



PROJETO DE CONTROLE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA SUINOCULTURA EM SANTA CATARINA

UNIDADE DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS



República Federativa do Brasil

Presidente: Luiz Inácio Lula da Silva

Vice-Presidente: José Alencar Gomes da Silva

Ministério do Meio Ambiente

Ministra: Marina Silva

Secretário-Executivo: Cláudio Langone

Diretor de Articulação Institucional: Volney Zanardi Júnior

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina

Secretário de Estado: Sérgio de Souza Silva

Fundação do Meio Ambiente - FATMA/SC

Presidente: Jânio Wagner Constante

Embrapa Suínos e Aves

Chefe-Geral: Elsio Antonio Pereira de Figueiredo

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios: Claudio Bellaver

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Terezinha Marisa Bertol

Chefe-Adjunto de Administração: Dirceu Benelli

Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II

Coordenação Geral do Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II

Coordenadora Geral: Lorene Bastos Lage

Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais

Coordenadora: Adriana M. Magalhães de Moura

Coordenação Estadual do Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II

Coordenador: Luiz Antônio Garcia Corrêa

Coordenação Estadual do Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais - PNMAII

Cinthy Mônica da Silva Zanuzzi: Fundação do Meio Ambiente – FATMA/SC

Coordenador Técnico do Projeto Suinocultura Santa Catarina

Paulo Armando Victória de Oliveira: Embrapa Suínos e Aves

Agradecimentos especiais:

Regina Gualda: Coordenadora Geral do PNMAII de 2000 a 2005.

Maricy Marino: Coordenadora do Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais do PNMAII de 2000 a 2003.

Darci Oliveira de Souza: (Coordenadora do Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais do PNMA II – 2002 a 2004).

Adroaldo Pagani da Silva: Coordenador Operacional do Projeto Suinocultura Santa Catarina (2002-2004).

Alexandre Ferrazolli Camargo: Técnico Responsável pelo Projeto no estado de Santa Catarina.



PROJETO DE CONTROLE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA SUINOCULTURA EM SANTA CATARINA

Documentos 114

UNIDADE DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

Paulo Armando Victória de Oliveira
Martha Mayumi Higarashi

Ministério do Meio Ambiente
Secretaria Executiva
Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves

Caixa Postal 21

89.700-000, Concórdia, SC

Telefone: (049) 3441 0400

Fax: (049) 3442 8559

<http://www.cnpsa.embrapa.br>

Revisão Técnica: *Cícero J. Monticelli, Doralice Pedroso de Paiva, Nelson Morés*

Coordenação Editorial: *Tânia Maria Biavatti Celant*

Editoração Eletrônica: *Simone Colombo*

Normalização Bibliográfica: *Irene Z. Pacheco Camera*

Fotos: *Paulo Armando Victória de Oliveira*

1ª edição

1ª impressão: 2006 - **Tiragem:** 1.000 unidades

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Oliveira, Paulo Armando Victória de

Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. / Paulo Armando Victória de Oliveira, Martha Mayumi Higarashi. - Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

39p.; 29cm. – (Documentos/Embrapa Suínos e Aves, ISSN 0101-6245; 114)

Projeto de Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina; Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II do Ministério do Meio Ambiente.

1. Suínos-dejetos-manejo. 2. Compostagem. I. Higarashi, Martha Mayumi. II. Título. III. Série.

CDD 628.7466

© Embrapa 2006

INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES PROJETO SUINOCULTURA SANTA CATARINA

Unidade de Coordenação Estadual PNMA II

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável – SDS

Unidade de Coordenação Estadual do Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais

Fundação do Meio Ambiente – FATMA

Unidade Executora – Técnica e Financeira

Embrapa Suínos e Aves (2002 – novembro de 2005)

Fundação do Meio Ambiente – FATMA (Dezembro de 2005 2006)

Unidades Co-Executoras

Fundação do Meio Ambiente – FATMA

Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural – SAR

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC – EPAGRI

Parceiros

Associações

Associação Catarinense dos Criadores de Bovinos de Santa Catarina – ACCB/SUL

Associação Catarinense dos Criadores de Suínos de Santa Catarina – ACCS/SUL

Instituições de Ensino

Colégio Espaço Ltda

Escola Agrotécnica Federal de Concórdia – EAFC

Universidade do Contestado – UnC

Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Agroindústrias

Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia Ltda- Copórdia

Sadia S.A.

Prefeituras

Prefeitura Municipal de Concórdia através da Fundação Municipal de Defesa do Meio Ambiente- FUNDEMA

Prefeitura Municipal de Braço do Norte – PMBN

Sindicatos

Sindicato Rural de Braço do Norte – SRBN

Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Braço do Norte SC – STRBN

Outras

Grupo Ecológico Ativista Sul Catarinense – GEASC

Gerência Regional de Educação de Braço do Norte SC – 20ª GEREI

Centro Integrado de Ciências da Região Sul de Santa Catarina – CINCRESC

AUTORES

Paulo Armando Victória de Oliveira

Eng. Agrícola, Dr.

Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

BR 153, km 110, Caixa postal 21, 89.700-000

Concórdia – SC

paolive@cnpsa.embrapa.br

Martha Mayumi Higarashi

Química, Dr.^a

Pesquisadora Embrapa Suínos e Aves

BR 153, km 110, Caixa postal 21, 89.700-000

Concórdia – SC

martha@cnpsa.embrapa.br

Agradecimento

Os autores agradecem ao Ministério do Meio Ambiente-MMA e ao Banco Mundial (BIRD), pelo financiamento desta publicação e pela implantação do Projeto Suinocultura Santa Catarina, integrante do Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais do Programa Nacional de Meio Ambiente II – PNMA II, que viabilizou a implantação de diferentes tecnologias como unidades demonstrativas de alternativas para a minimização das questões ambientais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	SISTEMAS DE TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS	11
2.1	Sistema de produção de resíduo líquido	11
2.1.1	Tratamento de resíduos líquidos	12
2.2	Sistema de produção de resíduo Sólido	12
2.2.1	Sistema de cama sobreposta	13
2.2.2	Tratamento dos resíduos por compostagem	14
3	COMPOSTAGEM USADA PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS	14
3.1	Cuidados e parâmetros importantes para o bom funcionamento da compostagem de dejetos de suínos	16
4	EXPERIÊNCIA NO USO DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS	18
5	DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS (SISTEMA MANUAL).....	26
6	DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM AUTOMATIZADA PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS	28
6.1	Instalação da unidade de compostagem	28
6.2	Avaliação da unidade de compostagem	30
6.2.1	Fase de impregnação	30
6.2.2	Fase de maturação	31
6.2.3	Resultados obtidos	31
6.2.3.1	Temperatura da unidade de compostagem e da biomassa	32
6.2.3.2	Características físico-químicas do composto	32
7	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE UNIDADES DE COMPOSTAGEM ..	34
7.1	Vantagens	34
7.2	Desvantagens	35
8	CONCLUSÕES	35
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o único país da América Latina incluído na lista dos 10 maiores produtores mundiais de carne suína, sendo responsável por 7,5% das exportações mundiais. O rebanho suíno nacional em 2005 foi estimado em 32.396.439 cabeças, concentrando na região Sul cerca de 13.889.514 cabeças (42,87% do rebanho nacional) (Miele, 2006).

O Sul do país, por se constituir na região mais tradicional e sede das empresas líderes de mercado, tem uma participação ainda maior no alojamento de matrizes industriais (rebanho tecnificado), nos abates sob o Sistema de Inspeção Federal (SIF) e nas exportações. A região tem mais de 80% dos estabelecimentos suinícolas tecnificados, tanto pela sua importância nos abates totais, mas sobretudo por ter uma escala de produção menor comparado às regiões Sudeste e Centro-Oeste, com presença predominante da agricultura familiar.

Em termos de dinâmica espacial, a região Sul manteve nos últimos sete anos sua participação no rebanho e aumentou sua participação nas exportações, enquanto ocorreu aumento dos abates inspecionados nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, sendo que esta última também apresentou crescimento na sua participação no rebanho suíno nacional (Miele, 2006).

Santa Catarina destaca-se pela grande tecnificação de sua produção, sendo a suinocultura uma atividade importante do ponto de vista econômico e social, uma vez que se constitui em ferramenta de fixação do homem no campo e meio de geração de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva (Miele, 2006).

Os dejetos de suínos, até a década de 70, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-los, como adubo orgânico. O desenvolvimento da suinocultura intensiva trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos que são lançados ao solo, na maioria das vezes, sem critério e sem tratamento prévio, transformando-se em uma grande fonte poluidora dos mananciais de água (Oliveira, 2002; Oliveira, 2004).

Os criadores de suínos destinam grandes volumes de recursos com o intuito de melhorar a produção e a produtividade, mas muitas vezes esquecem de investir no controle da emissão de poluentes e na utilização agrônômica dos dejetos. De acordo com Konzen (2003) os dejetos de suínos podem se constituir em fertilizantes eficientes na produção de grãos e de forragens, desde que adequadamente dosados e estabilizados antes de sua utilização.

Os alarmantes índices de contaminação dos recursos naturais e a redução da qualidade de vida nos grandes centros produtores, são indicativos de que boa parte dos efluentes da produção de suínos estão aportando direta ou indiretamente ao solo e nos cursos d'água, sem receber um tratamento adequado (Perdomo, 2001).

Os dejetos de suínos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo utilizado e principalmente da quantidade de água em sua composição (Oliveira, 2004).

O sistema tradicional de manejo de dejetos utilizado na Região Sul (esterqueiras, bioesterqueiras e decantação), se baseia em conduzir os dejetos da área de criação dos animais, através de tubulações ou canaletas para um depósito. Nesse local, os dejetos permanecem por determinado tempo para fermentação, para depois

serem transportados com máquinas até as lavouras. Esse sistema, adequadamente instalado e manejado, apresenta bons resultados, desde que na propriedade exista área agrícola suficiente para absorver a quantidade de resíduo gerada.

A questão maior passa a ser a existência de área adequada na propriedade, tanto para as construções dos sistemas de armazenamento de resíduos como para a sua aplicação como fertilizante. Este problema é agravado pela ocorrência da incorporação de grandes volumes de água proveniente de bebedouros mal regulados, lavagem inadequadas das construções e água da chuva.

Além da poluição hídrica e do solo, deve-se também considerar a emissão de gases gerados pelos sistemas de tratamento adotados (Kermarrec, 1999; Zahn et al., 2001; Oliveira et al. 2000; Oliveira et al. 2003b).

A mudança global do clima é um dos mais graves problemas ambientais deste século. Este problema vem sendo causado pela intensificação da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), que, por sua vez, está relacionada ao aumento da concentração, na atmosfera da terra, de determinados gases, principalmente o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). A produção desses gases ocorre em condições de anaerobiose por intermédio das bactérias metanogênicas (Lima et al., 2001; Zahn et al., 2001). Os principais gases emitidos pelos sistemas de criação de suínos e tratamento dos dejetos são o CO_2 , CH_4 e os gases nitrogenados (NH_4 , N_2O e N_2) (Kermarrec, 1999; Oliveira, et al. 2003a).

Estudos de qualidade do ar têm indicado que as emissões dos sistemas anaeróbios de tratamento de dejetos suínos têm alto potencial de afetar negativamente a qualidade do ar local, regional ou até globalmente. Estas emissões representam uma grande preocupação devido aos efeitos prejudiciais destes gases na qualidade ambiental e no desconforto e saúde humana (Zahn et al., 2001; Oliveira et al., 2003b).

Muitos desses gases supracitados, além de serem tóxicos e/ou causadores de efeito estufa, podem gerar odor desagradável. Essas emissões, muitas vezes são sentidas à distâncias razoáveis, além dos limites da área da propriedade emissora. Adaptações para evitar a emissão de gases e odores, exigem investimentos econômicos consideráveis, tanto no modelo da edificação como nas estruturas de armazenamento e tratamento, bem como no sistema de transporte e distribuição (Medri, 1997; Oliveira et al., 1995; Oliveira, 2004).

