

Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frangos de corte

Paulo Giovanni de Abreu^{1*}, Doralice Pedroso-de-Paiva¹, Valéria Maria Nascimento Abreu¹, Arlei Coldebella¹ e Taiana Cestonaro²

¹Embrapa Suínos e Aves, BR 153, Km 110, Cx. Postal 21, 89700-000, Distrito de Tamanduá, Concórdia, Santa Catarina, Brasil. ²Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade do Contestado, Concórdia, Santa Catarina, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: pabreu@cnpas.embrapa.br

RESUMO. Avaliou-se a atuação da casca de arroz e da palhada de soja como substrato para compostagem de carcaça de frangos de corte, observando a degradação dos dois substratos e das carcaças pelo monitoramento da temperatura, peso das carcaças e dos substratos e análise físico-química do produto final. As câmaras foram montadas com carcaças de 10 aves recém abatidas, com quatro repetições no tempo. Instalou-se em cada câmara um termopar para registro da temperatura. O substrato e as carcaças foram pesadas separadamente, no início, aos 15 e aos 30 dias de compostagem. Ao final de cada período, foram realizadas análises físico-química de amostras de cada câmara, avaliando-se o pH e os teores de matéria seca, cinzas, P, N, K, Cu, Zn, Mn, Fe e carbono orgânico. Concluiu-se que a palhada de soja pode ser usada como alternativa para substrato de compostagem de carcaças de aves, atendendo à relação C/N exigida pela legislação ao final da terceira reutilização. A casca de arroz, da mesma forma, pode ser utilizada na compostagem de carcaças de aves, porém reutilizada por maior número de vezes. A decomposição das carcaças foi significativamente maior, em percentual, na palhada de soja ao final do quarto período de compostagem ($p \leq 0,05$).

Palavras-chave: composição físico-química, decomposição, pilhas de compostagem.

ABSTRACT. Rice husks and soy straw as substrate for composting of broiler carcasses. The performance of rice husks and of soy straw were evaluated as substrate for on-farm poultry carcass composting, observing the degradation of the two substrate and of the carcasses through monitoring the temperature, weight of the carcasses and of the substrate and physiochemical analysis of the final product. The piles were arranged with carcasses of 10 recently slaughtered birds, with four repetitions in time. A thermo pair was installed in each pile to register the temperature. The substrate and the carcasses were weighed separately, in the beginning, day 15 and day 30 of composting. At the end of each period, the physiochemical analysis of samples were made from each pile, evaluating the pH, the dry material, ashes, P, N, K, Cu, Zn, Mn, Fe and organic carbon. The conclusion was that soy straw can be used as alternative for substrate for composting of broiler carcasses, complying to the C/N demanded by the legislation at the end of the third reuse. The rice coat can also be used as substrate for composting of broiler carcasses and reused a larger number of times. The decomposition of the carcasses was significantly larger, in percentage, in the soy straw at the end of the fourth composting period ($p < 0,05$).

Key words: physiochemical composition, decomposition, composting piles.

Introdução

O destino adequado dos resíduos da produção avícola é um desafio para os produtores. As carcaças das aves mortas, durante o período de criação, necessitam ser manejadas de forma a não provocar problemas como maus odores e atração de moscas.

Uma das alternativas para o destino das carcaças considerada econômica e ambientalmente aceitável tem sido a compostagem (MacSAFLEY et al., 1992), um processo natural de decomposição da matéria

orgânica realizada por bactérias e fungos que transformam as carcaças em um produto útil, o composto.

Para a compostagem pode-se utilizar como material aerador e fonte de carbono os substratos das camas de aves, como a maravalha, as palhadas, entre outros. A cama de aves tem uma relação carbono/nitrogênio próxima à ideal para compostagem (em torno de 30:1) e pode servir como substrato para compostagem de carcaças, quando se adiciona umidade suficiente para ativá-la.

Assim, possibilita condições para a decomposição das carcaças de aves reduzindo o volume de resíduos e produzindo um composto que pode ser utilizado como adubo (RYNK, 1992). Na compostagem, fatores como umidade, temperatura, relação C/N e os resíduos orgânicos utilizados interferem ou influenciam a decomposição, a maturação e a qualidade do produto final (BARREIRA et al., 2006). Segundo MacSafley et al. (1992), a mistura inicial para compostagem deve ter uma relação C:N entre 13:1 e 15:1. Para Zhu (2005) a relação C/N inicial mais favorável para o desenvolvimento da compostagem é em torno de 30:1. O valor final da relação C/N deve ser de, no máximo, 18:1 para as especificações dos fertilizantes orgânicos (BRASIL, 2005).

