

Arranjo tecnológico no tratamento de dejetos de suínos e aves para a produção de fertilizante orgânico

Paulo Armando Victória de Oliveira¹,
¹ Embrapa Suínos e Aves, Concórdia-SC
E-mail: paulo.armando@embrapa.br

1.0 Introdução

As atividades suinícola e avícolas são de grande importância para a economia dos Estados da região Sul, pois gera o desenvolvimento e a sustentabilidade econômica dos pequenos e médios produtores, porém eles são submetidos a uma pressão constante, pela economia de escala produtiva, para aumentarem os plantéis.

A suinocultura e avicultura de postura vem sofrendo um contínuo processo de inclusão tecnológica, com crescente concentração de animais em pequenas áreas, principalmente nas regiões sul e sudeste, do Brasil. A crescente concentração de animais em pequenas propriedades, gerando grandes excedentes de N, P e K, tem gerado grandes conflitos entre os produtores e os órgãos ambientais, pois grande parte dos produtores não conseguem atender as exigências da legislação ambiental vigente. Sendo necessário grande extensão de áreas agrícola, para o manejo correto dos fertilizantes orgânicos líquidos gerados. Porém, nas propriedades situadas nas regiões Sul e Sudeste, onde se concentram cerca de 80% da produção de suínos e aves do Brasil, não existe mais áreas agrícola disponível, pois com manejo convencional de dejetos, na forma líquida, o produtor necessita ter grandes áreas agrícola, própria ou de terceiros, para poder utilizar o biofertilizante, limitando assim a sua capacidade produtiva.

O manejo dos dejetos de suínos na sua forma líquida é considerado pelos órgãos ambientais como de alto potencial de impacto ambiental, pois possui potencial de risco de poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos, e do ar pelas emissões dos gases CH₄, NH₃, CO₂, N₂O e H₂S. Os sistemas de produção animal têm uma participação relativamente grande nas emissões de amônia (NH₃), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) na atmosfera, segundo IPCC (2006) e OENEMA et al. (2001), seja durante o armazenamento dos dejetos animais ou pela aplicação de biofertilizante em solos agrícolas. Assim como os dejetos suínos, o manejo dos dejetos e resíduos da produção de aves de postura possuem alto potencial de impacto ambiental devendo ser manejados e tratados corretamente.

A compostagem têm sido recomendada para o tratamento dos resíduos de poedeiras, pois permite a reciclagem de nutrientes, agregar valor ao resíduo e diminuir os riscos de contaminação ambiental (ALBERT, 2006; TIQUIA et TAM, 2002).

Com o tratamento via compostagem, esses resíduos se transformam de líquidos em um adubo orgânico seco, de alta qualidade, que poderá posteriormente ser exportado e comercializado, ou utilizado na própria propriedade em substituição ao adubo químico.

A compostagem pode ser uma alternativa bastante promissora para o tratamento e posterior destinação do adubo orgânico gerado, possibilitando a sustentabilidade ambiental das regiões com alta concentração de animais.

2.0 Tratamento dos resíduos via processos de compostagem

2.1 Tratamento dos dejetos suínos

A produção de composto pode ser difundida em áreas rurais, possibilitando a abertura de mercados de produção orgânica e novas alternativas de renda para regiões de alta concentração suinícola, além de reduzir os problemas ambientais decorrentes do manejo dos dejetos líquidos. Com a finalidade de tratar os dejetos dos suínos via processo de compostagem e gerar um composto orgânico a Embrapa Suínos e Aves, desde 2003, vem desenvolvendo trabalhos de pesquisa que culminaram com o desenvolvimento de uma unidade automatizada de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos e o desenvolvimento de uma fábrica de adubo orgânico.

Vários trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos, pela Embrapa, em granja de produção de suínos, podemos citar como exemplo em Seara, SC, onde foi implantada uma unidade experimental automatizada de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos, desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves em parceria com a Bergamini Ind. Máq.. Essa unidade constitui-se de uma edificação aberta nas laterais possuindo cobertura com telhas de fibrocimento, piso e muretas internas em alvenaria, com medidas de 12,00 m de largura por 40,00 m de comprimento. No seu interior foi desenvolvida e instalada uma máquina que constitui-se de um Revolvedor Automático para a biomassa depositada nas leiras de compostagem. O sistema tem capacidade para tratar os dejetos gerados pela granja (Unidade de Produção de Leitões–UPL) que possui 400 matrizes. Na unidade de compostagem adotou-se uma das três leiras existente para monitoramento e avaliação do procedimento de compostagem. A leira possui um volume útil de 140 m³, com altura de 1,00 m. Na leira o substrato usado foi de 30% de maravalha e 70% de serragem, com peso específico de 160 kg/m³, com massa total de 22,4 ton. Foi aplicado, sobre a leira, um volume de 220,4 m³ de dejetos, com uma relação 9,8:1 (litros de dejetos:massa de substrato, kg) de acordo com Oliveira & Higarashi (2006). Os dejetos aplicados foram distribuído em 7 aplicações na leira, com intervalo em torno de uma semana entre as aplicações. Observou-se uma geração final de 28,5 toneladas de composto na leira estudada. Durante o experimento realizou-se o balanço da massa na leira de compostagem, observando o total de massa (MS, N, P e K) que entrou e saiu da leira.