Além das questões ambientais, outro importante fator a ser considerado é a questão econômica na escolha de um sistema de gerenciamento dos dejetos de suínos. De acordo com Oliveira et al. (2001), a má utilização do dejetos suíno como fertilizante agrícola decorre de sua composição extremamente diluída, o que inviabiliza economicamente a sua aplicação no solo.

Segundo Chiuchetta & Oliveira (2002), o custo de distribuição do dejetos líquido como fertilizante agrícola para adubar 1 hectare de lavoura de milho, utilizando-se de distribuidores de 4.000 L, é de R\$ 155,10 /ha para uma distância de 1km. Quando a distância do sistema de armazenamento de dejetos até a lavoura passar de 1 para 7 km, o custo de distribuição do adubo líquido aumenta para R\$ 471,90. Neste mesmo trabalho, os autores também fizeram as estimativas para a distribuição dos dejetos na forma sólida (composto). Utilizando distribuidores de 6 toneladas, tem-se um custo de R\$ 68,51/ha para uma distância de 1 km da unidade de produção de composto até a lavoura. Para uma distância de 7 km, estima-se um custo de R\$ 216,00/ha.

A exportação dos dejetos para regiões de maior demanda por nutrientes seria uma forma de contornar o problema, no entanto o transporte só é economicamente viável na forma de composto orgânico.

A atividade suinícola, na nova visão alicerçada nos princípios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL visando a sustentabilidade social, econômica e ambiental, depende de intervenções de gestão tecnológica e práticas de manejo e tratamento de dejetos, com a finalidade de reverter o quadro de degradação ambiental existente nas zonas de produção intensiva.

Os alarmantes índices de contaminação dos recursos naturais e deterioração da qualidade de vida nos grandes centros de produção de suínos sinalizam que a ótica de armazenagem e distribuição de dejetos líquidos no solo utilizados como estratégia de tratamento de dejetos, não atende adequadamente os interesses dos criadores e a exigência da Legislação Ambiental (Oliveira, 2002).

Desenvolver um modo de manejo e tratamento dos dejetos líquidos de suínos via processos de compostagem é uma alternativa promissora para assegurar a manutenção das zonas de produção intensiva, em razão da distribuição espacial, dos riscos de poluição causados pelo manejo líquido dos dejetos às águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos e do ar pelas emissões de NH_3 , CO_2 , N_2O e H_2S e, de outra parte, em função dos custos e dificuldades de tratamento de armazenamento, de transporte, de distribuição e de utilização na agricultura dos resíduos líquidos (oliveira, 1999; Kermarrec, 1999, Oliveira et al., 2003a; Paillat et al., 2005; Oliveira, 2004).

2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

Com a finalidade de melhor descrever os processos de manejo dos resíduos na suinocultura, podemos simplificá-los em dois sistemas de produção de resíduos, líquidos e sólidos.

A produção de resíduos líquidos ocorre nos sistemas convencionais de produção de suínos, onde os dejetos são manejados com grandes volumes de água (dejetos onde a concentração de sólidos totais é inferior a 8%).

A produção de resíduos na forma sólida ocorre em sistemas alternativos de produção de suínos e de manejo dos dejetos (resíduos onde a concentração de matéria seca é superior a 60%). Apresenta-se a seguir uma descrição resumida de cada sistema de manejo e tratamento dos dejetos de suínos, enfocando-se os processos realizados em fase sólida.

2.1 Sistema de produção de resíduo líquido

Nos modelos de edificações em uso nos sistemas convencionais de produção de suínos (95% das edificações existentes), todos os dejetos são manejados na forma líquida.

Nestes sistemas, o volume total dos dejetos líquidos produzidos (dejetos líquidos produzido pelos animais + perda de água nos bebedouros + água utilizada na limpeza + água da chuva misturada aos dejetos) requerem grandes estruturas para o armazenamento (os órgãos de fiscalização ambiental preconizam um tempo mínimo de 120 dias de retenção) e extensas áreas disponíveis com culturas suficientes para o aproveitamento agrônômico desses resíduos, além da disponibilidade de máquinas e equipamentos para o transporte e distribuição.

2.1.1 Tratamento de resíduos líquidos

O tratamento de dejetos de suínos, usualmente se processa em duas etapas: na primeira, é feita a separação física das fases sólida e líquida do dejetos. Esta etapa consiste em segregar as partículas sólidas mais grosseiras contidas nos dejetos da fração líquida e conduzir à obtenção de uma fração líquida mais fluída e de uma fração sólida, com umidade próxima a 70%. A separação de fases pode ser efetuada por processo de decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem, e a desidratação da parte líquida por vento, ar forçado ou ar aquecido (Medri, 1997; Oliveira, 2006).

A segunda etapa do tratamento de dejetos, consiste na depuração biológico, que normalmente é realizada utilizando-se de lagoas em série (Medri, 1997; Oliveira, 2002). As lagoas têm o objetivo de remover a carga orgânica, nutrientes e os patógenos indesejáveis e deixar o efluente líquido de acordo com a legislação ambiental, sendo que esta remoção se dá através de processos anaeróbios.

O processo de depuração mediado por microorganismos anaeróbios é o mais comumente empregado pelos produtores de suínos para o tratamento dos dejetos. Em se tratando de resíduos de suínos essa opção decorre do elevado teor de carga orgânica e da complexidade físico-química do substrato, aliados às diversidades de situações existentes e principalmente da condição técnico-econômica dos diferentes produtores (Costa et al., 1997; Kermarrec et al., 1998; Oliveira, 1999; Oliveira, 2003c; Robin et al., 1999).

Trabalhos de avaliação do tratamento de resíduos da suinocultura, realizados em sistemas de lagoas em série e em estações compactas, em granja produtora de suínos na região Oeste de Santa Catarina, demonstraram que, embora a eficiência dos sistemas promovam uma redução de aproximadamente 95% da carga orgânica, o resíduo final da última lagoa não pode ser lançado em cursos d'água, pois seus valores estão acima do permitido pela legislação ambiental vigente (Oliveira et al., 1995; Dalla Costa et al., 1997).

Além disso, os depósitos e lagoas, por serem estruturas abertas, resultam na emissão dos gases e odores característicos dos processos anaeróbios, como já mencionado, sendo que é importante se salientar que a legislação em vigor proíbe as emissões odoríferas na atmosfera perceptíveis fora dos limites da área da fonte emissora.

2.2 Sistema de produção de resíduo sólido

Nas últimas décadas, foram desenvolvidos sistemas alternativos de produção de suínos e de tratamento dos dejetos, gerando um produto final que é um composto orgânico na forma sólida. Podemos dividi-los em dois grupos:

- a) Sistema de produção de suínos em Cama Sobreposta - sistema este em que os animais são criados em edificações cujo piso de concreto foi substituído por um leito formado por um substrato (maravalha, palha ou casca de arroz);
- b) Sistema de compostagem para o tratamento dos dejetos líquidos - neste sistema os dejetos líquido bruto, produzido nos sistemas convencionais de produção de suínos, são misturados a resíduos sólidos (maravalha, serragem, palha), para o tratamento destes resíduos pelo processo de compostagem (Oliveira, 1999; Oliveira, 2003c; Paillat et al., 2005).

Nesses dois sistemas de manejo dos dejetos, o objetivo é o tratamento dos resíduos via processo de compostagem, dentro ou fora das edificações, com a finalidade de produção de composto orgânico e a redução do volume dos resíduos pela evaporação da água contida nos dejetos. Esses sistemas eliminam grande parte da água contida nos dejetos, via processos térmicos desenvolvidos na compostagem, concentrando os nutrientes e reduzindo a quantidade de resíduos produzidos. Os volumes de estocagem e os equipamentos necessários para o transporte e distribuição em área agrícola também são reduzidos (Oliveira, 1999; Oliveira, 2003c; Paillat et al., 2005).

2.2.1 Sistema de cama sobreposta

A produção de suínos em sistemas Cama Sobreposta (Deep Bedding) constitui-se em alternativa aos sistemas convencionais de produção, onde os animais são criados em edificações cujo piso de concreto tradicional é substituído por um leito formado por maravalha, casca de arroz ou palha (Nicks et al., 1995; Oliveira, 1999). Neste sistema de produção os dejetos gerados pelos animais se misturam ao substrato do leito, desenvolvendo então o processo de compostagem dentro da própria edificação sob os animais (Oliveira et al., 1998; Oliveira, 1999; Robin et al., 1999).

O processo de compostagem desenvolvido nas camas, em função do calor gerado é capaz de evaporar praticamente toda a água contida nos dejetos, reduzindo o volume a ser tratado e valorizando os dejetos como fertilizante orgânico (Oliveira, 2003c). Como o processo de compostagem é aeróbio, são reduzidas as emissões dos gases CH_4 , NH_3 (redução de 50% na emissão de NH_3 comparado aos sistemas convencionais), bem como dos odores gerados (Zahn et al., 2001; Kermarrec, 1999, Paillat et al. 2005).

Os primeiros estudos sobre esta tecnologia de produção desenvolveram-se somente no final da década de 80 na Europa (Nicks et al., 1995). No Brasil, este modelo de produção foi introduzido em 1992 pela Embrapa Suínos e Aves, que a partir de então, passou a realizar estudos para adaptá-lo às condições locais.

Os produtores, para implantar o sistema de cama sobreposta, devem observar que o sistema exige um modelo específico de edificação, desenvolvido especialmente para esse tipo de produção. No entanto, os investimentos econômicos no modelo da edificação e nas estruturas para a produção de suínos em sistemas de camas sobrepostas são 3 vezes menores, quando comparados aos sistemas convencionais, com um custo menor também no transporte e distribuição do composto orgânico gerado (Chiuchetta & Oliveira, 2002).

A principal limitação do uso de sistemas de produção de suínos em cama sobreposta está associado a uma preocupação do ponto de vista sanitário (Oliveira, 1999; Silva et al., 2001; Oliveira, 2004). Portanto, o produtor deve assegurar que no seu plantel as fêmeas sejam livres de agentes do complexo *Mycobacterium avium* (MAC), causador da LINFADENITE GRANULOMATOSA, pois, se no plantel de suínos existirem fêmeas portadoras deste agente, elas podem eliminá-lo pelas fezes e infectar por via oral às outras fêmeas e os leitões. Estes animais infectados não apresentam nenhuma sintomatologia aparente, sendo a doença detectada somente no abate dos animais (Silva et al., 2001; Amaral et al., 2002; Oliveira, 2004). Também, ainda não se conhece detalhes da sobrevivência do MAC na cama sobreposta, porém sabe-se que ela pode atuar como fator de risco para a ocorrência da doença (Amaral et al., 2002).

2.2.2 Tratamento dos resíduos por compostagem

A compostagem é definida como a decomposição biológica e a estabilização das substâncias orgânicas sob condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas como resultado da produção biológica de calor pelas bactérias termofílicas, resultando em um produto final suficientemente estável para a estocagem e aplicação agrícola, sem com isso gerar efeitos adversos ao meio ambiente.

Ela é considerada um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial do composto cru ou imaturo, seguida de uma fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a cura, maturação ou mais tecnicamente, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, quando pode se considerar finalizada a compostagem. Durante o processo ocorre a produção de calor e o desprendimento, principalmente de gás carbônico e vapor d'água (Kiehl, 1998).

A compostagem de resíduos orgânicos é, provavelmente, o mais antigo sistema de tratamento biológico utilizado pelo homem, tendo sido utilizado pelas antigas civilizações como um método natural de reciclagem dos nutrientes, comumente presentes, nos resíduos resultantes de suas atividades diárias (Kiehl, 1998; Oliveira, 1999; Mazé et al., 1999; Dai Prá et al., 2005).

3 COMPOSTAGEM USADA PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

O sistema de tratamento via compostagem dos resíduos da suinocultura é uma prática que vem crescendo entre os criadores de suínos na Europa (Paillat et al., 2005). Atualmente, ela vem sendo empregada pelos suinocultores localizados em zonas geográficas cujas águas estão fortemente poluídas por nitrato e, por determinação da legislação, torna-se impossível a ampliação de novas criações (Mazé et al. 1999).