A escolha do substrato para cama e a sua destinação para compostagem vai depender da disponibilidade e do custo do resíduo na região. Santos et al. (2000) avaliaram o desempenho de frangos de corte utilizando a casca de arroz como substrato de cama e encontram valor de conversão alimentar das aves de 1,84.

Considerando a possibilidade do uso da casca de arroz e da palhada de soja como cama de aviário foi realizado o presente trabalho, visando avaliá-las como substrato para compostagem de carcaças de frango de corte.

Material e métodos

O experimento foi executado no Campo Experimental de Suruvi, da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, Estado de Santa Catarina, sendo utilizada uma composteira com seis câmaras, cada uma com medidas internas de 0,80 m de largura, 1,20 m de profundidade e 1,50 m de altura de parede (Figura 1).

As câmaras foram construídas com piso de concreto e paredes de madeira, com cobertura de

telhas de amianto. Foram testados dois tipos de substrato para a compostagem: palhada de soja (T1) e casca de arroz (T2). Iniciou-se com substratos novos, sendo os mesmos reutilizados na compostagem, acompanhando lotes de frangos de corte desde 15/6/2006 até 30/12/2006. Houve três repetições de cada tratamento, em cada período da compostagem, sorteados e distribuídos conforme a Figura 2.

Ao final de cada lote foram colocadas, em cada câmara, 10 aves recém abatidas, num total de 60 aves por lote. O total de 10 aves foi pesado calculando-se a quantidade de água a ser agregada, equivalente a 30% do peso das aves. A pilha de compostagem foi montada sobre uma camada de 30 cm de substrato novo alojando-se, no início, 5 carcaças em uma camada e as outras 5 em uma segunda camada, cobertas por nova camada de 20 cm do mesmo substrato.

Após um período de compostagem de 15 dias, foi feito o tombamento da pilha com a pesagem das carcaças e do substrato, separadamente, com remontagem das pilhas e agregação de água em quantidade correspondente a 30% do peso das carcaças. Todo o processo foi realizado com o uso de equipamentos de proteção individual (luva de borracha, máscara para poeira, bota, boné e macacão). Para a pesagem dos substratos e das carcaças foi utilizada uma balança eletrônica marca Toledo, modelo 2124-C5, com capacidade para 100 kg. As carcaças foram acondicionadas em sacos de plástico grosso de 20 kg e o substrato em bolsas de ráfia de 60 kg. Para a retirada do substrato foi utilizada pá em concha com ponta redonda e um regador para agregação de água. A remoção dos resíduos de carcaça foi realizada com pá de jardim e vassoura de cerdas de polietileno.

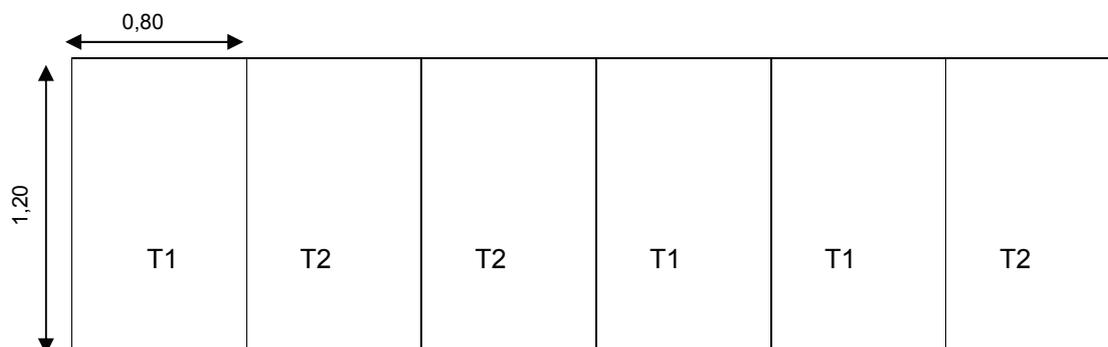


Figura 1. Esquema da construção das câmaras de fermentação e distribuição dos tratamentos. (T1 = palhada de soja; T2 = casca de arroz).

