

CAPÍTULO 3

Redução de emissão de metano e gás sulfídrico por meio do tratamento de dejetos suínos via compostagem

Martha Mayumi Higarashi

Luana Goulart Sardá

Susana Muller

Paulo Armando Victoria de Oliveira

Introdução

A suinocultura brasileira, historicamente, se constitui em um setor de grande importância para as pequenas propriedades rurais, sendo que aproximadamente 82% dos animais são criados em unidades de até 100 ha. A atividade estava presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades do país onde empregava-se mão-de-obra familiar, gerando renda e estabilidade social (IBGE, 1991). No entanto, após quase três décadas, a cadeia produtiva se tornou cada vez mais especializada, diminuindo o número de produtores e aumentando a produção de maneira considerável.

No estado de Santa Catarina, onde se concentra a maior produção suinícola do país, representando cerca de 12% do rebanho nacional, a análise censitária de 1985 a 1996 apontou alterações significativas na estrutura produtiva e no perfil tecnológico da suinocultura estadual. Neste período ocorreu uma diminuição do número de propriedades com suínos e na quantidade de produtores que detêm na suinocultura sua principal atividade, indicando uma forte concentração da produção e aumento da produtividade do rebanho industrial, representando uma elevação de 86% na participação deste segmento (GUIVANT; MIRANDA, 1999).

Com a crescente adoção deste sistema de produção intensivo em função do desenvolvimento acelerado da suinocultura, paralelamente ocorreu a falta de adequação dos sistemas de manejo e armazenamento, e a atividade se transformou num fator de desequilíbrio ambiental, destacando-se a contaminação do solo e dos recursos hídricos por nitrogênio, fosfato e organismos de risco sanitário e por consequência, a morte de peixes, proliferação de borrachudos e moscas (GUIVANT; MIRANDA, 1999; MIRANDA, 2007; SEGANFREDO, 2007). Além disso, ressalta-se a emissão de gases, tanto aqueles que contribuem para o efeito estufa, tais como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O), como gases poluentes como gás sulfídrico (H_2S), que participa na formação das chuvas ácidas, e a amônia (NH_3) que pode

causar a eutrofização de corpos d'água. Estes gases também geram maus odores e podem afetar a saúde humana e o ambiente, provocando desconforto para a população ao redor das zonas de produção e alterando os ecossistemas naturais (HOBSON et al, 2005; BLUNDEN et al, 2008).

Considerando que os dejetos de suínos são utilizados para adubação das lavouras, aumentando a sobrecarga destes resíduos por unidade de área nas propriedades, já que na sua maioria a estrutura fundiária e a proporção de terras aptas para agricultura permaneceu a mesma. A alternativa adotada pelos produtores foi, e ainda é, a transferência do excedente para propriedades vizinhas, isso se mostra cada vez menos oportuno, pois além dos custos de transporte, existe o potencial poluidor da suinocultura já citado acima.

Uma forma de reduzir o impacto ambiental e os níveis de emissões desses gases da atividade suinícola é a utilização da compostagem dos dejetos suínos, manejando os resíduos na forma sólida. Como o processo de compostagem é aeróbio, as emissões de gases são reduzidas, além de que a aplicação do composto orgânico no solo poderá contribuir para aspectos químicos, físicos e biológicos, melhorando sua capacidade de armazenamento de água, porosidade e estabilidade de agregados do solo e possibilitando a disponibilidade de nutrientes para as plantas (RCHIGL, 1995). A tecnologia também propicia o uso do adubo orgânico em propriedades mais distantes do que normalmente acontece com os dejetos líquidos, pois o produto final possuirá menor volume e será sólido, além de facilitar o armazenamento do mesmo.

Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de estudar o efeito da conversão do manejo dos dejetos de suínos da forma líquida para sólida (por meio da compostagem), sobre as taxas de emissões de gases de efeito estufa e gases poluentes, com a perspectiva de desenvolver estratégias de mitigação dos impactos atmosféricos da atividade.

Material e métodos

Comparou-se a emissão de gases (CH_4 e H_2S) entre o manejo dos dejetos suínos na forma sólida (compostagem) e líquida (esterqueira). Os estudos de caso foram conduzidos em uma plataforma de compostagem piloto, localizada no campo experimental da Embrapa Suínos e Aves, na cidade de Concórdia, SC.