Esta técnica foi desenvolvida como um método alternativo de manejo dos dejetos oriundos desta atividade e visa modificar as características químicas e físicas dos dejetos, dando origem a um produto final de alto valor agrônômico. Ela pode representar uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos, pois permite transferir os resíduos na forma de composto para outras regiões que demandam este tipo de adubo (Paillat et al., 2005).

A alternativa de tratamento de dejetos de suínos pelo processo de compostagem é extremamente importante e absolutamente segura para as regiões de pequenas propriedades, com alta concentração populacional de suínos e pouca área agrícola disponível, sendo viável para a maioria dos produtores, desde que adequados os dimensionamentos para cada volume de dejetos gerados pela produção (Oliveira, 2004; Dai Prá et al. 2005, Paillat et al., 2005).

O tratamento dos dejetos via sistema de compostagem consiste, basicamente, na mistura dos dejetos brutos oriundos das edificações convencionais de produção de suínos, em unidades de compostagem constituídas por leitos formados por maravalha, serragem ou palha.

Os resíduos são lançados fracionadamente sobre o leito da unidade de compostagem até a saturação líquida do substrato usado. A mistura permanece na

unidade de compostagem por um período compreendido entre 2 a 3 meses, até sua maturação total (relação C/N < 20) (Oliveira, 2003c).

Esse procedimento não exige estruturas sofisticadas para a mistura (líquido/sólido) e estabilização, sendo sua limitação imposta pela disponibilidade dos resíduos (maravalha, serragem, palha ou qualquer outro substrato rico em carbono disponível na região) a serem usados como suporte na mistura com os dejetos.

O modelos de unidades de compostagem, podem ser das mais simples até as automatizadas, dependendo da escala na qual o processo será implantado. As mais sofisticadas podem ser utilizadas por grandes produções ou empresas que poderiam produzir e comercializar o fertilizante orgânico gerado. Pequenas produções podem implantar estruturas mais simples como a compostagem em leiras montadas manualmente, em procedimento descrito em diversas publicações técnicas (Oliveira, 2004).

O produto final gerado na unidade de compostagem, constitui-se de composto orgânico de excelente qualidade, não exigindo equipamento especial para transporte e distribuição nas lavouras (Oliveira, 2004; Dai Prá et al., 2005).

Os odores são fortemente reduzidos pelo processo de compostagem, constituindo-se em uma das vantagens deste tratamento sobre os tratamento convencionais que utilizam lagoas anaeróbias e facultativas (Paillat et al., 2005). Esses autores, estudando as emissões de gases em sistema de tratamento dos dejetos de suínos via compostagem, concluíram que: (1) 65% do total de carbono inicial é perdido, sendo 57% perdido sob a forma de CO₂, 6% sob a forma de CH₄ e 2% como Composto Orgânico Volátil; (2) do total inicial de nitrogênio 60% é perdido, sendo 10% perdido sob a forma de NH₃, 6% sob a forma de N₂O e 44% sob a forma de N₂.

Estudos conduzidos por Mazé et al. (1999), demonstraram a viabilidade do uso de sistemas de compostagem para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos. Os resultados observados, demonstraram que é possível atingir uma absorção entre 8 e 14L de dejetos líquido para cada kg da mistura de maravalha e palha, respectivamente.

Estudos conduzidos na região do Oeste da França, com o uso de compostagem (maravalha e palha) para o tratamento de dejetos, demonstraram a viabilidade do sistema para tratar 6.000 m³/ano de dejetos (Vaulx, 1999).

Trabalhos realizados na Embrapa Suínos e Aves, demonstram a possibilidade do uso da compostagem para tratar os dejetos de suíno, utilizando-se maravalha ou serragem como fonte de carbono. Os resultados demonstraram acúmulo de nutrientes no composto e evaporação d'água contida nos dejetos, obtendo-se uma taxa de incorporação (kg esterco bruto por kg MS no substrato) de 1:8 a 9 para a maravalha e serragem (Oliveira et al., 2003a; Nunes, 2003).

Os resultados obtidos nas avaliações de unidades de compostagem realizados por Mazé et al. (1999); Oliveira et al. (2001) e Dai Prá (2006), demonstraram a viabilidade do sistema e observaram que as temperaturas desenvolvidas na biomassa mantiveram-se entre 40 e 55°C por um período longo, sendo registradas elevações médias de 10°C, logo após a incorporação de dejetos ao substrato.

Oliveira et al. (2003) e Nunes (2003), estudaram a evolução da taxa de incorporação de dejetos (relação substrato: dejetos) em sistemas de compostagem com revolvimentos manuais do composto somente na aplicação dos dejetos, demonstrando a viabilidade da compostagem para tratar os dejetos de suínos.

A compostagem deve ser utilizada em propriedades que produzem um volume de dejetos muito superior ao volume que pode ser aplicado em suas áreas cultivadas e que não possa ser exportado na forma líquida, para lavouras vizinhas, de forma economicamente viável.

3.1 Cuidados e parâmetros importantes para o bom funcionamento da compostagem de dejetos de suínos

As unidades de compostagem podem consistir de estruturas com cobertura de PVC transparente com o objetivo de utilizar a radiação solar incidente para aumentar a evaporação da água contida nos dejetos e aumentar a temperatura no processo de compostagem. As paredes devem ser abertas para garantir a ventilação necessária para remover o vapor de água gerado e o piso pode ser concreto ou solo compactado, sendo que as unidades devem prever sistema de drenagem e um depósito para o chorume filtrado pelo leito de compostagem, para a coleta e recirculação do mesmo dentro da unidade.

Após a aspersão e recirculação do dejetos sobre o substrato, o revolvimento pode ser feito manualmente ou com o auxílio de máquinas do tipo enxada rotativa ou disco gradeador (Oliveira, 2004; Dai Prá et al. 2005, Paillat et al., 2005).

Segundo Merkel (1981), revolver a pilha de composto é essencial para o desenvolvimento da compostagem de forma rápida e sem a emissão de odores indesejáveis, características estas comuns em processos aneróbios e termofílicos. Desta forma, promove-se no leito de compostagem, a decomposição rápida e uniforme da matéria orgânica. O revolvimento também é eficiente na redução da umidade e no fornecimento de oxigênio para a biomassa.

Se o conteúdo de umidade estiver entre 50 e 60%, a pilha deverá ser revolvida em intervalos de 3 dias. Quando este teor ultrapassar o valor de 60%, recomenda-se esta prática com intervalos de 2 dias. Durante o revolvimento, o calor é liberado para o meio ambiente na forma de calor latente (vapor de água).

Kiehl (1998) relata que o revolvimento do composto, ao mesmo tempo em que introduz ar novo, rico em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos organismos.

Na compostagem aeróbia, a temperatura se eleva devido ao metabolismo exotérmico dos microorganismos, ocorrendo rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana.

A faixa de temperatura considerada mesófila situa-se de 45 a 55^o C. Acima de 55^o C, o processo é classificado como termófilo. Quando a matéria prima é decomposta em pequeno volume o calor criado pelo metabolismo dos microorganismos se dissipa e o material acaba não se aquecendo (Kiehl, 1998; Paillat et al., 2005). O desenvolvimento da temperatura é um bom indicativo da performance do processo de compostagem, variando significativamente no interior da pilha de compostagem, de acordo com as condições de aeração. A temperatura é o fator mais importante para determinar se a operação do sistema se processa como desejável. A produção de calor em um material é indicativo de ocorrência de atividade biológica neste material e, por isso, indiretamente, do seu grau de decomposição (Oliveira, 1993c).

Os organismos envolvidos no processo de compostagem possuem uma faixa de temperatura ótima, na qual a atividade metabólica é maximizada. Uma variação na

temperatura, provoca uma redução da população e da atividade metabólica dos microorganismos envolvidos, com conseqüente variação do tempo de decomposição da matéria orgânica.

No final do processo de compostagem, não ocorre mais a elevação da temperatura, estando as propriedades químicas do composto estabilizadas, sendo que a temperatura tende a se igualar com o ambiente.

Outra questão bastante importante relacionada com a temperatura desenvolvida nos processos de compostagem é a inativação de microorganismos patogênicos presentes na biomassa. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (Environmental Protection Agency - EPA, 1985), o tempo e a temperatura mínimos para a compostagem em leiras estáticas aeradas e em reatores é de 55° C por 3 dias consecutivos. Para pilhas de compostagem revolvidas, um mínimo de 55° C deve ser mantido por 15 dias consecutivos, sendo o material revolvido pelo menos 5 vezes neste período.

No entanto, Turner (2002), após experimento avaliando a inativação de organismos patogênicos na compostagem de dejetos de suíno com o uso de palha, relata que a inativação destes microorganismos não é meramente dependente da temperatura, sendo influenciada também por outros fatores, como umidade e natureza das matérias-primas.

O teor de umidade é um dos principais fatores ambientais de interesse para o fornecimento de um meio de transporte de nutrientes dissolvidos para a atividade metabólica e fisiológica dos microorganismos. Além disso, a disponibilidade de água está diretamente relacionada ao suprimento de oxigênio, o que também afeta a atividade microbiana. Valores baixos de umidade podem causar a desidratação no interior da pilha de compostagem, o que inibe o processo biológico, trazendo a estabilidade física, porém instabilidade biológica. Por outro lado, umidade alta pode promover condições de anaerobiose no interior das pilhas.

Barrington et al. (2003), estudando o efeito da aeração passiva e ativa na compostagem de dejetos de suíno com 3 substratos diferentes (maravalha, palha e feno) em umidades de 60, 65 e 70%, concluíram ser a umidade um fator determinante nos padrões de temperatura alcançados, principalmente, no caso dos substratos maravalha e palha. No caso da maravalha, a umidade de 65% produziu temperaturas altas para ambos os regimes de temperaturas adotados (ativo e passivo). No caso da palha, a umidade mais alta (70%) proporcionou as temperaturas mais altas também para ambos os regimes de aeração. No entanto, neste mesmo trabalho, os autores concluíram que o fator umidade apenas teve efeito sobre a temperatura entre os dias 2 e 6.

O crescimento e diversidade da população microbiológica na massa de compostagem, relacionam-se diretamente com a concentração de nutrientes. Estes fornecem material para a síntese protoplasmática e energia necessária para o crescimento celular, entre outras funções (Kiehl, 1998; Paillat et al., 2005).

O equilíbrio da relação carbono/nitrogênio (C/N) é um fator de importância fundamental na compostagem, já que o principal objetivo do processo é criar condições para fixar nutrientes, para que possam ser posteriormente reciclados, quando da utilização do composto orgânico. Segundo Kiehl, (1998) e Pereira Neto (1996), a relação C/N satisfatória, para a obtenção de uma alta eficiência nos processos de tratamento biológico dos resíduos sólidos orgânicos, deve se situar em torno de 30:1. Vários trabalhos de pesquisa neste âmbito específico, tendem a demonstrar que esta taxa influencia positivamente a atividade biológica, diminuindo o período de

compostagem.

Kiehl (1998) recomenda a faixa de 25:1 a 35:1, como ideal para a relação C/N dos resíduos em processo de compostagem. Este mesmo autor classifica como fundamental a adição de materiais, quando necessário para corrigir esta relação.

Durante a compostagem, o conteúdo de matéria orgânica sofre uma diminuição, o que leva a uma redução do Carbono orgânico. Dados obtidos por Kermarrec (1999), confirmaram que a relação C/N diminui com o processo de compostagem ocorrido nas camas de suínos, sendo diferente conforme o tipo de aeração.

4 EXPERIÊNCIA NO USO DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

O desenvolvimento de tecnologias alternativas para o manejo e o tratamento de dejetos suínos por meio da compostagem, foi introduzido em resposta aos problemas de poluição química e orgânica e aos odores ocasionados pelo manejo dos dejetos líquidos e como alternativa economicamente viável de transportar os resíduos de bacias hidrográficas com excedente de nutrientes para áreas que possuem demanda por fertilizantes orgânicos.