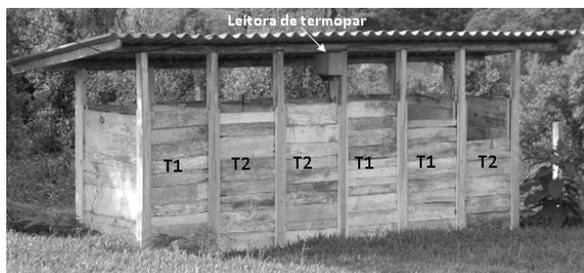


Figura 2. Foto das câmaras de fermentação e distribuição dos tratamentos. (T1 = palhada de soja; T2 = casca de arroz) – Flecha indicando leitor dos termopares.

Foram instalados termopares da S. E. Instrumentos de Teste, modelo A20, para acompanhamento da temperatura da pilha de compostagem, com leitores inseridos em cada câmara, na porção central da pilha, com leitura em três pontos (camada superior, média e inferior) e registro de dados aos 7, 15, 22 e 30 dias após a montagem da pilha.

Aos 30 dias do início da compostagem foi feita, separadamente, a segunda pesagem das carcaças e do substrato, sendo montada nova pilha com o mesmo substrato e os resíduos remanescentes divididos em duas camadas, deixando-se no processo de compostagem por mais 15 dias.

O procedimento foi repetido por quatro períodos reutilizando-se o mesmo substrato, formando, a partir do segundo período de compostagem, três camadas de carcaças, sendo a inferior com os resíduos remanescentes do lote anterior e as outras duas cada uma com cinco aves recém abatidas.

Ao final de cada período de 30 dias de compostagem foram coletadas amostras de cada câmara, em nove pontos por camada (sub-amostras) e retirado um *pool* desses pontos, em 5 camadas por câmara (total 30 amostras por lote) para análises, realizadas pelo Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa Suínos e Aves, sendo as amostras acondicionadas em sacos plásticos de 2 kg. Analisaram-se os níveis de Matéria Seca; Cinzas; Fósforo – Determinação colorimétrica pela formação do ácido molibdovanadofosfórico (WINDHAM, 1995); Pré-matéria Seca ou Umidade a 65°C; Cu; Zn; Mn; Fe – Determinação por espectrometria de absorção atômica com chama após decomposição nitro-perclórica; Nitrogênio – Método Kjeldahl; pH; Cálcio e Magnésio – Determinação por espectrometria de absorção atômica com chama após decomposição nitro-perclórica (COMPÊNDIO..., 2005) e de Potássio, por fotometria de chama (BRASIL, 2005). Para a análise do Carbono orgânico, com a homogeneização de parte das cinco amostras das camadas de cada câmara, foi formada uma nova

amostra para cada câmara, totalizando seis amostras por período, sendo a análise realizada pelo método titulométrico após oxidação química com solução sulfocrômica (TEDESCO et al., 1995).

A variável “Decomposição da Carcaça” foi obtida por meio da relação entre a diferença do peso inicial e o peso final, dividido pelo peso inicial multiplicado por 100. A variável “Decomposição do Substrato”, da mesma forma, foi obtida por meio da relação do peso final e inicial do substrato. Esses dados foram analisados por meio de análise da variância para o modelo considerando os efeitos de ciclo de compostagem, substrato e a interação deles, utilizando-se o procedimento GLM do SAS (2003).

Os dados da temperatura de compostagem foram analisados utilizando-se a teoria de modelos mistos para medidas repetidas, considerando os efeitos de ciclo de compostagem, substrato, semana de compostagem e a interação dessas duas últimas variáveis e 16 tipos de estruturas de matriz de variâncias e covariâncias, usando o PROC MIXED do SAS (2003), sendo que a estrutura utilizada na análise foi escolhida com base no menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). O método de estimação usado foi o de máxima verossimilhança restrita.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão os níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância para porcentagem de decomposição das carcaças e dos substratos. Observa-se que apenas houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre período e substrato para a variável “Decomposição da Carcaça”, ao passo que para a variável “Decomposição do Substrato” houve efeito significativo somente para período.