Na Figura 1, pode-se observar o volume de dejetos adicionado, as temperaturas desenvolvidas na biomassa, e o acompanhamento da composição química da leira (matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio) durante a condução do experimento. Após o período de incorporação de dejetos à leira de compostagem, foram adicionados quantidades totais de 18.680, 1.467, 435 e 557 kg de C, N, P e K, respectivamente. A análise final do composto orgânico obtido ao final do processo de maturação revelou que foram recuperados 11.814, 421, 410 e 473 kg daqueles nutrientes, respectivamente. O balanço final de nutrientes indicou que 36,7, 71,3, 5,7 e 15% do C, N, P e K, respectivamente, foram perdidos (Tabela 1). As baixas perdas de P indicam que o método empregado no balanço de nutrientes da compostagem foi adequado, visto que o P tem baixa mobilidade. As perdas de C foram decorrentes da atividade biológica ocorrida durante a compostagem que promove a degradação do C adicionado via dejetos e do substrato inicial, com aumento do grau de humificação do material orgânico ao decorrer do processo de compostagem. As perdas de N se mostraram muito elevadas e podem ser

atribuídas a volatilização de NH_3 durante a fase termófila da compostagem ou a geração de N_2 . A característica físico-química observada no composto final foi: umidade de 50%; pH de 5,7; C.org. de 41%; N total de 2,1%; relação C/N de 19,5; Cobre $109,9 \text{ mg kg}^{-1}$ e Zinco 1.796 mg kg^{-1} . Estas especificações atendem as exigências da Instrução Normativa 25 do MAPA que define padrões de qualidade para a comercialização de fertilizantes orgânicos.

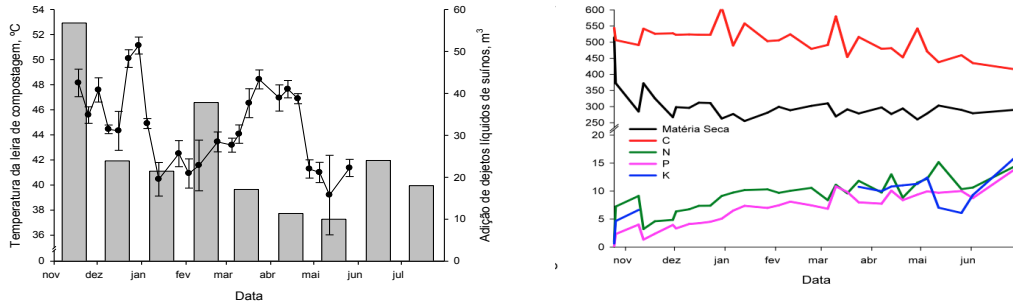


FIGURA 1- Adição de dejetos de suínos e temperatura da biomassa (barras verticais indicam o erro padrão de $n=5$) e a composição química da leira (matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio).

TABELA 1. Balanço de nutrientes em leira de compostagem (30% maravalha + 70% serragem) de dejetos líquidos de suínos.

Nutrientes	C	N	P	K	Cu	Zn
Substrato inicial	12.189	22	4	14	-	-
Adição por dejetos	6.491	1.445	431	543	-	-
Composto final	11.814	421	410	473	-	-
Perdas	6.866	1.046	25	84	109,97	1.796,25
Perdas (%)	36,7	71,3	5,7	15,0	-	-

Fonte: Oliveira et al 2011.

2.1.2 Emissão de gases no processo de compostagem

Com a finalidade de avaliar a emissão de gases, desenvolveu-se um experimento para determinar o fluxo dos gases de efeito estufa ($\text{N-N}_2\text{O}$, C-CH_4 e C-CO_2) e N-NH_3 e realizar o balanço de massa simulando os processos de compostagem em uso para tratamento dos dejetos suínos, difundidos no oeste catarinense (Angnes et al., 2012). Foram construídos 3 túneis de PVC com volume de 12 m^3 , com ventilação controlada, dentro dos quais foram colocadas leiras de compostagem com volume de 3 m^3 e área $3,19 \text{ m}^2$ de superfície exposta, montadas em caixas de madeirit naval. A emissão de gases foi estudada na fase de absorção considerada como um período de alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e alta emissão de gases (PAILLAT et al., (2005). Foram realizadas as aplicações e incorporações dos dejetos suínos a maravalha, semanalmente, sendo realizados revolvimentos da biomassa a cada 3 dias. Essa fase teve duração de 35 dias e recebeu em média 2.600 litros de dejetos suínos, divididos em 7 aplicações, para um total de 300 kg de maravalha, em cada leira. Nas aplicações foi respeitada a taxa de incorporação diária de no máximo 3 litros para cada quilograma de maravalha (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006), objetivando evitar a percolação dos dejetos no leito

de compostagem. As emissões dos gases foram determinada a partir da concentração dos gases (ppm) medidos na entrada e saída dos túneis, a cada 4 min., pelo analisador de gases INNOVA 1412 (Espectrofotômetro), e calculada usando-se as equações propostas por ROBIN et al. (2006). Semanalmente foi realizada a análise físico-química do composto. Os parâmetros observados nas análises físico químicas foram pH, MS, Nt, Corg e P, determinados segundo metodologias propostas pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1995).