O processo de compostagem desenvolve-se em duas fases, sendo o processo mais lento na primeira, devido à incorporação lenta dos dejetos líquidos aos resíduos sólidos (maravalha, serragem, palha) até a obtenção de uma biomassa com umidade e relação C/N adequadas. A segunda fase caracteriza-se por uma aceleração do processo de compostagem em decorrência da adequação das características favoráveis à degradação microbiológica da matéria orgânica. Neste processo, os nutrientes presentes nos dejetos são concentrados, sendo promovida a degradação da matéria orgânica, estabilização do composto e evaporação d'água contida nos dejetos, por meio da geração de calor desenvolvida na compostagem.

A seguir, descreve-se resumidamente, as duas fases da compostagem:

Fase de Absorção: Fase onde os dejetos líquidos são misturados a um substrato que pode ser serragem, maravalha ou palha com no mínimo 0,50 m de espessura, onde ocorre em um primeiro momento à absorção da água pelo leito formado e a constituição da biomassa, começa o desenvolvimento do processo de compostagem, ocorrendo a elevação de temperatura e à evaporação da água contida nos dejetos. A incorporação de dejetos a biomassa formada ocorre de forma fracionada, até o limite máximo de absorção pelo substrato utilizado.

Fase de Maturação: Fase final onde ocorre a maturação ou estabilização da biomassa (compostagem). Nesta fase a temperatura permanece elevada se for adicionado oxigênio pelo revolvimento da biomassa e ocorre a eliminação dos microorganismos patogênicos e a concentração de nutrientes no composto orgânico formado.

Na Embrapa Suínos e Aves foram conduzidos experimentos de compostagem com dejetos de suínos, nos anos de 2002/2003, com o objetivo de desenvolver um sistema de tratamento dos dejetos brutos de suínos, utilizando-se maravalha e serragem, visando a produção de um composto orgânico passível de ser utilizado como

fertilizante, em substituição ao adubo químico (Oliveira et al., 2003a).

Os estudos foram conduzidos na Unidade de Compostagem da Embrapa Suínos e Aves. Esta unidade é formada por uma edificação com cobertura e laterais em PVC transparente, piso e muretas internas em concreto e área de 96 m² (12 x 8m). Utilizou-se maravalha e serragem como substrato para a formação do leito de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos.

O experimento foi dividido em 2 tratamentos, maravalha e serragem, com mistura de dejetos líquidos, cada um deles compostos por 4 pilhas de compostagem. As dimensões das pilhas foram de 2,60 x 2,00 m e altura de 1,00 m.

Durante o período experimental, foram realizadas 4 aplicações de dejetos em cada pilha, com intervalo de 10 dias, totalizando 4.500 kg e 6.000 kg de dejetos para as pilhas de maravalha e serragem, respectivamente. As quantidades de substratos utilizados para cada pilha foram de 518 kg de maravalha e 760 kg de serragem, com taxas de aplicação de dejetos de 8,68 e 7,89 litros/kg de substrato, respectivamente para a maravalha e serragem.

As temperaturas do ambiente na unidade de compostagem (bulbo seco) e da biomassa em 5 pontos de cada uma das pilhas foram medidas utilizando-se termopares do tipo T (Cu-Co).

A vista geral da unidade experimental de compostagem da Embrapa Suínos e Aves é mostrada na Fig1.



Fig. 1 - Vista geral da unidade experimental de compostagem da Embrapa Suínos e Aves.

Verificou-se para o sistema de compostagem proposto, a possibilidade de incorporação dos dejetos de suínos aos substratos estudados com um período de duração de 90 dias (Oliveira et al. 2003a). O resultado obtido está de acordo com os dados levantados por Mazé et al., (1996; Mazé et al., 1999) que, estudando a compostagem de dejetos nos substratos palha e maravalha, encontraram taxa de incorporação (kg de esterco bruto por kg Matéria Seca -MS no substrato) de 1:8 para a maravalha.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, não houve variação significativa nos teores de matéria seca tanto para a maravalha como para a serragem, durante o período experimental. Este comportamento pode ser observado, tanto antes, como após as aplicações de dejetos. As variações da umidade observadas na massa antes e após as aplicações, evidenciam a ocorrência da evaporação da água contida nos dejetos, em virtude da geração de calor característico do processo de compostagem. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira, 1999; Oliveira, 2003c,

avaliando a evaporação d'água ocorrida em sistemas de cama sobreposta de maravalha na criação de suínos.

Os resultados de Nitrogênio Total (N-NTK) e Carbono Orgânico (C-orgânico), após cada aplicação, demonstraram diminuição da relação C/N, evidenciando-se a incorporação de maiores taxas de dejetos aos substratos e a conseqüente ocorrência da degradação da matéria orgânica.

Não houve diferença significativa entre as temperaturas médias das pilhas de maravalha e serragem durante o período de compostagem. Observou-se, no período estudado, que as temperaturas mantiveram-se entre 40 e 55° C por um período longo (Fig. 2), sendo registradas elevações médias de 10° C, logo após a incorporação de dejetos ao material, resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (1999) e Patni, Kinsman (1997).

Tabela 1 - Média e desvio padrão dos parâmetros Matéria Seca (antes e depois da aplicação de dejetos), Nitrogênio total (N_NTK), Carbono Orgânico (C_org.) e relação C/N das leiras de compostagem.

Maravalha					
Aplicação	MS (%)		N_NTK (%)	C_org. (%)	C/N
	Antes Aplic.	Depois Aplic.			
1	88,36	22,16±1,43	0,11±0,01	10,88±0,67	98,33±5,35
2	31,84±3,43	20,76±1,35	0,13±0,02	9,64±0,70	73,27±8,97
3	30,84±1,76	20,98±0,89	0,15±0,02	9,78±0,29	68,06±14,45
4	31,67±2,97	19,26±0,72	0,20±0,02	8,63±0,22	43,70±4,51
Serragem					
Aplicação	MS (%)		N_Total (%)	C_org. (%)	C/N
	Antes Aplic.	Depois Aplic.			
1	84,56	23,01±1,50	0,14±0,01	11,06±0,78	85,54±1,66
2	33,67±4,89	22,10±0,64	0,18±0,01	10,14±0,79	59,44±8,73
3	35,44±2,07	22,32±1,10	0,20±0,03	9,89±0,55	51,69±9,82
4	33,24±2,14	20,57±0,57	0,30±0,07	9,01±0,98	31,49±12,0

Fonte: OLIVEIRA et al. 2003a.

A análise dos resultados, demonstrou um acúmulo de nutrientes no composto ao longo do período estudado, através da adição de dejetos e evaporação d'água contida nos mesmos. Além disso, os resultados comprovaram a possibilidade de realização de sistema de compostagem destas matérias-primas em pilhas estáticas (sem revolvimento intermediário) (Oliveira et al. 2003a).

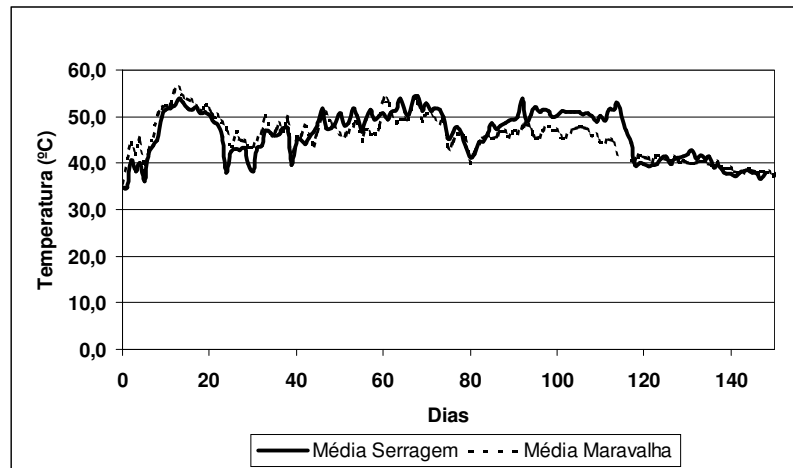


Fig. 2 - Comportamento das temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$) de 5 diferentes pontos observados no interior das pilhas formadas pelos substratos maravalha e serragem durante o período de compostagem.

No intuito de estudar a viabilidade da compostagem dos dejetos na forma líquida, iniciaram-se em 1998 na Universidade de Guelph (Canadá), estudos pilotos com a utilização de dejetos suínos e palha, em sistemas com revolvimento mecânico. A utilização da palha mostrou-se favorável pois houve o desenvolvimento de temperaturas acima de 60°C , que promoveram a eliminação de grande parcela da água contida nos dejetos (Paillat et al., 2005).

Em 2003, foram conduzidos experimentos na Embrapa Suínos e Aves para estudar formas de incorporação dos dejetos de suínos em maravalha, que propiciassem a melhor impregnação (Nunes, 2003). Nessa avaliação, foram utilizadas 6 caixas de fibrocimento com capacidade total de 1.000 L, previamente dispostas sob cavaletes que suspenderam as mesmas de forma inclinada. Em cada caixa, foi aberto um orifício de 10 mm de diâmetro, localizado na extremidade de inclinação máxima. Sob estes orifícios, foram colocados recipientes plásticos com capacidade para 20 L, com a finalidade de armazenar o excedente de líquido escorrido do processo de incorporação dos dejetos ao substrato.

Neste experimento foram desenvolvidos dois tratamentos que diferiram entre si quanto à forma de incorporação dos dejetos líquidos à massa em compostagem. Os métodos de aplicação de dejetos utilizados foram os seguintes: Aplicação de dejetos em camadas (T1) e aplicação de dejetos com mistura em betoneira (T2). Em ambos os tratamentos, os dejetos dos suínos foram incorporados ao substrato em 4 aplicações distintas, com intervalos de 15 dias entre elas. Apenas para o T2 (mistura em betoneira), foram realizados revolvimentos intermediários às aplicações. Esta etapa de incorporação teve duração de 60 dias.

O monitoramento da temperatura ambiente foi realizado por meio de um termohigrômetro, para a medição das temperaturas de bulbo seco e úmido, constituído de sensores de temperatura formado de termopares (Co-Cu) do tipo T. A temperatura no interior das caixas/pilhas de compostagem foi medida por termopares (Co-Cu) do tipo T. Foram monitoradas as temperaturas de 2 pontos do material contido nas caixas. Estes dois pontos localizavam-se paralelamente a 25 cm de profundidade.

Já na fase de maturação, a temperatura das pilhas foi monitorada em 6 pontos, localizados em duas alturas diferentes: a 30 e a 60 cm de profundidade (3 pontos a 30 cm e 3 pontos a 60 cm de profundidade). Na Fig. 3 são mostradas as caixas de

1.000L utilizadas na avaliação de compostagem e os recipientes de captação de dejetos não absorvidos.



Fig. 3 - Caixas de 1.000 L utilizadas na avaliação de compostagem e os recipientes de captação de dejetos não absorvidos.

Na Fig. 4 pode-se observar o equipamento utilizado na medição das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido do ambiente da unidade de compostagem.

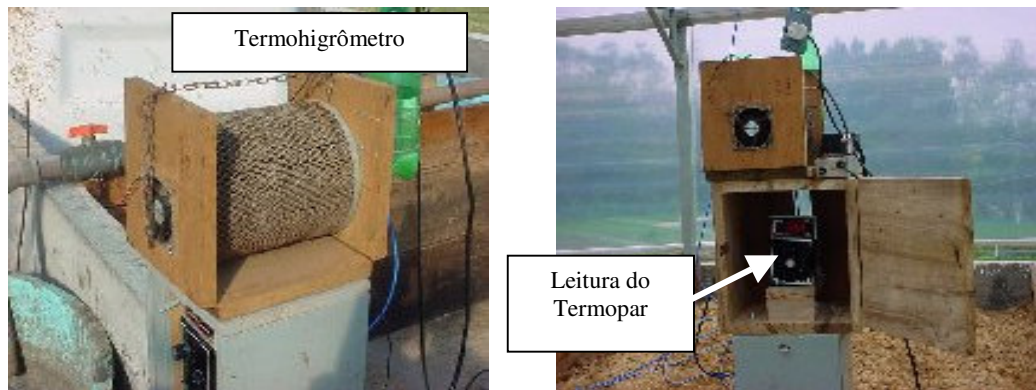


Fig. 4 - Sistema de filtro de ar utilizado para medição das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido registradas no interior da instalação experimental. À direita, equipamento de leitura das temperaturas registradas pelos termopares para as temperaturas da massa em compostagem e da temperatura ambiente.