Tabela 1. Níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância para % de decomposição das carcaças e dos substratos.

Causas de variação	Decomposição da Carcaça (%)	Decomposição do Substrato (%)
Período	0,1230	0,0215
Substrato	0,3452	0,3791
Período x Substrato	0,0237	0,9122

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e os erros padrão da % de decomposição das carcaças e dos substratos em função do tipo substrato e do período. Observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para a decomposição da carcaça no quarto período em relação ao tipo de substrato, sendo a palhada de soja o substrato com maior valor.

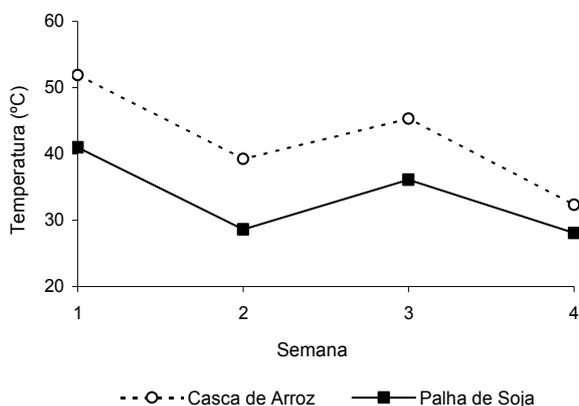
Tabela 2. Médias e erros padrão da % de decomposição das carcaças e dos substratos em função do tipo substrato e do período.

Substrato	Período			
	1	2	3	4
	Decomposição da Carcaça (%)			
Casca de Arroz	64,29 ± 1,90 a	65,25 ± 1,90 a	60,18 ± 1,90 a	55,76 ± 1,90 b
Palha de Soja	63,74 ± 1,90 a	59,79 ± 1,90 a	64,47 ± 1,90 a	62,70 ± 1,90 a
	Decomposição do Substrato (%)			
Casca de Arroz		106,79 ± 3,73	96,17 ± 3,73	102,79 ± 3,73
Palha de Soja		104,97 ± 3,73	91,54 ± 3,73	100,90 ± 3,73

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ($p \leq 0,05$).

A variável “Decomposição do Substrato” apresentou valores superiores a 100 porque foi sendo agregada aos substratos parte do material das carcaças decompostas, além do acréscimo de água e do processo natural de formação da matéria húmica, caracterizada por ser um complexo de vários elementos (DINIZ FILHO et al., 2007) que age no suprimento dos nutrientes para as plantas, na estrutura e na compatibilidade do solo e na capacidade de retenção de água (BUDZIAK et al., 2004). Contudo, a alteração da forma e da cor das partículas dos substratos indica que o substrato se decompôs.

A Figura 3 apresenta os perfis médios da temperatura de compostagem em função dos substratos. Não houve efeito significativo da interação entre semana e tratamento, contudo houve efeito significativo ($p < 0,05$) de semana e de tratamento, sendo que a casca de arroz manteve temperaturas mais altas do que a palha de soja e, em ambos os substratos, houve aumento da temperatura com o tombamento da pilha da 2ª para a 3ª semana.

**Figura 3.** Perfis médios da temperatura de compostagem em função dos substratos.

No entanto, a temperatura absoluta máxima registrada no interior das pilhas foi maior na câmara com palhada de soja, chegando a 73,3°C, enquanto que a máxima absoluta da câmara com casca de arroz atingiu 65,9°C. Ambas estão próximas às temperaturas informadas por Rynk (1992) para massa compostada aos cinco dias após a montagem da pilha (57 a 71°C). Fiori et al. (2008) obteve no

experimento de compostagem com resíduos agroindustriais temperaturas na faixa de 40 a 60°C, com alguns picos, sendo a maior temperatura registrada de 71°C.

Em termos biológicos, os limites de operação da temperatura podem ser classificados como: > 55°C para a maximização da sanitização; 45 - 55°C para a maximização da taxa de biodegradação; e entre 35 - 45°C para maximizar a diversidade microbiana (HASSEN et al., 2001). Nesse trabalho as temperaturas se mantiveram principalmente entre 35 - 45°C, porém, como citado anteriormente, houveram picos de temperatura maiores que 55°C proporcionando a sanitização da massa de compostagem. Na primeira semana também foram encontrados valores que são indicativos da maximização da taxa de biodegradação.