O balanço de massa foi calculado a partir das concentrações dos elementos C e N que ingressaram no sistema e a concentração obtida na biomassa ao final da fase de absorção, as diferenças entre as concentrações foram consideradas como perdas e foram comparadas as emissões gasosas desses elementos. O balanço de fósforo e a concentração de água, por serem elementos estáveis, foram usados na aferição dos erros da metodologia utilizada. Na Figura 2, apresentam-se fluxos das emissões de C-CH₄ e C-CO₂ durante a fase de absorção do processo de compostagem identificando os momentos em que foram realizados revolvimentos (R) e aplicações (A) de dejetos suínos.

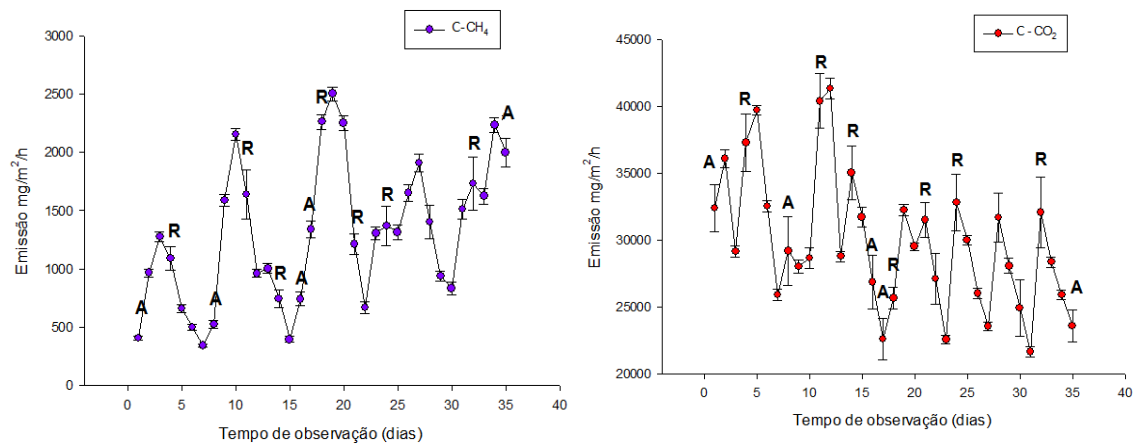


FIGURA 2. Fluxos de C-CH₄ e C-CO₂ durante a compostagem, no tratamento dos dejetos suínos.

O perfil das emissões de C-CH₄ e C-CO₂ (Figura 2) demonstram que os revolvimentos (entrada de oxigênio via aeração) provocaram redução nas emissões e as aplicações de dejetos causaram aumentos. Esse aspecto reforça a existência de momentos de elevada redução na concentração de oxigênio da leira já que a produção de CH₄ ocorre em condições anaeróbias e o CO₂ predominantemente em condições aeróbias.

Na Figura 3, estão representadas as emissões de N-NH₃ e N-N₂O. Observando a Figura 3 é possível constatar que o N₂O só aumentou quando houve uma diminuição na concentração de NH₃. O aumento na concentração de nitrato na biomassa indicou o início da nitrificação na superfície da pilha, onde a concentração de oxigênio é mais elevada e as temperaturas são inferiores ao centro da pilha. Sendo observada, neste período, temperaturas na biomassa variando entre 40°C e 45°C. Com o esgotamento das fontes de carbono de fácil biodegradabilidade o nitrato passou a ser produzido na superfície da leira.

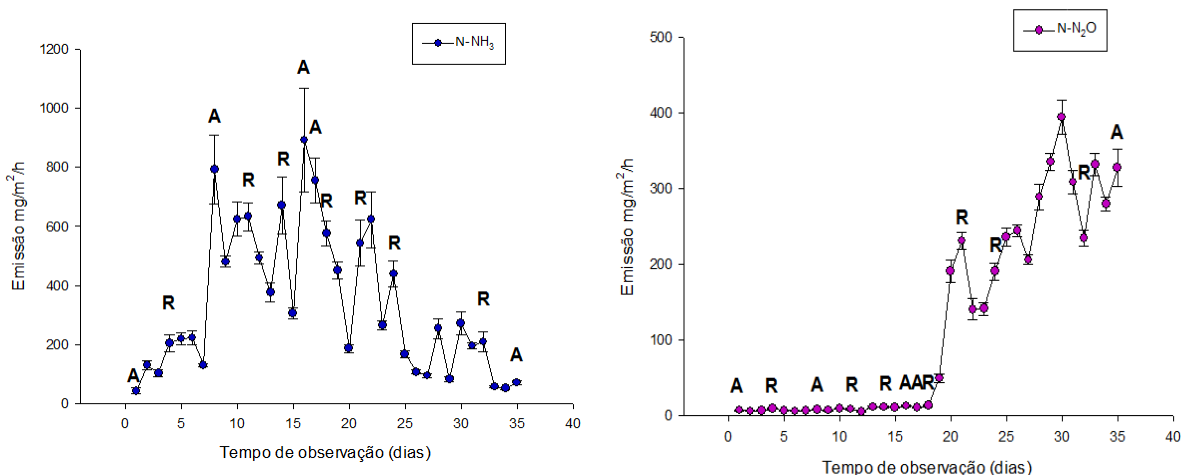


FIGURA 3. Fluxos de N-NH₃ e N-N₂O durante o processo de compostagem no tratamento dos dejetos suínos.