Os resultados obtidos do monitoramento da temperatura interna da biomassa em compostagem nas caixas, durante a fase de impregnação de dejetos, pode ser observado na Fig. 5. As leituras de temperatura foram realizadas diariamente, em 3 horários no decorrer do dia (8, 12 e 16 horas), e os valores apresentados representam a média diária, observada nos pontos de leitura (média dos 3 horários de leitura para cada um dos tratamentos).

Na Tabela 2, pode-se observar a evolução da taxa de incorporação de dejetos à biomassa (relação maravalha:dejeito), obtida após as sucessivas aplicações de dejetos líquidos, levando-se em consideração o volume máximo de saturação do substrato, sendo o dejeito excedente escorrido e reaplicado.

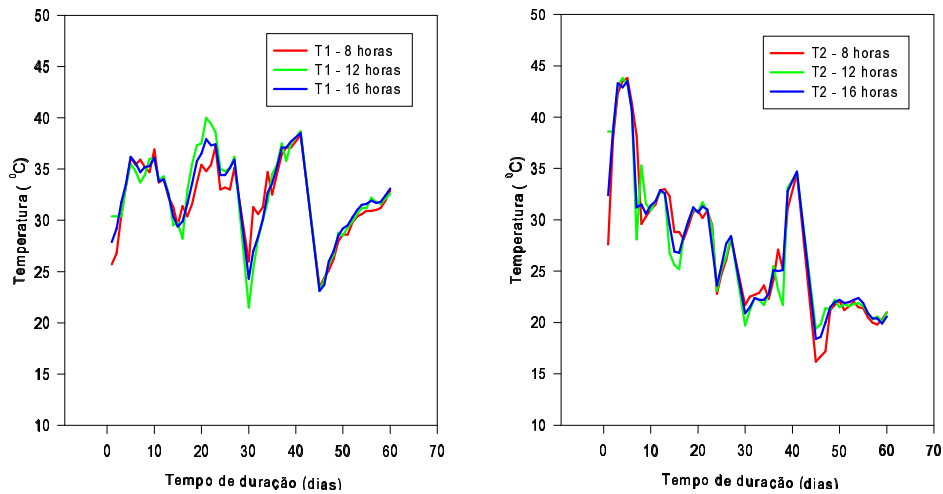


Fig. 5 - Variação da temperatura média do tratamento (T1) (a esquerda) e do tratamento (T2) (a direita) para cada um dos 3 horários monitorados diariamente (8, 12 e 16 horas), durante o período de impregnação de dejetos.

Tabela 2 - Relação Maravalha: dejetos resultante das aplicações quinzenais de dejetos à biomassa.

Aplicação	Tratamento	Momento da Aplicação	Relação (kg/kg) Maravalha : Dejetos
1	T1	Inicial	1:3,5
	T2	Inicial	1:3,5
2	T1	Final 1 aplicação	1:3,5
		Início 2 aplicação	1:7,0
	T2	Final 1 aplicação	1:3,5
		Início 2 aplicação	1:7,0
3	T1	Final 2 aplicação	1:4,2
		Início 3 aplicação	1:8,5
	T2	Final 2 aplicação	1:3,5
		Início 3 aplicação	1:7,4
4	T1	Final 3 aplicação	1:6,4
		Início 4 aplicação	1:9,9
	T2	Final 3 aplicação	1:4,9
		Início 4 aplicação	1:8,5

Fonte: Nunes, 2003.

A Tabela 3, apresenta a evolução dos parâmetros matéria seca, nitrogênio total, carbono orgânico e pH durante a impregnação dos dejetos à biomassa, de acordo com a diminuição da relação maravalha:dejetos para os tratamentos T1 e T2. Os resultados apresentados referem-se ao material antes e após a aplicação quinzenal de dejetos para ambos os tratamentos. Na relação maravalha:dejetos apresentada foram considerados os volumes de dejetos excedente escorrido nos intervalos entre as aplicações.

Tabela 3 – Teores de matéria seca (MS%), Nitrogênio total (N_NTK%), Carbono orgânico (C_org.%) e Relação Maravalha:Dejetos (Mar./Dej.) e seus respectivos desvio padrão (dp) para os tratamentos T1 e T2, anteriormente e posteriormente a cada aplicação de dejetos.

Aplicação	Tratamento	Relação Mar./Dej.	Período	MS (%)		N_NTK (%)		C_org. (%)	
				Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	T1	1:3,5	Inicial	24,30	2,92	0,24	0,02	10,70	1,43
	T2	1:3,5	Inicial	26,68	0,13	0,21	0,01	12,20	0,11
2	T1	1:3,5	Antes	29,57	1,16	0,19	0,02	14,63	0,73
		1:7,0	Depois	22,84	0,77	0,24	0,003	10,71	0,21
	T2	1:3,5	Antes	29,15	0,15	0,23	0,01	14,24	0,33
		1:7,0	Depois	21,83	0,37	0,25	0,01	10,42	0,28
3	T1	1:4,2	Antes	29,75	0,28	0,25	0,003	12,70	0,03
		1:8,5	Depois	23,61	0,92	0,25	0,02	9,68	0,52
	T2	1:3,5	Antes	27,78	0,1	0,25	0,01	11,72	0,11
		1:7,4	Depois	19,82	0,27	0,2	0,01	8,35	0,14
4	T1	1:6,4	Antes	29,29	0,98	0,3	0,01	11,34	0,48
		1:9,9	Depois	21,94	0,21	0,31	0,13	10,66	4,25
	T2	1:4,9	Antes	27,11	0,46	0,25	0,002	10,57	0,18
		1:8,6	Depois	20,47	0,23	0,25	0,04	7,60	0,03

Fonte: Nunes, 2003.

Os resultados dos trabalhos desenvolvidos demonstram a possibilidade do uso da compostagem para manejar e tratar os dejetos de suínos, sendo que existe a possibilidade de realizar a incorporação dos dejetos aos substrato no leito de compostagem tanto por procedimentos mecânicos, com o uso de máquinas, ou manual (Nunes, 2003).

Uma vez concluído que a incorporação dos dejetos pode ser em camadas ou com a utilização de máquinas, foram realizados estudos para otimizar as taxas e freqüências de incorporação do dejetos aos substratos maravalha e serragem (Oliveira, 2004; Kunz et al., 2004).

Os estudos conduzidos por Kunz et al. (2004) foram realizados na unidade de compostagem da Embrapa Suínos e Aves, onde foram utilizados dejetos de suínos misturados aos substratos maravalha e serragem. O experimento foi realizado em leiras com 12 m² e 0,50 m de altura, sendo que a incorporação do dejetos no substrato foi feita por aspersão durante um mês (revolvimento mecânico duas vezes por semana). A maturação foi realizada em leiras por mais 30 dias. A aplicação de dejetos foi testada de duas maneiras distintas. Na primeira foi realizada uma aplicação com aproximadamente 80% da quantidade total de dejetos e posteriormente, foram feitas mais duas aplicações para corrigir a umidade, mantendo-a próxima a 70%. A segunda incorporação se deu em quatro aplicações semanais e o valor ótimo observado para a taxa de incorporação (relação dejetos:substrato) foi de 8:1, sendo esta obtida para a aplicação fracionada em 4 vezes. Os autores observaram durante a fase de maturação que a maravalha apresentou uma capacidade maior de reter umidade quando comparado a serragem, se refletindo nos dois manejos de mistura dos dejetos estudados. No caso da aplicação inicial ao substrato com 80% de dejetos observou-se um maior escorrimento de chorume, para o substrato maravalha, quando comparado com a serragem e a aplicação fracionada em 4 vezes.

Dai Prá (2006) realizou um estudo em escala de campo, avaliando os sistemas de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos, instalados em 16 granjas terminadoras (suínos com peso entre 25 e 110 kg), tendo como substrato a serragem, maravalha e a cama de aviário. O autor demonstrou a viabilidade da compostagem no

tratamento dos dejetos com duração de 105 dias, compreendendo as fases de impregnação e maturação do composto. As temperaturas observadas na biomassa, nos diferentes sistemas de compostagem, conforme pode-se observar na Tabela 4, situaram-se na faixa de 48°C.

Tabela 4 - Temperaturas médias (°C) registradas na biomassa na compostagem dos dejetos de suínos, utilizando como substrato a serragem, maravalha e cama de aviário.

Repetição	Serragem	Maravalha	Cama de Aviário
1	47,8	51,3	47,5
2	50,0	50,5	41,8
3	54,0	46,3	46,7
4	49,0	48,7	47,0
Média	49,9	48,9	45,8

Fonte: Dai Prá (2006).

Os valores percentuais médios da umidade inicial e final dos diferentes substratos, utilizados por Dai Prá (2006) durante o período de compostagem dos dejetos de suínos estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores percentuais médios de umidade (%) na biomassa de acordo com o período das coletas realizadas, durante as fases de impregnação e de maturação do composto.

Substrato	Períodos de Coleta			
	Substrato Inicial	Fase de Impregnação	Fase maturação início - 56 dias	Fase maturação final - 105 dias
Serragem	26,18 ^{aC}	78,54 ^{aA}	62,95 ^{aA}	37,04 ^{cB}
Maravalha	10,56 ^{bD}	82,34 ^{aA}	65,77 ^{aB}	46,72 ^{bC}
Cama de Aviário	15,74 ^{bC}	71,15 ^{bA}	69,45 ^{aA}	55,82 ^{aB}

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e por letras maiúsculas diferentes na linha, diferem significativamente por contrastes ortogonais ($P < 0,05$).

Fonte: Dai Prá (2006).

Na Tabela 5, observa-se que teor de umidade mais alto ocorreu para o substrato serragem. Isso pode ser explicado pela origem do material, pois a mesma foi produzida com madeira verde, de árvores recém cortadas, que não sofreram nenhum processo de secagem. Os valores observados na fase inicial de maturação para os substratos utilizados, mostram redução do percentual de umidade em relação aos valores iniciais da fase de impregnação.

Tabela 6 - Valores médios de nitrogênio total (N_NTK g/kg) de acordo com o período das coletas realizadas, durante as fases de impregnação e de maturação do composto.

Substrato	Períodos de Coleta			
	Substrato Inicial	Fase de Impregnação	Fase maturação início - 56 dias	Fase maturação final - 105 dias
Serragem	2,6 ^{cB}	17,9 ^{bA}	19,3 ^{bA}	20,7 ^{bA}
Maravalha	2,9 ^{cB}	17,6 ^{bA}	20,1 ^{bA}	21,4 ^{bA}
Cama de Aviário	29,2 ^{aA}	29,4 ^{aA}	27,6 ^{aAB}	23,9 ^{aB}

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente por contrastes ortogonais ($P < 0,05$). Fonte: Dai Prá (2006).

Na Tabela 6, observa-se que na fase de impregnação o N-total inicial da cama de aviário foi superior aos demais tratamentos em função da cama já ter recebido a excreta das aves. Nas demais fases, observa-se um aumento na concentração de N-total pela adição de N contido nos dejetos líquidos. Os valores observados para o carbono orgânico (%) na fase final de maturação (105 dias) foram de 41,47; 45,87 e 36,50, respectivamente para os substratos Serragem, Maravalha e Cama de Aviário, não havendo diferença significativa entre os substratos (Dai Prá, 2006).

