material nas leiras 1 e 2, respectivamente.

De acordo com o que está apresentado nas Figuras 4a e 5a, houve decréscimo exponencial na concentração do CO_{10} no material contido em ambas as leiras. O decréscimo da maior parte do Carbono na compostagem é inerente a tal processo, pois se deve, principalmente, à liberação de CO_2 , resultante da respiração dos microrganismos responsáveis pela transformação da matéria orgânica em húmus (KIEHL, 2002).

Os coeficientes de decaimento do carbono orgânico (K_C) e de nitrogênio (K_N) obtidos neste trabalho para a LEA 1 (leira composta de carcaça triturada com o bagaço de cana-de-açúcar) foram, respectivamente, de 6,16 ano^{-1} e de 4,92 ano^{-1} , obtidos a partir da equação do gráfico da Figura 4 (0,0169 d^{-1} e 0,0135 d^{-1} multiplicado pelos 365 dias do ano). Já para a LEA 2, os coeficientes foram, respectivamente, de 5,14 ano^{-1} e 4,67 ano^{-1} , obtidos a partir da equação do gráfico da Figura 5 (0,0141 d^{-1} e 0,0128 d^{-1} multiplicado pelos 365 dias do ano). Os elevados coeficientes obtidos significam que houve rápida degradação do material orgânico, no caso do carbono, e significativa perda, no caso do nitrogênio (decaimento na concentração de N). Matos *et al.* (1998) obtiveram K_C bem menores que os obtidos neste trabalho, os quais variaram de 1,55 a 2,19 ano^{-1} e a concentração de nitrogênio aumentando numa taxa K_N que variou de 1,36 a 4,62 ano^{-1} , na compostagem de bagaço de cana-de-açúcar e capim *napiér* picados e casca de frutos do cafeeiro com água residuária da suinocultura. Febrer *et al.* (2002) obtiveram K_C ainda menores, apresentando valores de 0,25; 0,034; 0,182; 0,182; 0,52; 0,075 ano^{-1} durante a decomposição, respectivamente, de: casca de frutos do cafeeiro; fino de carvão; casca de arroz; serragem de madeira; bagaço de cana-de-açúcar e sabugo de milho, utilizados em filtros de tratamento de águas residuárias da suinocultura.

Embora a palha de café possua maior concentração de macronutrientes que o bagaço de cana-de-açúcar (SEDIYAMA *et al.*, 2010), as taxas de degradação do material orgânico estiveram próximas. Segundo Barcelos *et al.* (1997), a palha de café, além de possuir em sua composição

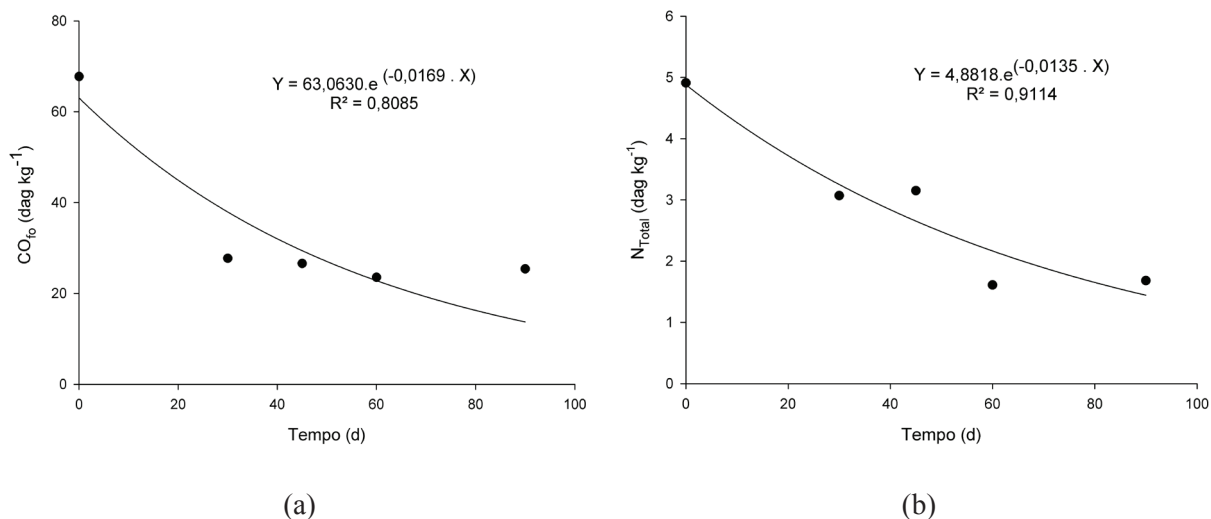


Figura 4. Concentração de Carbono Orgânico facilmente oxidável - CO_{fo} - (a) e Nitrogênio Total - N_{Total} - (b) em material coletado na leira constituída por bagaço de cana-de-açúcar, cama de frango e carcaça de frango triturada (LEA 1).