Os revolvimentos realizados deslocaram o nitrato para as camadas inferiores da leira, onde em locais anaeróbios foi desnitrificado, produzindo N₂O. Assim o N₂O produzido nas camadas inferiores foi liberado de forma mais intensa durante cada novo revolvimento. Pelo balanço de massa (Tabela 2) foi possível determinar a quantidade de nitrogênio e carbono perdida durante o processo de compostagem, sendo 4,70 kg N e 59,96 kg C, respectivamente.

TABELA 2. Balanço médio de Massa (kg), MS (kg), MO (kg), Água (L), Corg (kg), Nt (kg) e P (kg), observado durante o processo de compostagem.

	Massa	MS	MM	MO	Água	Corg	Nt	P
Entrada Leira (1)	2935,97	450,80	43,90	406,90	2485,16	201,28	11,63	3,11
Saída Leira (2)	1448,26	324,32	35,59	288,73	1123,94	141,32	6,93	3,02
Emissão Gases (3)					1221,55	80,96	1,21	
Saída total (4) (2+3)	1448,26	324,32	35,59	288,73	2345,49	222,28	8,14	3,02
Diferença (5) (1-4)	1487,71	126,48	8,31	118,16	139,67	-20,99	3,49	0,09
Porcentagem (5/1)	50,67	28,06	18,95	29,04	5,62	-10,43	30,00	2,98

Fonte: Angnes et al., 2012.

As emissões de N na forma de N-NH₃ e N-N₂O totalizaram 1,21 kg de 11,63 kg que ingressaram no sistema, sendo que na compostagem predomina as emissões de N₂ segundo trabalhos de PAILLAT et al. (2005) e ROBIN et al. (2006). Assim 40,4 % do nitrogênio total que entrou no sistema foi perdido na forma gasosa. Considerando a quantidade de nitrogênio perdida como N-NH₃ e N-N₂O (1,21 kg, 25,74%), a quantidade de N₂ representaria 74,25 % (3,49 kg) do nitrogênio perdido na forma gasosa. Isso significa que do N perdido, na forma de gás, durante a compostagem o N₂ é predominante o que concorda com o observado por PAILLAT et al. (2005). As emissões totais de C foram 80,96 kg (C-CO₂ + C-CH₄) do total de 201,28 kg de carbono total aplicado, sendo que o CO₂ representa 97 % destas emissões.

2.2 Tratamento dos resíduos de avicultura de postura

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de compostagem acelerada, em biorreator com aeração forçada que permite manter um nível de oxigênio constante, e determinar as emissões de gases (CO_2 , CH_4 , N_2O e NH_3) e o balanço de massa no processo. O trabalho foi desenvolvido em granja comercial de poedeiras, onde foram realizados dois ensaios com duração de sete dias, na fase de compostagem acelerada. Nos ensaios o biorreator foi carregado com uma mistura de esterco de poedeiras, serragem, ovos estragados e aves mortas, totalizando 5788 kg. A diferença entre os ensaios foi do uso (Ensaio 2) ou não (Ensaio 1) de inoculante biológico Humidibiol. O reator é do tipo batelada, em cada ensaio observou-se as duas fases do processo de compostagem, a primeira fase termófila que ocorre no biorreator (7 dias) e a segunda fase mesófila com formação de leira externa (21 dias), com revolvimentos semanais. O monitoramento das emissões dos gases foi realizado durante a permanência da biomassa no bioreator. Foram determinadas as concentração dos gases (ppm) na entrada e saída do reator, a cada minuto, com o uso do analisador de gases INNOVA 1412 (Espectrofotômetro). O fluxo dos gases foi determinado segundo metodologia propostas por ROBIN et al. (2006). Os parâmetros avaliados diariamente foram: temperatura da biomassa, no reator, em 5 pontos diferentes, temperatura e umidade do ar exterior, Matéria Seca (MS), Carbono Orgânico (Corg), Nitrogênio Total Kjeldahl (Nt), Fósforo (P) e pH segundo metodologia da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1995). O balanço de massa foi calculado a partir das concentrações dos elementos C e N que ingressaram na compostagem e a concentração obtida na biomassa ao final da fase da primeira fase, as diferenças entre as concentrações foram consideradas como perdas e foram comparadas as emissões gasosas desses elementos.