Os dois sistemas avaliados consistiram de compostagem e esterqueira, cada um com duas repetições, realizadas em quatro caixas de madeira de $0,84 \text{ m}^3$ de volume, com as seguintes dimensões internas: $0,545 \text{ m}$ de largura, $1,98 \text{ m}$ de comprimento e $0,78 \text{ m}$ de altura (Figura 1).



Figura 1. Representação esquemática e construção das instalações onde foi conduzido o experimento

Utilizou-se um volume de 735 L de dejetos de suíno para cada repetição, tanto para a compostagem como para a esterqueira. Para o tratamento de compostagem usou-se $122,5 \text{ kg}$ de substrato (maravalha de pinus) e os dejetos utilizados foram coletados na granja de suínos da unidade demonstrativa da Embrapa Suínos e Aves, onde encontravam-se alojados 48 suínos em terminação, com produção diária de $0,336 \text{ m}^3$ de dejetos líquidos. Os dejetos empregados foram amostrados a cada aplicação e analisados no laboratório de análises físico-químicas da Embrapa Suínos e Aves, utilizando metodologias padronizadas (APHA/

AWWA/WEF, 1994).

As características físico-químicas dos dejetos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas dos dejetos utilizados

Datas de coleta	Carbono Orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Sólidos Totais (%)	Sólidos Voláteis (%)	Sólidos Fixos (%)
14/07/08	1,5	0,260	2,24	1,63	0,661
21/07/08	0,99	0,223	2,19	0,566	0,621
28/07/08	1,5	0,329	2,23	1,49	0,733
04/07/08	1,3	0,282	2,30	1,67	0,633

A aplicação do dejetos à maravalha foi feita de acordo com metodologia descrita por Nunes (2003), com o parcelamento das aplicações, intercaladas em uma semana até se atingir a proporção de seis litros de dejetos para cada um quilo de maravalha. Na primeira aplicação foi adicionado o equivalente a 40% do total a ser impregnado, na segunda 30%, na terceira 20% e na última 10%.

As etapas e as proporções de dejetos aplicado estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Etapas de aplicação do dejetos líquido de suínos

Datas da aplicação	Porcentagem de aplicação (%)	Quantidade de dejetos líquido suíno (L)
14/07/08	40	294
21/07/08	30	220,5
28/07/08	20	147
04/07/08	10	73,5

O monitoramento da emissão dos gases se deu durante 60 dias e as coletas ocorreram diariamente durante o primeiro mês e duas vezes por semana durante o segundo mês, tanto nas leiras de compostagem como nas esterqueiras. O equipamento utilizado para o monitoramento da emissão de gases foi o modelo X-AM 7000 da Dräger, equipado

com sensores infravermelhos para a medição dos gases metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), e um sensor eletroquímico para medição de gás sulfídrico (H_2S).

A mensuração dos gases foi feita utilizando a metodologia de câmara estática conforme a Figura 2, na qual os gases emitidos pela superfície da compostagem de dejetos de suíno são concentrados em uma câmara de polietileno disposta sobre a superfície da leira de compostagem e aspirado numa vazão de 0,5 L/min pelo medidor de gases. Em cada leito de compostagem efetuou-se a leitura de emissão de gases em três pontos de coletas, sendo que em cada ponto as leituras foram feitas por três minutos. Nas esterqueiras as leituras ocorreram em dois pontos de coleta em cada repetição, e em cada ponto as leituras foram feitas por dois minutos. Os tempos e pontos de amostragem foram definidos por meio de diversos experimentos específicos para a otimização da metodologia analítica. Os dados gerados foram transformados conforme Sommer e Møller (2000).