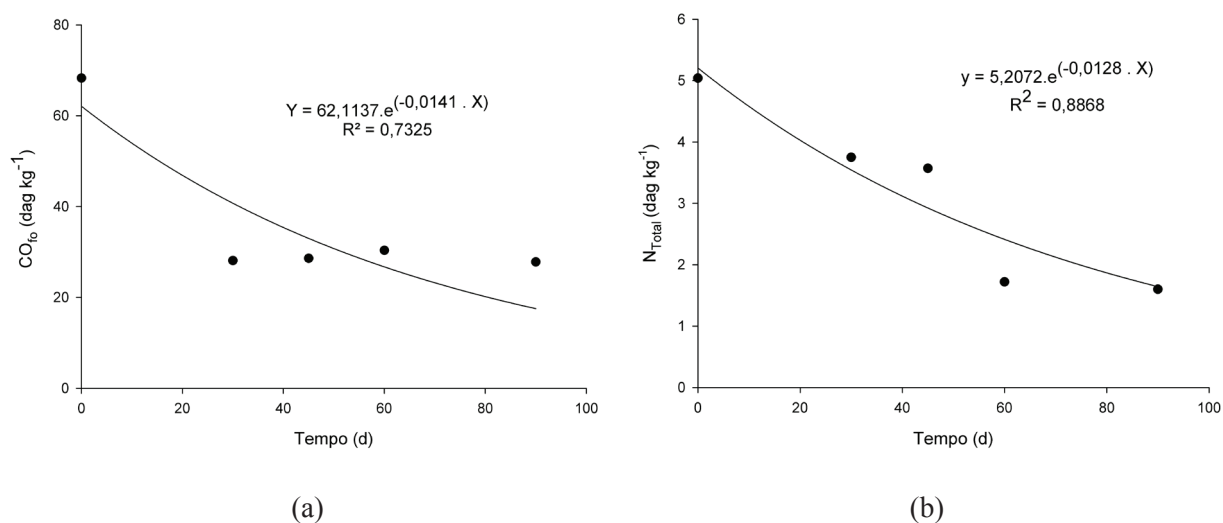


Figura 5. Concentração de Carbono Orgânico facilmente oxidável - CO_{fo} - (a) e Nitrogênio Total - N_{Total} - (b) em material coletado na leira constituída por palha de café, cama de frango e carcaça de frango triturada (LEA 2).

taninos e cafeína, possui também elevado teor de fibra que, por sua vez, apresenta-se bastante lignificada, o que pode ter contribuído para que os microrganismos tivessem maior dificuldade em degradar esse material.

De maneira semelhante ao ocorrido com a concentração de CO_{fo} , houve decréscimo exponencial na concentração de N_{Total} com o tempo,

em ambas as leiras (Figuras 4b e 5b). Embora seja comum o acúmulo relativo de N no material, em decorrência, principalmente, da perda de carbono como CO_2 , sua diminuição tem sido observada na compostagem de resíduos orgânicos, nos quais a relação C/N inicial é baixa, como é o caso da carcaça de animais. A grande concentração desse nutriente no início do processo, as relativamente

altas temperaturas observadas no processo e, principalmente, os altos valores de pH no meio (Quadro 1), proporcionaram grande perda de N, na forma de gás amônia.

A elevação na temperatura do material orgânico em compostagem até valores próximos ou acima de 70 °C, pode, segundo Kiehl (1998), ser fator a ser considerado nas perdas de nitrogênio amoniacal. Pagans *et al.* (2006) associaram as perdas de amônia ao aumento na temperatura do material, na fase termofílica do processo de compostagem, cuja explicação estaria no fato de, na fase inicial do processo, ocorrer rápida degradação de substâncias orgânicas facilmente biodegradáveis, com alto teor de N, causando a liberação do gás de amônia, a qual é exponencialmente dependente da temperatura. Nota-se, com base nas informações contidas nas Figuras 1 e 2 que, quando as temperaturas ficaram muito próximas de 70 °C, ou seja, entre o 15° e 30° dias de compostagem, as concentrações de nitrogênio no material foram as menores (Quadros 1 e 2).

O pH pode ser considerado um dos principais condicionadores das perdas de N do material, pois valores acima da neutralidade favorecem a formação de amônia, acarretando maiores reduções no conteúdo de N (TIQUIA; TAM, 2000). Dessa forma, observa-se que, a partir do 30° dia de compostagem da cama de frango e carcaça de aves, a formação de amônia foi favorecida, pois o pH manteve-se sempre acima de 8,5.