As temperaturas observadas apresentaram comportamento distintos entre os ensaios 1 e 2. No ensaio 1 ela atingiu 50°C no segundo dia, enquanto no ensaio 2 essa temperatura só foi atingida no quarto dia levando mais tempo também para atingir a temperatura máxima observada (60°C). A umidade inicial da biomassa, nos ensaios, foi 2% maior no ensaio 2. A Figura 4, apresenta os fluxos de emissões de C- CO_2 e C- CH_4 , nos ensaios 1 e 2. Esses fluxos demonstram as mudanças provocadas pela utilização do ativador biológico. No ensaio 1 as emissões de CO_2 foram mais elevadas no início do processo e foram diminuindo no decorrer dos dias até a emissão diária de 1,2 kg de CO_2 , enquanto no ensaio 2 ela foi de 0,8 kg de CO_2 no final da primeira fase. O fluxo de carbono total emitido na forma de C- CO_2 nos ensaios 1 e 2, foi 121,8 kg e 88,4 kg, respectivamente. Enquanto que a quantidade emitida na forma de C- CH_4 foi cerca de 0,50 kg e 0,34 kg, ensaios 1 e 2, o que demonstra que 99,6% da mineralização ocorreu pela via aeróbia (predomínio da geração de CO_2). O pH durante o ensaio 2 oscilou entre 8,3 e 9,18, apresentando leve diferença de alcalinidade em relação ao ensaio 1.

Os fluxos de N- N_2O apresentaram correlação com os fluxos de N- NH_3 , no início da compostagem no ensaio 1, sendo que as emissões de NH_3 mais elevadas inibiram a formação de nitrato e emissão de N_2O . No ensaio 2 os fluxos de N- NH_3 foram mais baixos no início do processo correspondendo ao período de maior fluxo cumulativo de N- N_2O (Figura 5).

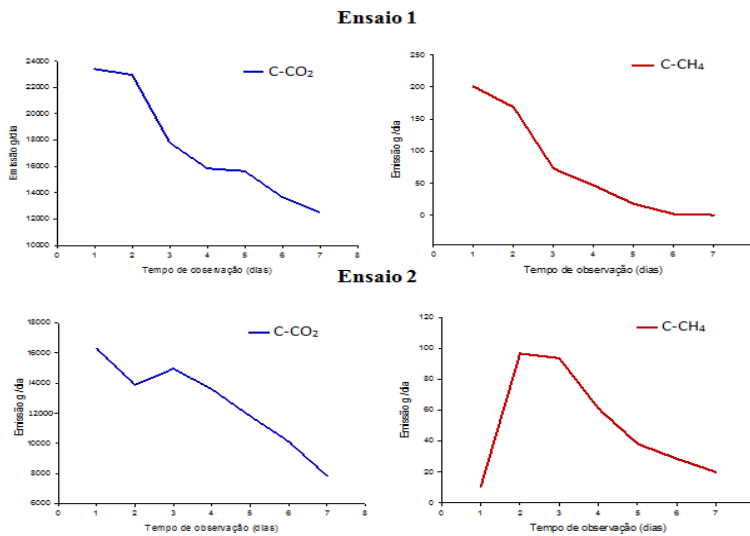


Figura 4. Fluxo das emissões de C-CO₂ e C-CH₄, durante a compostagem de resíduos de poedeiras, ensaios 1 e 2.

A quantidade de nitrogênio emitida na forma de oxido nitroso durante os ensaios 1 e 2, foi de 0,08 kg e 0,05 kg respectivamente, representando 0,44% e 0,38% das emissões de nitrogênio. As perdas de nitrogênio na forma de amônia durante os ensaios foram cerca de 13 kg e 12 kg respectivamente, representando 99% das emissões de nitrogênio. Esta elevada perda de nitrogênio na forma de amônia pode ser explicada pelo pH e pela baixa relação C/N da biomassa no inicio do processo. Além disso, a relação C/N aumentou com o desenvolvimento do processo de forma semelhante aos trabalhos de ALBERT (2006) e TIQUIA e TAM (2002) em compostagem com aeração forçada para tratamento de esterco de aves. Estes autores relacionaram o comportamento da relação C/N a elevada perda de N na forma de NH₃.

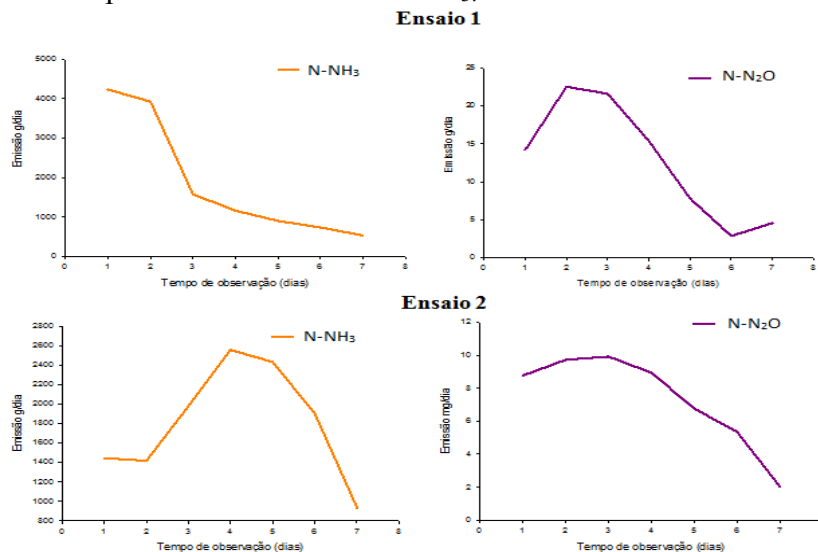


Figura 5. Fluxo das emissões de N-NH₃ e N-N₂O, durante a compostagem de resíduos de poedeiras, ensaios 1 e 2.