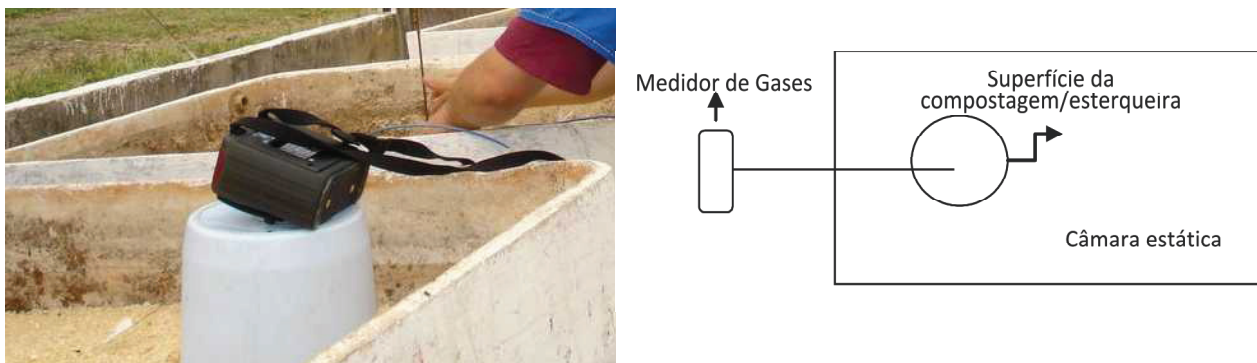


Figura 2. Metodologia da câmara estática empregada para medição da emissão de gases

Para avaliar o desenvolvimento da compostagem, foi realizado o monitoramento da temperatura da biomassa pela introdução de termopares (fios de liga de Cobre Constantan) no interior de cada uma das leiras a uma profundidade de 30 cm. As leituras foram realizadas diariamente no mesmo horário (10h).

As amostras da massa em compostagem foram coletadas semanalmente para o acompanhamento da evolução físico-química do processo. Coletaram-se cinco subamostras nas profundidades de 0,40 e 0,20 m de altura para formar uma amostra composta que foi encaminhada para o laboratório de análises físico-químicas da Embrapa Suínos e Aves para serem processadas e analisadas de acordo com as metodologias oficiais (TEDESCO et al, 1995; CUNNIFF, 1995). Os parâmetros analisados foram Matéria Seca (MS), Carbono Orgânico (CO) e Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).

Resultados e discussões

Emissão de gases no manejo sólido e líquido dos dejetos suínos

Os resultados obtidos para as medidas da emissão de CH_4 nas duas esterqueiras e nas duas leiras de compostagem são mostrados na Figura 3. Os dados demonstram que na compostagem a emissão desse gás é expressivamente menor que no armazenamento líquido, o que já era esperado, uma vez que nas esterqueiras predominam os processos anaeróbios, enquanto que na compostagem predominam os processos aeróbios. Ainda na Figura 3 é possível observar que a emissão de CH_4 na compostagem ocorre somente nos períodos de incorporação do dejetos ao substrato. A emissão das esterqueiras também foi maior durante esse mesmo período inicial porque, a cada incorporação de dejetos ao substrato, também era adicionado às esterqueiras igual volume do mesmo dejetos. Assim, nessa etapa, as esterqueiras foram abastecidas semanalmente com dejetos frescos que, além disso, geravam turbulências na massa líquida, fazendo com que a emissão de CH_4 se intensificasse. Passada a fase de incorporação (21º dia), as esterqueiras passaram a apresentar uma emissão relativamente estável de CH_4 , mas significativa, enquanto que na compostagem a emissão observada esteve abaixo do limite de detecção do equipamento empregado, o que evidencia que a fonte de matéria orgânica mineralizada pelos microrganismos, no período avaliado, era oriunda do dejetos (mais biodegradável).

Considerando-se o valor médio das duas repetições de cada tratamento, verificou-se que a quantidade acumulada de C-CH₄ emitida em cerca de 60 dias pelas esterqueiras foi aproximadamente sete vezes maior que pela compostagem.