O método de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos, na França, vem sendo cada vez mais empregado pelos suinocultores localizados em zonas geográficas cujas águas estão fortemente poluídas por nitrato (Baudon et al., 2005; Paillat et al., 2005) e por determinação da legislação torna-se impossível a ampliação de novas criações.

Estudos conduzidos por Mazé et al. (1999) e Paillat et al., 2005, demonstraram a viabilidade do uso de sistemas de compostagem para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos, concluindo que é possível atingir uma absorção de 8 a 12 m³ de dejetos líquidos para cada tonelada da mistura de maravalha e palha. Estudos conduzidos na região da Finistère na França, demonstraram a viabilidade do uso da compostagem em médias propriedades produtoras de suínos, para tratar até 6.000 m³/ano de dejetos (Dorffer, 1998).

Levantamento realizado por Levasser & Lemaire (2003), sobre o balanço total de estações de tratamento dos dejetos de suínos na França, demonstraram que do total dos sistemas existentes 17% utilizam a compostagem como forma de tratamento.

O grande desafio para a agropecuária, em especial para a suinocultura, é o desenvolvimento de sistemas de produção que sejam altamente competitivos sem afetar adversamente os recursos ambientais. Os dejetos de suínos podem e devem ser usados nas fertilizações das lavouras, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do meio ambiente e de vida da população nas regiões produtoras, desde que sejam feitos os balanços de nutrientes para determinação das dosagens adequadas. Os resultados agrônômicos e econômicos da produção de grãos (milho e soja) nas pesquisas conduzidas pela Embrapa Milho e Sorgo com adubação de dejetos de suínos, mostram altas produtividades (6.000 a 7.800 kg ha⁻¹) e custo/benefício da ordem de 38 a 63% (Konzen, et al. 1998).

5 DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS (SISTEMA MANUAL)

Uma unidade de tratamento dos dejetos líquidos de suínos por compostagem para operar em escala real, deve construir uma seqüência de depósitos dimensionados para receber o volume diário de dejetos de suínos produzidos na granja (Oliveira, 2004; Dai Prá et al. 2005). Nestes depósitos, são desenvolvidas as duas fases do processo de compostagem, que serão descritas a seguir:

Fase de impregnação – A fase consiste em uma seqüência de depósitos dimensionados para receber dejetos líquidos até a saturação do substrato (serragem, maravalha ou palha). Os dejetos são conduzidos através de tubos de PVC (150 mm) da granja de produção até os depósitos onde imediatamente são misturados no leito de compostagem. Um metro cúbico de substrato (peso específico da maravalha aproximadamente de 250 kg/m³), formado com resíduo novo e seco, com capacidade

para absorver aproximadamente 800 litros (800 L/250 kg: relação 3,2:1) de dejetos líquidos, na primeira incorporação de dejetos. Após a incorporação no leito, no primeiro tanque, os dejetos produzidos posteriormente pela granja, devem ser conduzidos para o tanque primário subsequente e assim, sucessivamente, até o último tanque. Com a incorporação finalizada no último tanque primário, o processo é reiniciado, sendo que cada tanque primário pode receber de 4 a 5 saturações de dejetos líquidos, sempre se levando em conta que após cada incorporação, a capacidade de absorção da cama é reduzida em torno de 25%, (passando de 800 para 600 litros; de 600 para 400 litros e de 400 para 200 litros, completando assim 2.000 litros para cada m³ de substrato seco, ou seja, para o caso da maravalha uma relação de 1:8 (1 kg maravalha para 8 litros de dejetos). O leito, após cada incorporação de dejetos, deve ficar em descanso por um período aproximado entre 10 a 15 dias, tempo suficiente para que ocorra a elevação de temperatura e a evaporação parcial da água. Este processo reduz consideravelmente o teor de umidade do material. Após esse tempo o substrato (biomassa) está apto para receber novamente mais uma incorporação de dejetos líquidos.

Fase de maturação – A fase consiste em uma seqüência de depósitos maiores do que os existentes na fase de impregnação. Cada depósito da fase de maturação deve comportar o recebimento do material de dois depósitos da fase de impregnação. Estes depósitos vazios recebem a biomassa formada na fase de impregnação. Neste local ocorre a fermentação aeróbia do material, ou seja, a maturação propriamente dita. A biomassa deve permanecer em processo de maturação por um período não inferior a 45 dias. Com isso, se completa a maturação da biomassa, formando um composto orgânico para uso na agricultura, como fertilizante.

No dimensionamento do sistema de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos, será usado como exemplo uma granja de produção de suínos que produz aproximadamente 2.000 litros de dejetos por dia.

Como um metro cúbico de substrato (serragem ou maravalha seca) tem capacidade para absorver aproximadamente 800 litros de dejetos líquidos na primeira incorporação, os depósitos primários deverão ter as dimensões de 3,0 m x 3,0 m x 0,7 m de altura, totalizando um volume de 6,30m³/pilha. A espessura do leito de compostagem deve ser de no mínimo 0,50 m de altura, com isso teremos um volume do leito de 4,50m³.

$$800 \text{ litros} \times 4,5 \text{ m}^3 = 3.600 \text{ litros (relação kg substrato: kg dejetos de 3,2)}$$

Um depósito com estas dimensões tem capacidade de absorver aproximadamente 3.600 litros de dejetos, ou seja, a produção de quase dois dias de dejetos da granja. Neste caso a cada dois dias, teremos um depósito saturado. Então para que o depósito permaneça 15 dias em descanso sem receber dejetos, são necessários oito tanques primários (1 a 8) e quatro tanques secundários (9 a 12).

Os depósitos devem ser cobertos, preferencialmente com material de PVC transparente, para evitar a entrada da água da chuva e permitir a incidência solar sobre o leito. Como cobertura pode-se usar filme agrícola, o mesmo plástico (ou telhas transparentes) usado em cobertura de estufas de produção de hortaliças, que permite a passagem da radiação solar, fator fundamental para o aquecimento do ar sobre os tanques, facilitando a evaporação da água e a secagem do material. Na Fig. 7, pode-se observar a planta baixa e corte das construções das câmaras de incorporação e compostagem.

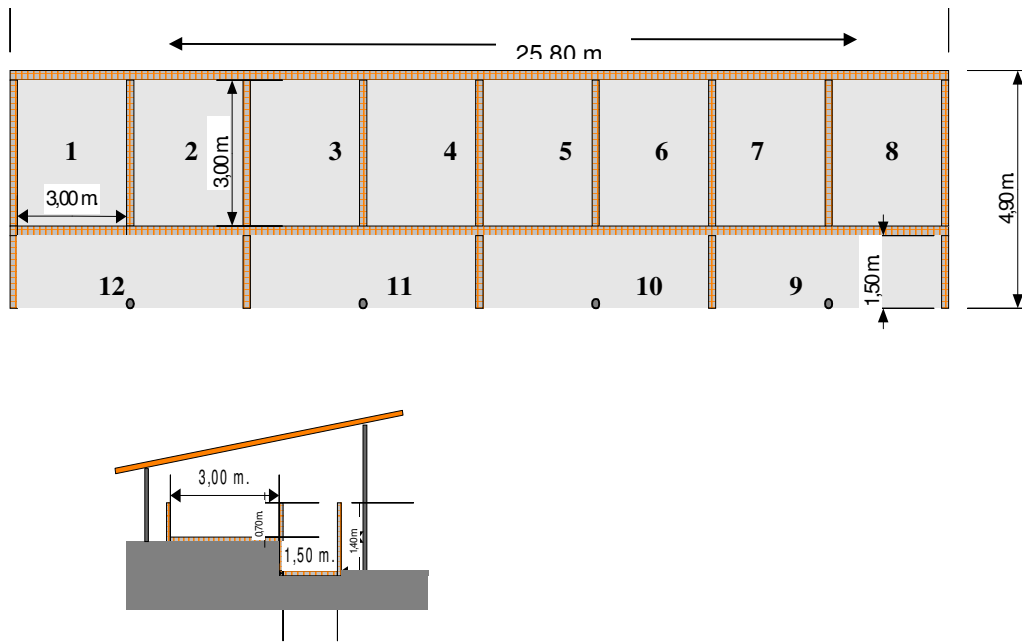


Fig. 6 - Planta baixa e corte das construções das câmaras de incorporação e compostagem.

Outro fator importante a ser observado, quando se opta por esse sistema de compostagem para o tratamento de dejetos, consiste em evitar o desperdício de água nos bebedouros dos animais e nas tarefas de limpeza das edificações, bem como a incorporação das águas de chuva aos dejetos.

A passagem da biomassa dos depósitos primários para os secundários, é realizada de forma manual, sendo assim não se recomenda a construção de tanques com dimensões muito grandes, pois dificulta o trabalho de transporte.

O tratamento dos dejetos de suínos por compostagem, exemplificado acima, está sendo usado por pequenos e médios produtores de suínos no Rio Grande do Sul em substituição a esterqueiras e tratamento em sistemas de lagoas anaeróbias (Oliveira, 2004; Dai Prá et al. 2005).

6 DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM AUTOMATIZADA PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

6.1 Instalação da unidade de compostagem

A Embrapa Suínos e Aves em parceria com a Bergamini Indústria de Máquinas Agrícola, desenvolveu em 2003 um projeto de uma Unidade de Compostagem Automatizada para o tratamento dos dejetos de suínos. Esta unidade foi desenvolvida no âmbito do Projeto Suinocultura Santa Catarina, integrante do Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais pertencente ao Programa Nacional de Meio Ambiente – PNMA II, projeto vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, com financiamento do Banco Mundial (BIRD).

A Unidade de Compostagem foi instalada em uma propriedade, na Bacia do Lajeado dos Fragosos no Município de Concórdia, SC, no ano de 2004, para testes e validação da tecnologia. Na referida propriedade foi construída uma edificação

denominada de Unidade de Compostagem, possuindo cobertura em PVC transparente, piso e muretas internas em concreto, com medidas de 10 m de largura por 30 m de comprimento. Na Fig. 7, pode ser observada uma vista geral da unidade de compostagem que foi instalada na propriedade.



Fig. 7 - Vista geral da Unidade de Compostagem e da máquina para a automatização da compostagem instalada na propriedade.

Foram realizados experimentos de compostagem utilizando como substrato a maravalha, porque ela é comercializada seca e sua composição é uniforme requisitos esses para testes de validação do sistema. Os dejetos de suínos usados foram oriundos de uma Unidade de Produção de Leitões–UPL, com 80 fêmeas e 288 leitões, com produção diária de $1,70\text{m}^3$ de dejetos. Foram realizados testes com a maravalha para conhecimento do seu e peso específico. O leito de compostagem foi construído em alvenaria com piso em concreto, medindo 2m de largura, 30m de comprimento e com muretas laterais de alvenaria de 1m de altura. No seu interior foi instalada a máquina revolvedora e distribuidora automática de dejetos no leito de compostagem. A máquina é dotada de uma bomba hidráulica elétrica para a distribuição e um conjunto de pás rotativas para o revolvimento e homogeneização da maravalha e dos dejetos.

O monitoramento da temperatura ambiente foi realizado por meio de um termohigrômetro modelo 175, da Testo, para as medições das temperaturas de bulbo seco e umidade relativa do ar. As temperaturas no interior da biomassa, no leito de compostagem, foi medida pelo Termômetro digital Lutron Modelo PH-206 e na superfície por termômetro infravermelho modelo Raytek (MiniTemp).

Nas Fig. 8 e 9, apresentam-se as vistas do deslocamento da máquina de compostagem e do momento da distribuição dos dejetos sobre o leito, na unidade de compostagem.



Fig. 8 - Vista do deslocamento da máquina de compostagem, desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves e pela Bergamini Ind. Máq. Ltda.



Fig. 9 - Vista do momento da distribuição e incorporação dos dejetos sobre a maravalha pela Máquina de compostagem, desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves e pela Bergamini Ind. Máq. Ltda.