Na Tabela 3 é apresentado o balanço de massa observado nos ensaios 1 e 2, pode-se observar que a perda de fósforo (P) é pequena (entre 5 e 6%), como já era esperado, porém a avaliação deste elemento é importante, pois é usado como indicador do balanço de massa e da representatividade da amostragem da biomassa. As perdas observadas (Tabela 3) foram para a MS de 9,91% e 2,76% e para o Nt de 26,51% e -6,18% nos ensaios 1 e 2, respectivamente. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por ALBERT (2006) entre 13,6% e 5,8% para a MS e para Nt de 5%. Através do balanço de massa foi possível observar que houve concentração na quantidade de minerais como observado por TIQUIA e TAM (2002). Além disso, as quantidades de N e C que ingressaram no sistema foram maiores no ensaio 1, apresentando também maior perda desses elementos e de massa. A redução da massa foi de 30%, no ensaio 1, e 23% no ensaio 2. AUBERT (2006) e ROBIN et al. (2001) encontraram perda de massa entre 40 e 50% da massa natural em compostagem com esterco de aves.

TABELA 3. Balanço de massa na primeira fase de compostagem (Ensaio 1 e Ensaio 2), Massa (kg), MS (kg), MO (kg), MM (kg) Nt (kg), Corg (kg) e P (kg).

	Ensaio 1						
	Massa	MS	MO	MM	Nt	Corg	P
Entrada (1)	5.788,0	2.174,6	1.937,6	236,9	57,7	858,8	32,03
Saída (2)	4.021,3	1.959,2	1.686,5	272,7	29,2	761,6	30,36
Fluxo de gases (3)	-	-	-	-	13,2	122,4	-
Diferença (4) (1-2)	1.766,7	215,4	251,1	-35,8	15,3	-25,2	1,67
Diferença % (4/1)	30,52	9,91	12,95	-15,11	26,51	-2,93	5,21
	Ensaio 2						
	Massa	MS	MO	MM	Nt	Corg	P
Entrada (1)	5.788,0	2.084,8	1.824,9	259,9	49,2	770,9	29,10
Saída (2)	4.467,2	2.027,3	1.689,5	337,7	39,5	712,5	27,08
Fluxo de gases (3)	-	-	-	-	12,7	88,7	-
Diferença (4) (1-2)	1.321,8	57,5	135,4	-77,8	-3,04	-30,3	2,02
Diferença % (4/1)	22,82	2,76	7,42	-29,93	-6,18	-3,93	6,94

O processo de compostagem apresentou bom desenvolvimento, permitindo a formação de composto orgânico com elevada concentração de nutrientes. A utilização de inoculante biológico reduziu as perdas de nitrogênio, permitindo a maior concentração deste elemento no composto orgânico. A metodologia utilizada na determinações dos fluxos de gases na compostagem apresentou resultados satisfatórios e foi comprovada pelo balanço de massa.

3.0 Viabilidade econômica da compostagem

Desenvolveu-se trabalho para determinar a viabilidade econômica da unidade de compostagem para produzir adubo a partir dos dejetos suínos utilizando-se os métodos de orçamentação total (Santos Filho et al, 2011). O galpão do leito de compostagem tem capacidade para tratar os dejetos produzidos na unidade de terminação de 1.000 suínos, tendo como medidas largura total da leira de 6 metros, dividida em duas leiras virtuais de 3 metros cada, com uma altura de 1,20 metros e comprimento de 37,00 m. A depreciação das instalações, máquinas e equipamentos foi calculada pelo método linear, pressupondo uma vida útil de 20 anos para instalações e 10 anos para máquinas e equipamentos. O custo de oportunidade de capital investido foi estimado com sendo 6% ao ano. Os custos variáveis incluem gastos com substrato (serragem/maravalha), energia elétrica, mão-de-obra com encargos, manutenção, seguro e outros. O substrato tem três valores simulados: a) comprada com base no valor de R\$ 38,00/m³; b) mistura de 50% de maravalha e serragem de baixa qualidade comprada a R\$ 20,00/m³ com serragem comprada a 15,00 R\$/m³; e c) maravalha produzida na propriedade a um custo de R\$ 13,50/m³. Manutenção e seguro de fábrica foram estipulados em 3% e 1% a.a. respectivamente do valor de investimentos iniciais em máquinas, equipamentos e obras civis. Encargos Sociais: Contribuições, provisões e impostos somam um valor aproximado de 46,27%. O custo para a construção do galpão do leito de compostagem foi de R\$ 65,00/m² e a construção do piso em concreto de 8 cm para impermeabilizar o solo custou R\$ 437,50 m³. Na tabela 4 é apresentado o resultado da simulação de uma unidade de terminação de suínos com 1.000 animais que permanece na propriedade por 120 dias e com produção diária de 7 litros de dejetos por suíno alojado.