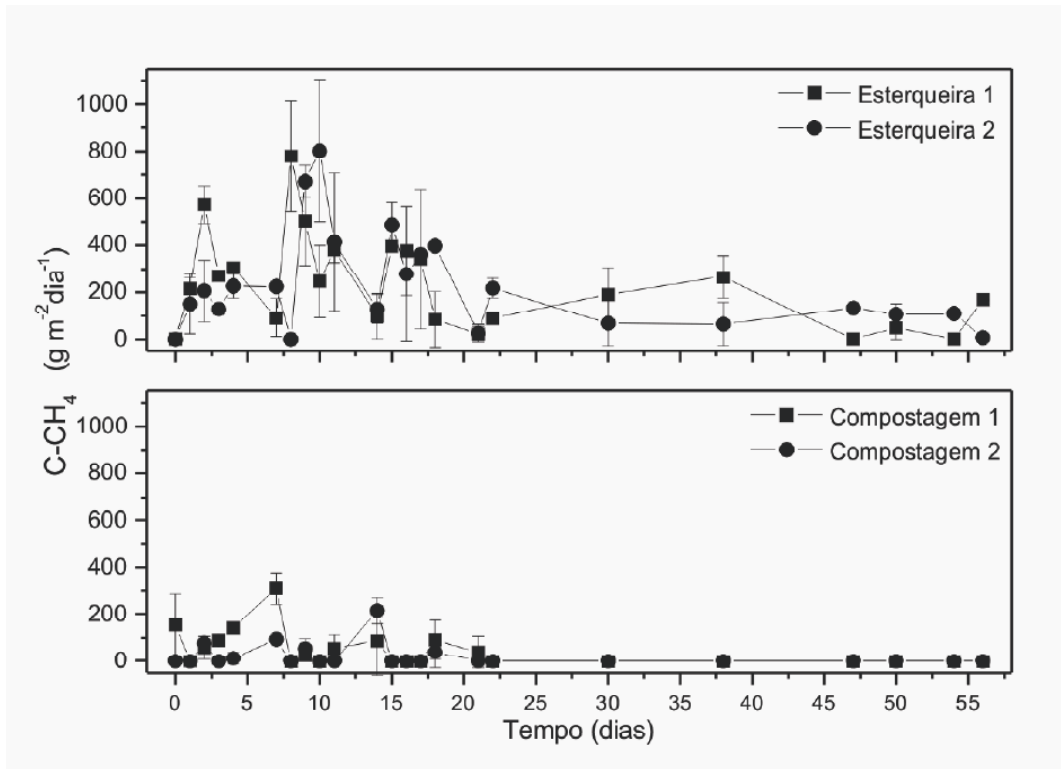


Figura 3. Valores observados de metano dos depósitos líquidos (esterqueiras) e compostagem

Os resultados da emissão de H₂S no depósito líquido e na compostagem (Figura 4) demonstra que a emissão desse gás foi drasticamente reduzida ao se modificar o manejo para a forma sólida. De forma geral, a emissão ficou abaixo do limite de detecção do equipamento empregado (0,01 ppm), fato já esperado e amplamente observado de forma empírica.

Essa perceptível redução do odor característico do H₂S é recorrentemente relatada como uma das maiores vantagens percebidas por produtores e moradores de áreas próximas de granjas que adotaram o manejo dos dejetos na forma sólida (compostagem ou criação em cama sobreposta). Levando-se em consideração a alta sensibilidade do olfato

humano ao H_2S – 0,0005 a 0,2 ppm (DRAFT..., 2004), tais relatos devem ser levados em consideração.

Novamente, nota-se uma maior emissão de gás sulfídrico no período inicial (durante impregnação) pelas mesmas razões descritas para o metano (Figura 4). Alia-se a isso o fato que, na ausência das turbulências causadas pela adição de novos dejetos às esterqueiras, formam-se crostas sob a superfície líquida, decorrente da alta concentração de sólidos do dejetos. Essas barreiras físicas reduzem significativamente a emissão de gases odorosos das esterqueiras (HÖRNIG et al., 1999; GUARINO et al., 2006).