6.2 Avaliação da unidade de compostagem

6.2.1 Fase de impregnação

A fase de impregnação é a fase de incorporação dos dejetos líquidos ao substrato, até atingir o limite da absorção de dejetos pela maravalha. Nesta fase os dejetos de suínos foram incorporados ao substrato em 4 etapas de aplicações, com intervalos de 10 dias entre elas, sendo a taxa de aplicação implantada de 8 litros de

dejetos bruto para cada 1 kg de maravalha existente no leito de compostagem.

O volume total de maravalha utilizada no leito de compostagem foi de $32,40\text{m}^3$, (peso específico de maravalha 151 kg/m^3 , com umidade de 15%), sendo a massa total de 4.892 kg e o volume de dejetos incorporado de $39,139\text{m}^3$. O volume de dejetos distribuído foi 881,26 litros, para cada aplicação efetuada no leito de compostagem. O procedimento de distribuição dos dejetos líquidos sobre a maravalha obedeceu as recomendações de resultados dos trabalhos desenvolvidos com este tipo de substrato (Mazé et al., 1999; Oliveira et al., 2003a; Oliveira et al., 2004). Após o período de aplicação (30 dias) a biomassa ficou no leito de compostagem por mais 10 dias, encerrando-se assim a fase impregnação. Nesta fase do experimento o objetivo foi de avaliar o manejo da máquina, aplicação dos dejetos, consumo de energia elétrica, taxa de incorporação de dejetos à maravalha, desenvolvimento da temperatura na biomassa de compostagem, a taxa de evaporação da água contida nos dejetos e a relação C/N.

Durante a fase impregnação, foram coletadas amostras da maravalha, antes da mistura dos dejetos, sendo analisadas a matéria seca e o carbono orgânico. Para todo o dejetos líquido utilizado na unidade de compostagem, foram analisados os sólidos totais, nitrogênio total, e o carbono orgânico. No acompanhamento do comportamento da biomassa na unidade de compostagem, foram coletadas amostras semanalmente. A amostragem, foi realizada em 5 diferentes pontos no leito da biomassa na profundidade de 25cm, sendo após misturadas obtendo-se uma amostra composta representativa da biomassa existente na unidade de compostagem. As amostras compostas eram enviadas ao laboratório para as análises físico-químicas.

6.2.2 Fase de maturação

A Fase de maturação também denominada de fase de compostagem ou estabilização do composto que ocorre logo após a fase de impregnação. Ela começa depois da máxima incorporação dos dejetos à maravalha, após sua saturação (40 dias). A saturação é considerada quando a maravalha não tem mais capacidade de absorver os dejetos líquidos. Na fase de maturação a biomassa ficou retida no leito de compostagem durante 30 dias. O composto permaneceu na leira para avaliação do processo de estabilização sendo a biomassa revolvida, com a máquina, uma vez por semana para acelerar sua secagem.

Nesta fase, o objetivo do trabalho foi de avaliar a possibilidade de transformação da biomassa formada na Fase impregnação, em composto orgânico estabilizado que poderá ser comercializado como adubo orgânico.

6.2.3 Resultados obtidos

Os resultados obtidos nas fases de impregnação e de maturação, para as variáveis temperaturas da biomassa, características dos dejetos produzidos e análise físico-química do composto e dos dejetos líquidos são apresentados a seguir.

6.2.3.1 Temperatura da unidade de compostagem e da biomassa

Na Fig. 10 são apresentados os valores médios observados das temperaturas na biomassa, no leito de compostagem, e da temperatura ambiental registrada no interior da unidade de compostagem durante o período de 40 dias que durou a fase de impregnação dos dejetos à maravalha.

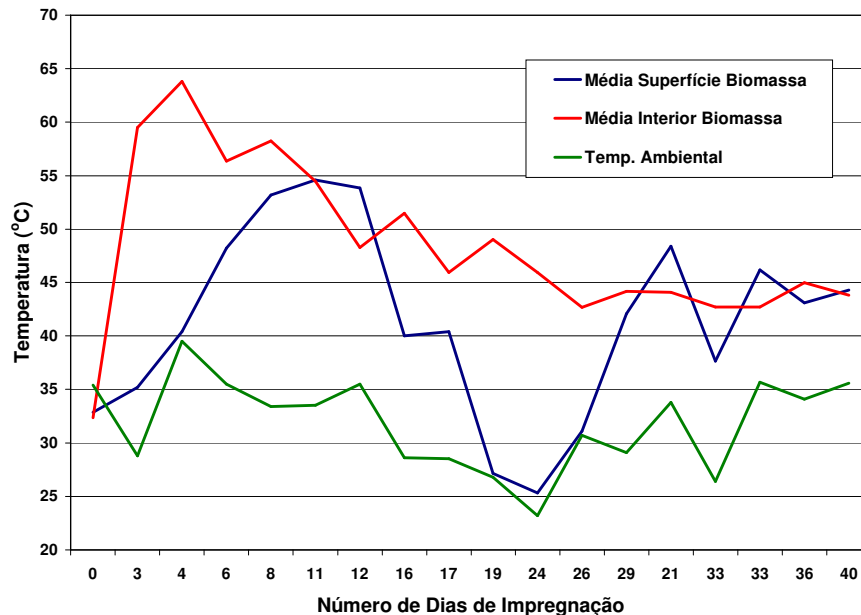


Fig. 10 - Temperaturas observadas na biomassa e no ambiente interno na unidade de compostagem durante a fase de impregnação.

Conforme se pode observar na Fig. 10, a temperatura da biomassa no início do procedimento de impregnação passa de um valor em torno de 32°C para um valor de 64°C, no intervalo de 4 dias após adição dos dejetos à maravalha, indicando intensa atividade dos microorganismos presentes na biomassa. Conforme são adicionados dejetos à biomassa, essa aumenta seu teor de umidade e sua temperatura diminui. Este comportamento da temperatura na biomassa é semelhante ao encontrado por Mazé et al. (1999) e Paillat et al. (2005). A temperatura média do ar ambiente observada na unidade de compostagem foi de 31,89°C, porém as variações de temperatura observada são em função da incidência ou não da radiação solar sobre a superfície da biomassa.

6.2.3.2 Características físico-químicas do composto

As características físico-químicas dos dejetos de suínos utilizados na unidade de compostagem foram em média para o Nitrogênio total (N_NTK) de 3,42, sendo os valores máximo de 6,25 e mínimo de 3,26 (g/kg). Os valores médios dos Sólidos Totais observados nos dejetos foram de 68,2, sendo os valores máximo de 82,2 e mínimo de 34,4 (g/kg). A matéria seca média da maravalha utilizada foi de 94,9% e o carbono orgânico de 317,1 g/kg. O valor médio da densidade (kg/m³) dos dejetos utilizados foi de 1.025,47, sendo o valor máximo de 1.040 e o mínimo de 1.020.

Tabela 7 - Valores médios observados do Nitrogênio total (N_NTK), Carbono Orgânico (C_org), Matéria Seca (MS) e a Relação C/N nas fases inicial, de impregnação e final de maturação na unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos.

Parâmetros Analisados	Avaliação do composto		
	Substrato Inicial	Fase de Impregnação 30 dias	Fase Maturação Final 40 dias
N_NTK (g/kg)	2,01	2,84	2,76
C_org (g/kg)	229,1	105,6	68,3
MS (%)	31,4	25,3	52,8
Relação C/N	114,4	37,2	24,8

Os resultados observados nos parâmetros físico-químico (Tabela 7) ao longo das fases de impregnação e de maturação demonstram a possibilidade do uso da Unidade de Compostagem Automatizada para o tratamento dos dejetos de suínos. Podem-se a redução do Carbono Orgânico no composto, da relação C/N e da umidade do composto.

O composto orgânico gerado na unidade de compostagem para ser comercializado deve se enquadrar nas especificações técnicas estabelecidas na Instrução Normativa N°15, dadas aos “Fertilizantes Orgânicos Composto Classe A”, onde Classe A se refere a fertilizantes cuja matéria-prima é de origem vegetal, animal ou de processamento de agroindústria (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004). As especificações exigidas pela Instrução Normativa são as seguintes: umidade máxima 50%; NT mínimo 1%; CO mínimo 15%; CTC 300; pH mínimo 6,0; relação C/N máxima 18; relação CTC/C mínima 20; N, P, K ou a soma NPK, NP, NK, PK 2%.

O valor da umidade final do composto foi de 47,2%, valor este abaixo da especificação da IN_N° 15 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004). Os valores do Carbono Orgânico e do Nitrogênio Total no composto final também estão de acordo com a IN_N° 15 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004). Porém, a Relação C/N esta acima de 18 que é o valor estabelecido pela legislação, então o composto deve permanecer por um período maior que 30 dias na unidade de compostagem para diminuir a relação C/N até atingir o valor estabelecido pela legislação em vigor.

Resultados semelhantes foram encontrados por Dorffer (1998), trabalhando com estações automatizadas de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos, ficando demonstrado que é possível tratar 15 m³ de dejetos líquidos para cada tonelada de maravalha ou palha, obtendo-se 4 toneladas de composto estabilizado com relação C/N <20 e uma redução da metade do nitrogênio. Em sistemas de compostagem com o uso de palha, em unidades de tratamento com área de 620m², desenvolvido pela Station Pilote Multi-Déchets Organiques (Vaulx, 1999), foi demonstrado ser possível tratar 1.000m³ de dejetos de suínos por ano com uma quantidade incorporada de 12m³ de dejetos por tonelada de palha. Como resultado obteve-se 250 a 300 toneladas de composto orgânico.

7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA COMPOSTAGEM

7.1 Vantagens

A compostagem atua diretamente no volume total dos dejetos produzidos na granja, reduzindo-os consideravelmente, e age também na maturação dos mesmos tornando-os menos agressivos em termos de contaminação microbiana.

Na fase impregnação ocorre a absorção dos dejetos líquidos pelo substrato e a posterior evaporação da água contida nos mesmos, em função do calor gerado pelo processo de compostagem, reduzindo o volume de dejetos na ordem de 50 a 70%.

Na fase de maturação o potencial de risco de poluição é reduzido pela compostagem aeróbia da biomassa, eliminando grande parte dos microorganismos e estabilizando a matéria orgânica.

O nitrogênio é fixado no composto não sofrendo os efeitos da lixiviação, quando utilizado como adubo orgânico, em lavouras. No caso dos adubo líquidos o nitrogênio se infiltra no solo podendo atingir mais facilmente o lençol freático provocando sua contaminação. O nitrogênio presente nos dejetos líquidos de suínos está na forma mineralizada, isto é prontamente disponível para ser utilizado pelas plantas. Quando a lavoura não estiver estabelecida no local, a tendência é que ocorra a lixiviação deste nutriente para as camadas mais profundas do solo podendo atingir eventualmente o lençol freático, provocando sérios problemas de contaminação. No sistema de compostagem de dejetos, o nitrogênio está em boa parte na forma orgânica, ou seja precisa passar pelo processo de mineralização para ser utilizado pelas plantas. A passagem do nitrogênio da forma orgânica para a forma mineral é lenta, sendo isso bastante benéfico para as plantas, pois receberão o nitrogênio gradativamente conforme as necessidades. A oportunidade de extração deste nitrogênio na forma orgânica é bem maior do que quando na forma mineral, minimizando desta forma a possibilidade de lixiviação para as águas subterrâneas (Konzen, 2000).

No tratamento de dejetos na forma líquida em lagoas ou estações de tratamento a fermentação é anaeróbia, gerando odores bastante desagradáveis, porém no tratamento na forma de compostagem sólida a fermentação é aeróbia, reduzindo consideravelmente a emissão desses odores.

A compostagem permite ao produtor estocar o composto, para ser utilizado no momento mais oportuno, conforme a sua necessidade, fato que não ocorre no sistema de tratamento na forma líquida normal, onde o produtor necessariamente tem que distribuir os dejetos na lavoura, mesmo que o momento não seja o mais adequado, caso contrário o produtor tem de prever um número considerável de lagoas para armazenagem dos dejetos.