TABELA 4- Itens de custo para produção de composto.

Coefficientes Técnicos	Valores
Dimensões do Galpão (m ²)	533,75
Maravalha Inicial (m ³)	457,50
Lotes de Composto por ano	4,00
Energia Elétrica KWH	13,23
Total de Composto Gerado (kg)	104.975,45
Revolvedor (unidade)	45.000,00
Valor das instalações	63.516,25
Demais equipamentos (termohigrômetro, termômetros)	1.034,00

Fonte: Cálculo dos autores (Santos Filho et al, 2011).

O resumo do custo de produção do composto esta apresentado na Tabela 5. Os resultados mostram a grande importância da maravalha/serragem no resultado final do custo de produção. Para os valores da maravalha de R\$ 38,00 ela representou, na simulação apresentada, 77,80% dos custos variáveis e 66,53% dos custos totais. O custo fixo, representado pela depreciação e juros sobre o capital representam somente 14,49% dos custos totais. Também merece destaque o custo com energia elétrica, que representou 11,46% dos custos totais.

TABELA 5- Custo de produção do composto de efluentes líquidos de suínos (em reais).

Itens de custo	Maravalha Comprada	Mistura Maravalha Serragem	Maravalha Produzida
Depreciação	2.671,33	2.671,33	2.671,33
Juros sobre capital investido	1.113,76	1.113,76	1.113,76
Maravalha	17.385,00	8.006,25	6.348,35
Energia Elétrica	2.994,92	2.994,92	2.994,92
Mão de obra com encargos	475,05	475,05	475,05
Manutenção	468,01	468,01	468,01
Seguro	371,25	371,25	371,25
Outros	650,83	650,83	319,73
Total	26.130,15	16.751,40	14.762,40
Custo por tonelada	248,92	159,57	140.63,00

Fonte: Cálculo dos autores (Santos Filho et al, 2011).

A receita bruta é calculada através do peso final do composto, considerando a matéria seca (MS) para o composto, substrato e dejetos líquidos de respectivamente 45%, 88% e 6% respectivamente, e considerando o fato de, segundo Higarashi (2006) e Agnes (2012), 30% do total de maravalha e 95% dejetos secos misturados na leira são consumidos durante o processo de compostagem, portanto há uma redução considerável no peso do composto final gerado. Ainda não existe um mercado consolidado para o composto orgânico originário da suinocultura. Mesmo os compostos orgânicos de forma geral apresentam preços bastante variáveis, mostrando que este ainda é um mercado em fase de consolidação. Na região oeste catarinense existem experiências comerciais envolvendo compostos orgânicos com preços variando entre R\$ 250,00 e R\$ 700,00 por tonelada.

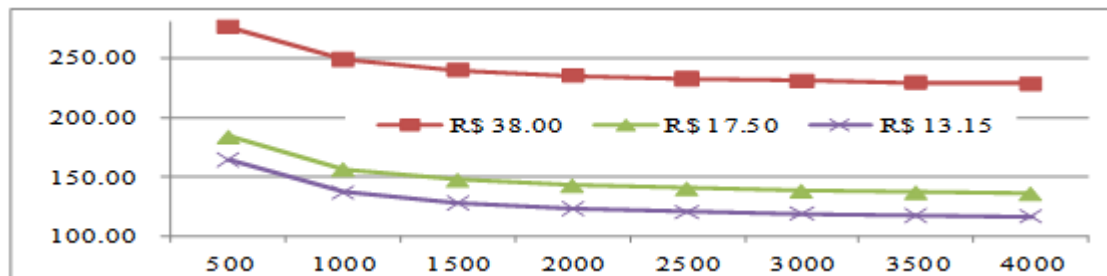


Figura 6 – Efeito da escala no custo de produção do composto com preços da serragem ou maravalha selecionados.

Fonte: Calculo dos autores (Santos Filho et al, 2011).

Por final tem-se que o custo de produção do composto tem relação direta com o custo da maravalha e é também impactado, ainda que com um efeito menor, pela escala da produção de suínos na propriedade (Figura 6).

4.0 Arranjo Tecnológico

Considera-se como arranjo tecnológico o uso das seguintes técnicas: compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos e resíduos da produção de aves de postura, em granjas de produção, a geração de serragem produzida em serrarias (madeireiras) ou mesmo de produção própria em áreas de reflorestamento destinadas para esta finalidade e o desenvolvimento de fabricas de adubo orgânico nas regiões de produção para o processamento e embalagem do composto. Neste arranjo é possível também considerar a possibilidade da integração produção de suínos ou aves de postura, pastagem para bovinos de leite, plantio de floresta para obtenção de áreas de sombreamento para o gado e geração de serragem para alimentar os leitões de compostagem. Em estudo de simulação verificou-se que para uma granja com 1.000 suínos na fase de crescimento e terminação, com sistema de tratamento dos dejetos via processo de compostagem, é necessário um reflorestamento com apenas 3 ha, com previsão de cortes de 0,5 ha anuais, para atender a demanda de serragem na compostagem que é de 275 m³ para cada ciclo de tratamento (0,17 ha) com previsão de 3 ciclos anuais. Considerou-se neste estudo a geração de 550 m³ de madeira bruta estéril por ha de reflorestamento, sendo estimado para cada 1m³ de madeira bruta produzida a geração de 3m³ de serragem.