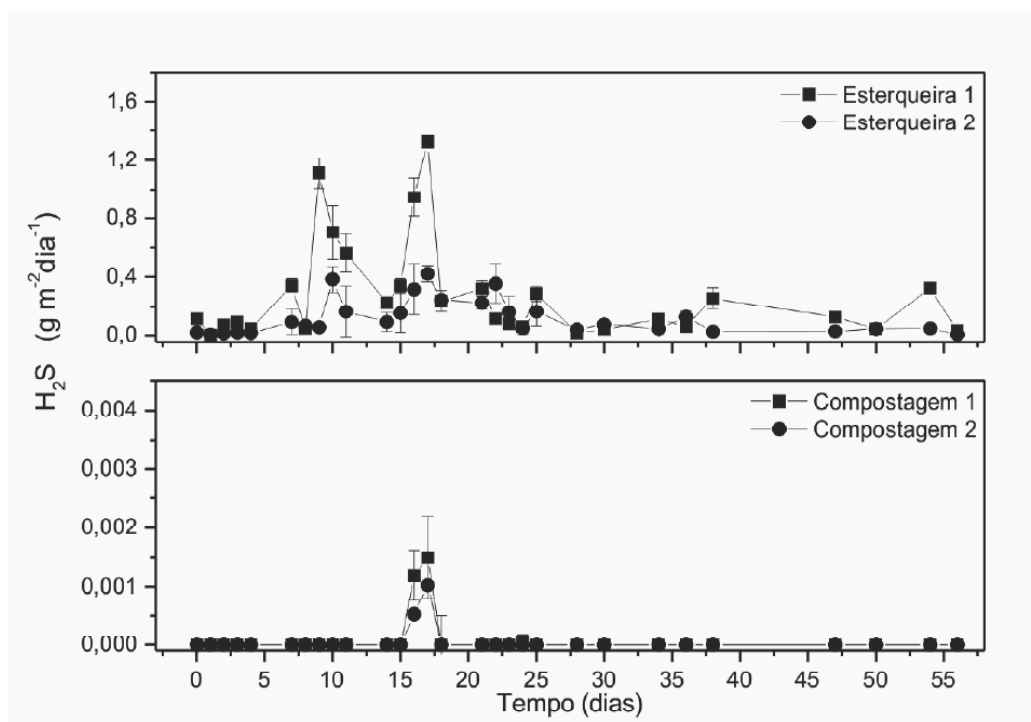


Figura 4. Valores observados de emissão de gás sulfídrico (H_2S) de depósitos líquidos (esterqueiras) e compostagem

Eficiência do processo de compostagem

Neste trabalho, utilizaram-se dejetos com teor médio de sólidos totais de 2,24% (Tabela 2), fator que afetou a eficiência do processo de compostagem, pois as temperaturas não ultrapassaram 52°C (Figura 5) e a relação C/N final permaneceu em 39,53, considerando que a inicial foi de 106,07 (Tabela 3). Uma compostagem aeróbia é um processo onde os microrganismos transformam naturalmente o material biodegradável num produto humificado, destruindo os microrganismos patogênicos, convertendo o nitrogênio que está instável em formas orgânicas estáveis, reduzindo o volume dos resíduos e utilizando-se como adubo para produção de alimentos. Destaca-se a importância da utilização de dejetos com teor de sólidos acima de 3%, pois com isso aumenta-se o teor de carbono orgânico.

Tabela 3. Evolução da matéria seca e da relação carbono/nitrogênio (C/N) do composto orgânico

Dias	Matéria Seca	Relação C/N
0	34,14	106,07
7	31,52	46,08
14	31,55	44,40
21	25,30	39,24
28	28,9	45,20
42	31,50	44,08
56	32,00	39,53

Para que o processo de compostagem seja realizado com sucesso, deve-se ter cuidado com alguns fatores como: temperatura, aeração, umidade e controle apropriado da concentração de nutrientes. A relação C/N é o fator mais importante para a eficiência do processo de compostagem e para a qualidade do composto, para posterior utilização como adubo (ZHU, 2007).