Sivakumar et al. (2008) em experimento com compostagem utilizando diferentes estações obteve temperaturas superiores a 55°C por mais de 3 dias consecutivos, obtendo a máxima redução dos organismos patogênicos e indicando a biossegurança da compostagem. Haug (1993) recomenda que as condições de tempo-temperatura, para o composto atender as normas de biossegurança, devem ser qualquer um dos procedimentos seguintes: 53°C por 5 dias, 55°C por 2,6 dias ou 70°C por 30 min. Lawson e Keeling (1999) trabalhando com compostagem de carcaças de aves no clima do Reino Unido, nos meses de outono e inverno, durante 8 semanas, obtiveram resultados positivos de decomposição das carcaças, bem como temperaturas adequadas (60 - 70°C) para o controle dos patógenos. Wilkinson (2007) em trabalho sobre a biossegurança na compostagem cita que pouca atenção se tem dado às estratégias para avaliar a segurança microbiológica dos sistemas de compostagem, uma vez que existem diferentes zonas do composto (por exemplo a borda externa da pilha) que geralmente possuem menos matéria orgânica e menor temperatura. Sendo assim, os desafios para esse tipo de comprovação são ainda maiores do que os convencionais.

Verifica-se pela Tabela 3, referente à análise da variância para as variáveis físico-químicas do composto, que houve efeito significativo ($p < 0,05$)

da interação entre período e substrato para todas as variáveis, exceto para pH e K. Já, o efeito principal de substrato somente não foi significativo para matéria seca e o efeito principal de período foi significativo para todas as variáveis. O efeito significativo da interação demonstra que o efeito do tipo de substrato depende do período.

Os resultados das análises dos níveis das variáveis físico-químicas realizadas com o substrato no momento zero, antes do seu uso como substrato de compostagem, encontram-se na Tabela 4. Desta forma, pode-se calcular a relação C/N dos dois substratos utilizados, sendo de 50,37 para palhada de soja e de 101,86 para casca de arroz. No entanto, estudos foram realizados utilizando diferentes fontes de dejetos e resíduos da produção animal e vegetal, apresentando como consequência uma variação bastante grande na relação C/N inicial, desde 5/1 até 513/1 (VALENTE et al., 2009).

Na Tabela 5 são apresentadas as médias e os erros padrão das variáveis físico-químicas dos compostos em função dos períodos e do tipo de substrato. Observa-se que houve diferença significativa entre os tipos de substratos para todas as variáveis em todos os períodos, exceto para matéria seca nos períodos 2 e 4. Observa-se também que houve um aumento das concentrações dos diferentes parâmetros analisados, já esperado pelo acréscimo das carcaças em cada ciclo. Esse aumento foi maior e estatisticamente significativo para a palhada de soja, nas variáveis C orgânico, Cu, Fe, K, N, P, Zn e pH, além de matéria seca, embora esta diferença

para maior não tenha sido significativa. A casca de arroz só apresentou os níveis de Cinzas e Mn maiores que a palhada de soja, diferenças significativas estatisticamente.

Os produtos obtidos com a compostagem de carcaças usando os dois substratos testados podem ser classificados como “fertilizante orgânico composto”, classe “D”, conforme a Instrução Normativa (IN) 23 (BRASIL, 2005) atendendo às exigências estabelecidas no que se refere aos níveis mínimos de N, C orgânico e umidade. Porém, quanto à relação C/N, considerada como um indicador do nível de maturidade do processo (REIS et al., 2004), somente o composto com palhada de soja apresentou níveis desejáveis no 3º (17,75) e quarto (13,29) períodos. O composto com casca de arroz necessitaria ser submetido a uma compostagem secundária para reduzir essa relação e atender as exigências da IN (C/N máxima de 18) ou ser utilizado para compostagem de novas carcaças até atingir a relação C/N adequada.