5.0 Conclusões

Os trabalhos demonstraram ser tecnicamente viável o uso da unidade automatizada de compostagem para o tratamento dos dejetos suínos e os resíduos da avicultura de postura. Sendo que a composição final do composto orgânico está de acordo com as especificações da Instrução Normativa IN-25 do MAPA, para comercialização de compostos e fertilizantes orgânicos.

Nestes trabalhos foi possível medir com precisão as emissões dos gases e comprovar com balanço de massa. Além disso, podemos concluir que o processo de compostagem quando manejado de forma a garantir as condições aeróbias gera quantidades insignificantes de emissões de N₂O e CH₄, prevalecendo às emissões de gases como N₂, NH₃ e CO₂ que apresentam baixo potencial de aquecimento global.

O arranjo de tecnologias de produção suínos e aves, compostagem, reflorestamento, associados a produção de bovinos de leite, parece ser promissora para a viabilidade e aumento do efetivo suinícola em pequenas e médias propriedades nas regiões sul e sudeste, permitindo o manejo adequado dos resíduos da produção de suínos com incremento de renda aos produtores e minimização do impacto ambiental.

A compostagem é uma proposta tecnológica promissora e ações de pesquisa que aumente o seu valor como adubo poderá torná-la ainda mais atrativa. Além do valor de venda do composto, a sua viabilidade dependerá da escala de produção e do custo de obtenção da fonte de carbono (serragem ou palha).

6.0 Literatura Citada

AUBERT, C., 2006. Le compostage des fumiers de volailles : Recueil des interventions – le compostage à la ferme des effluents d'élevage. ITAVI-Ploufragan. **Sciences et Techniques Avicoles**, juillet, 2006, N° 56, p.10-15.

ANGNES, G.; OLIVEIRA, P.A.V.; MILLER, P.R.M.. Emissão de gases em sistemas de compostagem usado no tratamento dos dejetos de suínos. **X Cong. Lat. y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XLI Cong. Bras. de Eng. Agrícola CLIA/CONBEA 2012. Londrina, PR, Brasil, 15 a 19 de julho 2012.**

FUKUMOTO, Y., OSADA, T., HANAJIMA, D., HAGA, K. Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration – effect of compost pile scale. **Bioresource Technol.** 89, 109–114, 2003.

IPCC 2006. Climate change. In: Houghton J.T. et al. Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 **Emissions Scenario**. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

OENEMA O.; BANNINK A.; SOMMER S.G.; VELTHOF G.L. 2001. Gaseous nitrogen emissions from animal production systems. In: Follett R.F. and Hatfield J.L. (eds), Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. Elsevier Sci, Amsterdam, The Netherlands, pp. 255–289.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M; **Unidade de Compostagem para o tratamento dos dejetos de Suínos**. Série Documentos DOC-114, Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves. 2006.

OLIVEIRA, P. A. V.; NICOLOSO, R. S.; HIGARASHI, M. M, SANTOS FILHO, J. I. Desenvolvimento de unidade de compostagem automatizada para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos. 48ª **Reunião Anual da Soc. Bras. de Zootecnia**, Belém, PA, 18 a 21 de Julho de 2011.

PAILLAT, J.-M.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; LETERME, P., 2005. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon & nitrogen biodegradability during animal waste composting. **Atmos. Environ.** 39, 6833–6842.

PROCHNOW, L.I.; KHIEL, J.C.; PISMEL, F.S.; CORRENTE, J.E. Controlling ammonia losses during manure composting with the addition of phosphogypsum and simple superphosphate. **Sci. Agric.**, 52:346-349, 1995.

ROBIN, PAUL; HASSOUNA, M.; LELEU, C.; RAMONET, Y.; PAILLAT, J.-M. 2006 Protocole de mesure simplifiée des émissions gazeuses en élevage. UMR Sol Agronomie Spatialisation/INRA. Rennes. 22 p. disponível em <http://www.rennes.inra.fr/umrsas/cnouv1.htm>

SANTOS FILHO, J. I.; OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M, SULENTA, M.; HENN, J. D. Viabilidade econômica da unidade de compostagem de dejetos suínos. 48ª **Reunião Anual da Soc. Bras. de Zootecnia**, Belém, PA, 18 a 21 de Julho de 2011.

ROBIN, P.; AUBERT, C.; BLINÉ, D.; TRICOT, G.; VACHER, V., 2001. Maîtrise du compostage de fumiers de volailles à la ferme : mélange initial, retournements, couvertures. **Sciences & Techniques Avicoles** – n° 35. Avril.

TIQUIA, S.M. ; TAM, N.F.Y., 2002. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. **Process Biochem.** 37, 869–880.