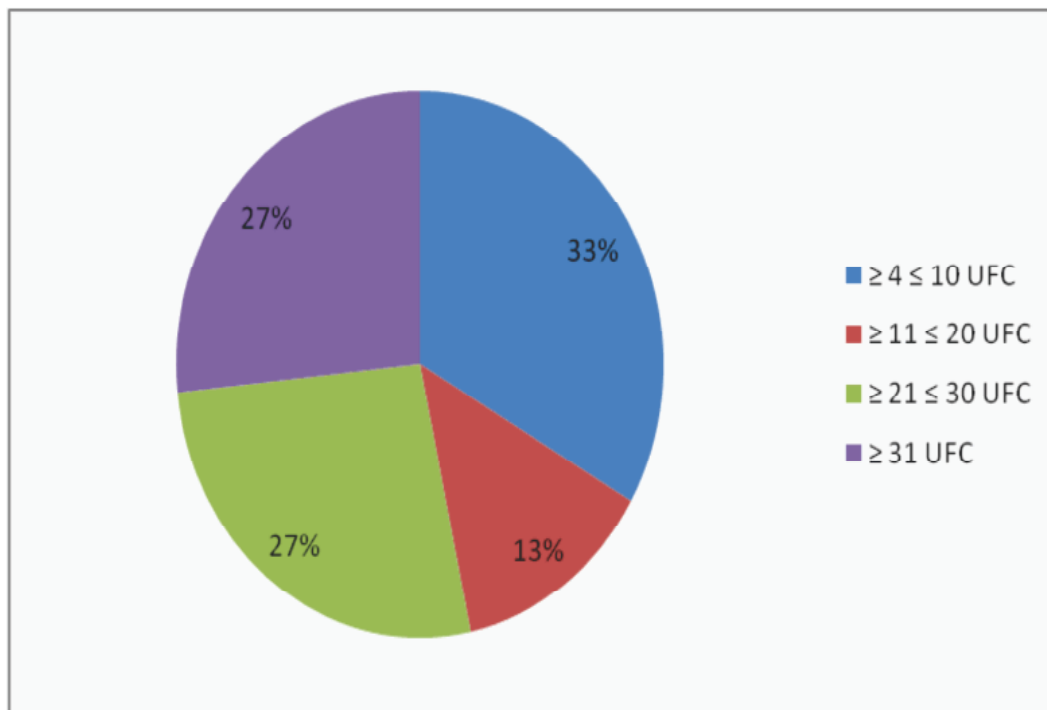


Figura 5. Média das temperaturas internas das leiras de compostagem

Para que se atinja uma relação C/N final ideal (≤ 20) deve-se aumentar o teor de carbono orgânico para facilitar o desenvolvimento dos microrganismos termofílicos, que são responsáveis pela elevação das temperaturas, e a aceleração do processo de degradação dos resíduos orgânicos. Com a queda da temperatura, a atividade dos microrganismos termofílicos diminui e ocorre a perda de calor e a evaporação de água (PAILLAT et al, 2005; ZHU, 2007). Huang et al. (2006) avaliaram alguns parâmetros físico-químicos na compostagem de dejetos suínos e observaram decréscimo gradual do teor de carbono orgânico e aumento das temperaturas ao longo de 21 dias. Em seguida, as temperaturas começaram a declinar e a relação C/N também diminuiu consideravelmente no final do processo de compostagem, período compreendido até os 63 dias, demonstrando que o composto atingiu a maturação e poderia ser utilizado como adubo orgânico.

Assim, é importante lembrar que o manejo dos dejetos na forma sólida será mais eficiente conforme se aumenta o teor de sólidos nos dejetos suínos pela elevação do teor de carbono orgânico e a diminuição da relação carbono/nitrogênio, proporcionando um composto orgânico com

maior concentração de nutrientes e valor econômico.

Conclusões

Nas condições em que o trabalho foi executado, conclui-se que a compostagem reduz a emissão de CH_4 e H_2S comparado à esterqueira. O baixo teor de sólidos presentes em dejetos muito diluídos prejudica a eficiência da compostagem.

Agradecimentos

À FAPESC pelo suporte financeiro, ao CCA/UFSC e à Embrapa Suínos e Aves pelo apoio e suporte técnico para a execução do presente trabalho.

Produção técnico-científica do projeto

Orientações de graduação e pós-graduação

Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Mestrado em Agroecossistemas: "Compostagem como alternativa de tratamento dos dejetos suínos e a redução da emissão de gases poluentes" - Luana Goulart Sardá, defendida em 29/05/2009.

Monografia de final de graduação pela Universidade do Contestado, Curso de Engenharia Ambiental: "Compostagem de dejetos de suínos" - Susana Muller, concluída no segundo semestre de 2008.