Quanto ao pH, ambos substratos apresentaram valores variados durante o período experimental e atingiram os níveis exigidos pela IN-23 (pH 6,0) ao final do quarto período. Kumar et al. (2007) encontraram no composto final, em experimentos semelhantes, valores de pH da água na faixa de 8,20 a 9,34. Os níveis de nitrogênio aumentaram ao final dos períodos da compostagem. Fiori et al. (2008) obteve um composto com valores de N, P, K entre 17710 -26700 mg kg⁻¹, 4810 - 6600 mg kg⁻¹ e 5000 - 13000 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 3. Níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância para as variáveis físico-químicas do composto.

Causas de variação	pH	Matéria Seca	P	Cu	Fe	Mn
Substrato	< 0,0001	0,8414	0,0087	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Período	< 0,0001	< 0,0001	0,0030	< 0,0001	< 0,0001	0,0007
Período x Substrato	0,9997	0,0039	0,0021	0,0120	0,0025	< 0,0001
Causas de variação	Zn	K	N	CZ	C orgânico	
Substrato	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	
Período	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	
Período x Substrato	0,0003	0,2785	0,0029	0,0003	0,0208	

Tabela 4. Valores das variáveis físico-químicas dos substratos antes da utilização.

Variável	Substrato	
	Palha de Soja	Casca de Arroz
Cinzas (%)	15,18	4,33
C orgânico (g kg ⁻¹)	333,28	351,26
Cu (mg kg ⁻¹)	6,46	traços
Fe (mg kg ⁻¹)	607,63	433,25
K (mg kg ⁻¹)	10787,06	751,78
Mn (mg kg ⁻¹)	32,75	169,85
MS (%)	85,67	89,65
N (g kg ⁻¹)	6,62	3,45
P (mg kg ⁻¹)	922,35	558,95
pH	7,60	6,56
Zn (mg kg ⁻¹)	14,70	11,43

Tabela 5. Médias e erros padrão das variáveis físico-químicas dos compostos em função dos períodos e do tipo de substrato.

Substrato	Período			
	1	2	3	4
		Cinzas (%)		
Casca de Arroz	14,45 ± 0,30a	15,55 ± 0,30 a	15,05 ± 0,30 a	15,46 ± 0,30 a
Palha de Soja	6,19 ± 0,30 b	6,61 ± 0,30b	8,52 ± 0,30b	9,67 ± 0,30b
		C orgânico (g kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	306 ± 3,19b	326 ± 3,19b	301 ± 3,19 b	296 ± 3,19 b
Palha de Soja	345 ± 3,19 a	384 ± 3,19 a	355 ± 3,19 a	336 ± 3,19 a
		Cu (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	1,78 ± 0,33b	2,95 ± 0,33b	2,29 ± 0,33 b	3,62 ± 0,33 b
Palha de Soja	7,04 ± 0,33 a	6,82 ± 0,33 a	6,88 ± 0,33 a	9,92 ± 0,33 a
		Fe (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	224 ± 71,37 b	256 ± 71,37b	263 ± 71,37b	463 ± 71,37b
Palha de Soja	1384 ± 71,37 a	852 ± 71,37 a	980 ± 71,37 a	1544 ± 71,37 a
		K (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	1828 ± 373,0b	2706 ± 373,0b	3398 ± 373,0 b	3688 ± 373,0 b
Palha de Soja	11983 ± 373,0a	13574 ± 373,0a	13717 ± 373,0 a	15226 ± 373,0 a
		Matéria Seca (%)		
Casca de Arroz	81,74 ± 0,59 a	86,83 ± 0,59a	80,65 ± 0,59 a	82,82 ± 0,59 a
Palha de Soja	78,96 ± 0,59 b	86,70 ± 0,59a	83,02 ± 0,59 b	83,71 ± 0,59a
		Mn (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	211 ± 7,48 a	282 ± 7,48 a	196 ± 7,48 a	236 ± 7,48 a
Palha de Soja	56,45 ± 7,48 b	48,21 ± 7,48b	61,25 ± 7,48 b	64,04 ± 7,48b
		N (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	5058 ± 711,7b	7416 ± 711,7b	11962 ± 711,7b	14020 ± 711,7b
Palha de Soja	10233 ± 711,7 a	13491 ± 711,7 a	19993 ± 711,7 a	25281 ± 711,7 a
		P (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	714 ± 166,4b	1017 ± 166,4b	1870 ± 166,4a	1387 ± 166,4b
Palha de Soja	1295 ± 166,4a	1757 ± 166,4 a	1247 ± 166,4b	2096 ± 166,4a
		pH		
Casca de Arroz	8,88 ± 0,06b	8,99 ± 0,06b	8,64 ± 0,06b	8,33 ± 0,06b
Palha de Soja	9,20 ± 0,06a	9,30 ± 0,06 a	8,95 ± 0,06a	8,64 ± 0,06a
		Zn (mg kg ⁻¹)		
Casca de Arroz	13,87 ± 1,16 b	14,61 ± 1,16b	20,03 ± 1,16b	24,63 ± 1,16b
Palha de Soja	19,52 ± 1,16a	20,21 ± 1,16a	29,36 ± 1,16 a	41,89 ± 1,16a