Não houve diferença significativa nas perdas de N_{Total} , quando se comparou os resultados obtidos em amostras retiradas na leira constituída por carcaça de frango triturada e bagaço de cana-de-açúcar e na leira constituída por carcaça de frango triturada e palha de café, obtendo-se, respectivamente, 65 e 68%. No entanto, conforme pode ser observado no Quadro 1, durante todo o processo de compostagem (com exceção do 90° dia), as concentrações de N_{Total} foram sempre menores no material da leira composta pela carcaça de frango triturada e bagaço de cana-de-açúcar (LEA 1), o que, possivelmente, esteja associado à menor disponibilidade desse nutriente nesse material.

As perdas de N ocorridas no material orgânico analisado neste trabalho foram bastante semelhantes às observadas por Orricop Júnior *et al.* (2010), que obtiveram 71,6% de perdas de

N durante a compostagem de resíduos de aviário (cama de frango e carcaças de aves mortas). De acordo com os autores, as perdas iniciam-se com a hidrólise dos compostos nitrogenados pelos microrganismos que degradam o $N_{orgânico}$, levando à formação de $N-NH_4^+$ (amonificação). O $N-NH_4^+$ formado é utilizado no crescimento microbiano ou para o processo de nitrificação; no entanto, quando se apresenta em quantidades maiores do que as assimiláveis pelos microrganismos, é perdido para a atmosfera nas formas de óxidos de nitrogênio e amônia, sendo que esta última representa a maior fração das perdas ocorridas.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- Durante todo o período de compostagem, os valores de CO_{10} do material contido na leira constituída por carcaça de frango triturada e palha de café apresentaram-se superiores aos obtidos na leira constituída por carcaça de frango triturada e bagaço de cana-de-açúcar;
- Houve perdas expressivas de N tanto no material coletado na leira que continha bagaço de cana-de-açúcar (65%) como no material da leira que continha palha de café (68%). No entanto, durante o processo de compostagem, a perda de N foi maior no material que compunha a leira com bagaço de cana-de-açúcar que no da leira contendo palha de café;
- Todos os atributos analisados atenderam aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, para comercialização de composto orgânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA; AWWA; WEF). **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.

- ASTONI, D.M.; MATOS, A.T.; SARTORI, M.A.; SILVA, N.C.L.; BARROS, R.T.P.; LUIZ, F.A.R. Perda de carga em ar forçado em colunas de material orgânico com diferentes profundidades e estágios de degradação bioquímica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.16, n.2, p.238-247. Abr./Jun., 2008.
- AZEVEDO, M.A. **Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras**. 1993. 230f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) Escola de Engenharia da UFMG, – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1993.
- BARCELOS, A.F.; ANDRADE, I.F.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V. Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados - resultados do segundo ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.06, p.1215-1221, 1997.
- BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Seção 1, p.15.
- EMBRAPA/CNPQ. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed., 1997. 212p.
- FEBRER, M.C.A.; MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N.; COSTA, L.M. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, 2002.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE A ADUBAÇÃO VERDE, 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-67.
- IGUE, K.; PAVAN, M.A. Uso eficiente de adubos orgânicos In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** p.383-418.
- KIEHL E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1998. 326p.
- KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto**. 3.ed. Piracicaba: E.J. Kiehl, 2002. 171p.
- MATOS, A.T. Práticas de tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. Associação de Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. (**Série Caderno Didático nº 45**), Viçosa, 2008a. 43p.
- MATOS, A.T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: **Pós-colheita do café**. In: Borém, F. M. (Ed.). Lavras: UFLA, 2008b. p.159-203.
- MATOS, A.T. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. Associação de Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. (**Série Caderno Didático nº 37**), Viçosa, 2006. 119p.
- MATOS, A.T. Tratamento e disposição final de águas residuárias e resíduos sólidos. AEAGRI-MG, DEA-UFV, 2011. 174p. (**Caderno Didático n.44**).
- MATOS, A.T.; VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; RIBEIRO, M.F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.
- ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.538-545, 2010.
- PAGANS, E.; BARRENA, R.; FONT, X.; SÁNCHEZ, A. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. **Chemosphere**, v.62, p.1534-1542, 2006.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**, Processo de baixo custo – ed. Revisada e aumentada. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 81p.

PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI et al. (eds). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA-UFMG/SANEPAR, 2001. p.261-317.

PRIMO, D.C.; FADIGAS, F.S.; CARVALHO, J.C.R.; SCHIMIDT, C.D.S.; BORGES FILHO, A.C.S. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.742-746, 2010.

SANTOS, F.G.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; RODRIGUES, L.B. Qualidade de esterco de ave poedeira submetido a dois tipos de tratamentos de compostagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.10, p.1101–1108, 2010.

SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, M.R.; VIDIGAL, S.M.; SANTOS, I.C.; SALGADO, L.T. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo de beterraba com cobertura morta e adubação orgânica. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.04, p.717-725, 2010.

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, Oxford, n.4, v.110, p.535-541, 2000.