No sistema convencional de produção de suínos os dejetos são manejados gerando fertilizante na forma líquida, não sendo economicamente viável o transporte das regiões com excesso de nutrientes, para regiões com falta de fertilizante orgânico. Entretanto a transformação dos dejetos em composto sólido viabiliza esta transferência. Além disso, permite ao produtor aumentar o número de animais em sua granja pela redução no volume de dejetos, melhor maturação do mesmo e possibilidade de exportar nutrientes na forma de composto orgânico.

A instalação de unidade de compostagem reduz, na ordem de 35%, o custo de implantação do sistema de tratamento em relação ao tratamento na forma líquida. Além da redução do custo de implantação do sistema ocorre uma racionalização e maximização da mão-de-obra envolvida no processo de manejo dos dejetos líquidos de suínos em sistema de compostagem automatizado.

7.2 Desvantagens

As desvantagens do uso de compostagem são as seguintes: Necessidade de previsão de substrato para a utilização no leito de compostagem; Custo do substrato; Exigência de um monitoramento constante para a avaliação da evolução do processo de compostagem; Necessidade de uma instalação coberta para operação do sistema; Maior necessidade de mão de obra em sistema de compostagem manual.

8 CONCLUSÕES

A instalação de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos líquidos de suínos em uma granja de produção beneficia o produtor com redução no custo de implantação, melhor qualidade agrônômica do adubo orgânico e menor custo de transporte e distribuição.

O tratamento dos dejetos via fermentação aeróbia em unidades de compostagem, reduz significativamente o risco de impacto ambiental e os odores gerados quando comparado aos processos anaeróbios.

A alternativa de manejo e tratamento de dejetos líquidos de suínos pelo processo de compostagem é extremamente importante e absolutamente segura para as regiões de pequenas propriedades com alta concentração populacional de suínos e pouca área agrícola disponível.

A implantação de unidades de compostagem é viável para a maioria dos produtores de suínos, desde que, projetada adequadamente para o volume de dejetos gerado na granja.

O volume de dejetos de suínos a ser tratado por ano, determina se o sistema de compostagem para o tratamento deve ser manual ou automatizado.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. L. do; MORES, N.; VENTURA, L. V.; BARIONI JUNIOR, W.; LUDKE, J. V.; OLIVEIRA, P.A.V. de. Ocorrência de linfadenite por *Mycobacterium avium* em suínos criados em cama sobreposta de maravalha. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 3.; CONGRESSO DA ALVEC, 9., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais dos trabalhos científicos...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.57-58.

BARRINGTON, S.; CHOINIÈRE, D.; TRIGUI, M.; KNIGHT, W. Compost convective airflow under passive aeration. **Bioresource Technology**. v. 86, p.259 – 266, 2003.

CHIUCHETTA, O.; OLIVEIRA, P. A. V. Variação cambial e sua influência na utilização agrônômica dos dejetos suínos sólidos como fertilizante. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 3.; CONGRESSO DA ALVEC, 9., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais dos trabalhos científicos...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.293-294.

COSTA, R. H. R. da; MEDRI, W.; PERDOMO, C. C. Otimização do sistema de tratamento: Decantador de palhetas e lagoas anaeróbias, facultativas e de aguapé para o tratamento dos dejetos de suínos. In: SIMPOSIO INTERNAZIONALE DI INGEGNERIA AMBIENTALE, 1997, Revello-Villa. **Anali.** Revello-Villa, [s.n.], 1997. p. 1018-1025.

DAI PRÁ, M.A. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos.** 2006. 125p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

DAI PRÁ, M. A.; KONZEN, E. A.; OLIVEIRA, P. A. V. de; MORAES, E. **Compostagem de dejetos líquidos de suínos.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 25p.(Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 45).

DORFFER, M. Le compostagem accessible aux gros excédents. **Porc Magazine**, n.314, p.129-130, 1998.

Environmental Protection Agency-EPA: Composting municipal wastewater sludges, 1985, EPA/ 625/4-85/014, 66p.

Institut Technique du Porc. **Memento de l'éleveur de porc.** Paris : Institut Technique du Porc, 2000. 374 p.

KERMARREC, C. **Bilan et transformations de l'azote en élevage intensif de porcs sur litière.** 1999. 272p. Thèse (Docteur). l' ENSA de Rennes, France. (n.99-24, D3)

KERMARREC, C.; ROBIN, P.; BERNET, N.; TROLARD, F.; OLIVEIRA, P. A.V.; LAPLANCHE, A.; SOULOUMIAC, D. Influence du mode de ventilation des litières sur les émissions gazeuses d'azote NH₃, N₂O, N₂ et sur le bilan d'azote en engraissement porcin. **Agronomie - Agriculture and Environment**, v.18, n.7, p.473-488, 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem:** maturação e qualidade do composto. Piracicaba: [s.n.], 1998. 171p.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção.** Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 5).

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO, A. F. C., PEREIRA, F. A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho.** 2.ed. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1998. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 25).

KUNZ, A.; SCHIERHOLD NETO, G. F.; NUNES, L. M. A.; OLIVEIRA, P.A.V. Estudo da relação maravalha/dejeto a diferentes umidades para incorporação de lodo de dejeto de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis. **Anais.** Florianópolis: [s.n.], 2004. p4.

LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. **Mudança climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 397 p.

MAZÉ, J. Quatre Vaulx-Jardin: le compostage en quatre mois. **Porc Magazine**, n. 311, p. 63-67, 1998.

MAZÉ, J.; MELEC, D.; THÉOBALD, O. Le compostage du lisier de porc sur différents supports carbonés e selon deux modes d'aération. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v.28, p.231-240, 1996.

MAZÉ, J.; THÉOBALD, O.; POTOCKY, P. Optimisation du compostage du lisier de porc avec des résidus ligno-cellulosiques. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v.31, p.91-98, 1999.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para o tratamento de dejetos suínos**. 1997. 345p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MERKEL, J. A. Composting. In: **MANAGING livestock wastes**. [S.l.]: Avi Publishing Company, 1981. p.306-343.

MIELE, M. **Estrutura e coordenação na suinocultura: A relação entre contratos de integração, especialização, escala de produção e potencial poluidor dos estabelecimentos suínos do Alto Uruguai Catarinense**. 2006. 277p. Tese (Doutorado), Universidade Feral do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

NICKS, B.; DESIRON, A.; CANART, B. Bilan environnemental et zootechnique de l'engraissement de quatre lots de porcs sur litière biomaîtrisée. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v.27, p.337-342, 1995.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 117p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. A. V.; COSTA, R. H. R. da; TROGLIO, J. Lagoons for treatment of waste products from hogs: example of Coopercentral. In: INTERNATIONAL SPECIALIST CONFERENCE AND WORKSHOP-WASTE STABILISATION PONDS TECHNOLOGY AND APPLICATIONS, 3., João Pessoa, 1995. **Proceedings**. João Pessoa: [s.n.], 1995. v.1.

OLIVEIRA, P.A.V. ; ROBIN, P. ; KERMARREC, C. ; SOULOUMIAC, D. ; DOURMAD, J.Y. Comparaison de l'évaporation d'eau en élevage de porcs sur litière de sciure ou caillebotis intégral, **Journées de la Recherche Porcine en France**, v.30, p.355-361, 1998.

OLIVEIRA, P. A. V. Programas eficientes de controle de dejetos na suinocultura. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.143-158p.

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A.; ARRIADA, A. A. Compostagem e Utilização de Cama na Suinocultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais**. Campinas: CBNA, 2001. p. 391-406.

OLIVEIRA, P. A. V. **Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou caillebotis intégral**. 1999. 272p. Thèse (Docteur) - l' ENSA de Rennes, France. (n. 99-24, D-32).

OLIVEIRA, P. A. V. de, CASTILHO JUNIOR, A. B., NUNES, M. L. A., HIGARASHI, M. M., Compostagem usada para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 4., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campinas: Editora Animal/World, 2004. p.522-523.

OLIVEIRA, P. A. V. de, NUNES, M. L. A., KUNZ, A., HIGARASHI, M. M., SCHIERHOLT NETO, G.F., Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003a. p.433-434.

OLIVEIRA, P. A. V., HIGARASHI, M. M., NUNES, M. L. A., Emissão de gases na suinocultura que provocam o efeito estufa. **Suinocultura Industrial**, v.25, n.7, p.16-20, 2003b.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Modelo matemático para estimar a evaporação d' água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Journal of the Brazilian Society of Agricultural Engineering**, v.23, n.3, p.398-626, 2003c.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p. (PNMA II).

OLIVEIRA, P. A. V.; KERMARREC, C.; ROBIN, P. Balanço de nitrogênio e fósforo em sistema de produção de suínos sobre cama de maravalha. In: CONGRESSO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, 2000, Buenos Aires. **Memoria**. Buenos Aires: [s.n.], 2000. p.SP7.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Resíduos agroindustriais da suinocultura: problemas e soluções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa, PB. **Anais**. João Pessoa: SBEA, 2006, 29p. 1 CD-ROM.

PAILLAT, J.M.; ROBIN, P; HASSOUNA, M; LETERME, P. **Effet du compostage défluents porcins sur les émissions gazeuses et les teneurs en éléments polluants**. Rennes : INRA, Centre de Recherches de Rennes, 2005. 106 p.

PATNI, N. K.; KINSMAN, R. G. **Composting of swine manure slurry to control odour, remove water, and reduce pollution potential**. Ottawa: Agricultural and Agri-Food Canada, Central Experimental Farm, 1997. (Report the Centre for Food and Animal Research)

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 56p.

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento dos dejetos de suínos. **Suinocultura Industrial**, v.152, p. 16-26, 2001.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Instrução Normativa Nº15, de 24 de Dezembro de 2004**. Brasília, DF: MAPA, 2004.

ROBIN, P.; OLIVEIRA, P. A. V.; KERMARREC, C. Productions d'ammoniac, de protoxyde d'azote et d'eau par différentes litières de procs durant la phase de croissance. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v.30, p.111-115, 1999.

TURNER, C. The thermal inactivation of *E. coli* in straw and pig manure. **Bioresource Technology**, v. 84, p.57-61, 2002.

SILVA, V. S.; DUTRA, V.; VENTURA, L.V.; YAMAMOTO, M. T.; PEREIRA, M. A. C.; PIFFER, I.; MORÉS, N. Dinâmica da infecção por *Mycobacterium avium* em suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10., 2001, Porto Alegre. **Anais..** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. v.2, p.137-138.

VAULX. **Compostage du lisier sur paille**. Corseul, 4 VAULX- Station Pilot Multi-Déchets Organiques, Coëffinet, 22130-, France, 1999. 5 p.

ZAHN, J. A.; HATTFIELD, J. L.; LAIRD, D. A.; HART, T. T.; DO, Y. S.; DISPIRITO, A. A. Functional classification of swine manure management systems based on effluent and gas emission characteristics. **Journal Environment Quality**, v.30, p.635-647, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA
PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE II – PNMA II
PROJETO CONTROLE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA SUINOCULTURA EM
SANTA CATARINA

COORDENAÇÃO ESTADUAL



Secretaria de Estado do
Desenvolvimento Sustentável

EXECUTORA



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



CO-EXECUTORES



Secretaria de Estado da
Agricultura e Política Rural



PARCEIROS

ACCB/SUL – Associação Catarinense dos Criadores de Bovinos de Santa Catarina, ACCS/SUL - Associação Catarinense dos Criadores de Suínos de Santa Catarina, Colégio Espaço Ltda, EAFC - Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, UnC – Universidade do Contestado, UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Copérdia – Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia Ltda, Sadia S.A., Prefeitura Municipal de Concórdia através da FUNDEMA – Fundação Municipal de Defesa do Meio Ambiente, PMBN – Prefeitura Municipal de Braço do Norte, SRBN – Sindicato Rural de Braço do Norte, STRBN - Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Braço do Norte SC, GEASC – Grupo Ecológico Ativista Sul Catarinense, 20ª GEREI – Gerência Regional de Educação de Braço do Norte SC, CINCRESC – Centro Integrado de Educação da Região Sul de Santa Catarina.