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Conclusão

A palhada de soja pode ser uma alternativa para substrato de compostagem de carcaças de aves, atingindo os níveis de C/N exigidos pela legislação com três reutilizações. A casca de arroz, da mesma forma, pode ser utilizada na compostagem de carcaças de aves podendo ser reutilizada por maior número de vezes. A palhada de soja apresentou maior percentual de decomposição das carcaças ao final do quarto período de compostagem ($p \leq 0,05$).

Agradecimentos

À Unifrango Agroindustrial de Alimentos Ltda. e ao produtor Sr. Arsênio pelo fornecimento dos substratos para compostagem.

Referências

BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JUNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 385-393, 2006.

BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 23 de 31 agosto, 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 set. 2005. Seção 1. p. 12-15.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

COMPÊNDIO Brasileiro de Alimentação Animal. São Paulo: Sindirações: Anfar; Campinas: Cbna; Brasília: MA/SDR, 2005.

DINIZ FILHO, E. T.; MESQUITA, L. X.; OLIVEIRA, A. M.; NUNES, C. G. F.; LIRA, J. F. B. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 27-36, 2007.

FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 178-191, 2008.

HASSEN, A.; BELGUTH, K.; JEDIDI, N.; CHERIF, A. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. **Bioresource Technology**, v. 80, n. 3, p. 217-25, 2001.

HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**. Boca Raton: Lewis Publishers Press Inc., 1993.

KUMAR, V. R. S.; SIVAKUMAR, K.; PURUSHOTHAMAN, M. R.; NATARAJAN, A.; AMANULLAH, M. M. Chemical changes during composting of dead birds with caged layer manure. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 3, n. 10, p. 1100-1104, 2007.

- LAWSON, M. J.; KEELING, A. A. Production and physical characteristics of composted poultry carcasses. **British Poultry Science**, v. 40, n. 5, p. 706-708, 1999.
- MacSAFLEY, L. M.; DUPOLDT, C.; GETER, F. Agricultural waste management system component design. In: KRIDER, J. N.; RICKMAN, J. D. (Ed.). **Agricultural waste management field handbook**. Washington, D.C.: Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1992. p. 1-85.
- REIS, M. F. P.; ESCOSTEGUY, P. V.; SELBACH, P. **Teoria e prática da compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Passo Fundo: UPF, 2004.
- RYNK, R. **On farm composting handbook**. Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992.
- SANTOS, E. C.; TEIXEIRA, A. S.; TORRES, D. M.; FONSECA, R. A. Avaliação das propriedades de quatro materiais e duas granulometrias de cama sobre o desempenho de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p. 37.
- SAS-Statistical Analysis System. **System for Microsoft Windows, Release 9.1**. Cary: Statistical Analysis System Institute Inc., 2003. (CD ROM).
- SIVAKUMAR, K.; KUMAR, V. R. S.; JAGATHEESAN, P. N. R.; VISWANATHAN, K.; CHANDRASEKARAN, D. Seasonal variations in composting process of dead poultry birds. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 2, p. 3708-3713, 2008.
- TEDESCO, M. J.; GIANELO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR., B. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.
- WILKINSON, K. G. The biosecurity of on-farm mortality composting. **Journal of Applied Microbiology**, v. 102, n. 3, p. 609-618, 2007.
- WINDHAM, W. R. Animal feed. In: CUNNIFF, P. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1995. v. 1. cap. 4. p. 27. (Method 965.17).
- ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 1, p. 9-13, 2005.

Received on August 5, 2010.

Accepted on October 20, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.