Publicações

SARDÁ, L. G.; MULLER, S.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de; FRANCISCON, L. Emissão de metano e dióxido de carbono durante compostagem de dejetos de suínos: fase de incorporação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais [das] palestras**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009. v. 2 p. 191-195.

SARDÁ, L. G.; HIGARASHI, M. M.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A. V. de; COMIN, J. J. Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 1008-1013, 2010.

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ, L. G.; OLIVEIRA, P. A. V. de.; COMIN, J. J.; CURIOLLETTI, F.; BRINGHENTI, M.; MATTEI, R. M. Influência da diluição no desenvolvimento da compostagem de dejetos de suínos com maravalha In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 5.; MERCOSUR, 2., 2009, Rosário. **Actas: el compromiso de la ingeniería rural con el desarrollo territorial**. Rosário: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2009.

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ, L. G.; OLIVEIRA, P. A. V. de.; MULLER, S.; COMIN, J. J. Comparação da emissão de metano e gás sulfídrico entre duas formas de manejo de dejetos suínos - esterqueira e compostagem. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 5.; MERCOSUR, 2., 2009, Rosário. **Actas: el compromiso de la ingeniería rural con el desarrollo territorial**. Rosário: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2009.

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ, L. G.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A. V. de; MATTEI, R. M.; COMIN, J. J. **Metodologia para medir a emissão de CH₄, CO₂ e H₂S em compostagem de dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010, 5 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 479).

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ, L. G.; OLIVEIRA, P. A. V. de. The influence of bulking agents on ammonia emission from swine manure co-composting. In: RAMIRAN INTERNATIONAL CONFERENCE, 14., 2010, Lisboa. **Treatment and use os organic residues in agriculture: challenges and oportunites towards sustainable management.** Lisboa: Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

Referências

APHA/AWWA/WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1994. 1368 p.

BLUNDEN, J.; ANEJA, V. P.; OVERTON, J. H. Modeling hydrogen sulfide emissions across the gás-liquid interface of an anaerobic swine waste treatment storage system. **Atmospheric Environment**, v. 42, p. 5602-5611, 2008.

CUNNIFF, P. (Ed.) **Official methods of analysis of AOAC International.** 16. ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1995. 2 v.

DRAFT toxicological profile for hydrogen sulfide update. [Atlanta, Ga.]: U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004.

GUARINO, M.; FABBRI, C.; BRAMBILLA, M.; VALLI, L.; NAVAROTTO, P. Evaluation of simplified covering systems to reduce gaseous emissions from livestock manure storage. **Transactions of the ASAE**, v. 49, n. 3, p. 737-747. 2006.

GUIVANT, J. S.; MIRANDA, C. As duas caras de Jano: agroindústrias e agricultura familiar diante da questão ambiental. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 85-128, 1999.

HOBSON, A. M.; FREDERICKSON, J.; DISE, N. B. CH₄ e N₂O from mechanically turned windrow and vermicomposting systems following in-vessel pre-treatment. **Waste Management**, v. 25, p. 345-352, 2005.

HUANG, G. F.; WU, Q. T.; WONG, J. W. C.; NAGAR, B. B. Transformation of organic matter during composting of pig manure with sawdust. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1834-1842, 2006.

IBGE. **Censo agropecuário 1985** – Santa Catarina. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 660 p. (Censo econômico nº. 23).

MIRANDA, R. C. Aspectos ambientais da suinocultura brasileira. In: SEGANFREDO, M. A. (Ed.). **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 13-36

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 101 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PAILLAT, J. M.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; LETERME, P. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon and nitrogen biodegradability during animal waste composting. **Atmospheric Environment**, v. 29, p. 6833-6842, 2005.

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos de suínos e seus riscos ambientais no uso como fertilizante. In: SEGANFREDO, M. A. (Ed.). **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 149-175.

SOMMER, S. G.; MOLLER, H. B. Emission of greenhouse during composting of deep litter from pig production: effect of straw content. **Journal of Agricultural Science**, v. 134, p. 327-335, 2000.

TEDESCO, M. J.; GAINELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.;
VOLKWEISS, J. S. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed.
Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim
Técnico [de Solos] / UFRGS. Departamento de Solos, 5).

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 9-13, 2007.