

# GESTÃO AMBIENTAL NA SUINOCULTURA: SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS POR UNIDADE DE COMPOSTAGEM

Patricia Cadis\*  
Jairo Afonso Henkes\*\*

## Resumo

Os dejetos de suínos, até a década de 1970, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais, mesmo nas áreas de pequena propriedade rural, era pequena, e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-los como adubo orgânico. A estrutura atual dos sistemas produtivos de suínos baseia-se na concentração de animais em pequenas áreas, gerando grandes excedentes de dejetos, que demandam áreas relativamente grandes para o seu aproveitamento como fertilizante em lavouras e pastagens. Entretanto, os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo e a água, são imensos, na medida em que as práticas produtivas tradicionais têm negligenciado a aplicação de medidas de conservação ambiental que a atividade requer. Duas condições adversas ampliam o desgaste ambiental produzido pela suinocultura de grande escala: o fato de a maior parte do rebanho estar concentrada sobre uma área geográfica relativamente pequena da região Sul e Oeste do Estado de Santa Catarina onde os impactos ambientais mais severos ocorrem justamente no primeiro elo da cadeia produtiva, a propriedade rural, no ambiente de pequenos produtores rurais, difusamente assentados e sempre carentes dos recursos necessários para a introdução de tecnologias avançadas de conservação ambiental. O presente trabalho apresenta como questão central: O tratamento de resíduos pelo método de compostagem de dejetos suínos pode representar uma alternativa para a solução da contaminação ambiental nas regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos, principalmente para pequenas propriedades rurais? O objetivo do trabalho foi analisar o sistema de tratamento de resíduos pelo método da compostagem de dejetos suínos no Estado de Santa Catarina. A alternativa de tratamento de dejetos de suínos pelo processo de compostagem é extremamente importante e segura, pode ser tecnicamente aplicada 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 aos volumes de dejetos gerados pela produção.

Palavras-chave: Gestão ambiental na suinocultura. Compostagem de dejetos suínos líquidos. Unidade de compostagem.

## 1 INTRODUÇÃO

A compostagem de resíduos orgânicos é, provavelmente, o mais antigo sistema de tratamento biológico utilizado pelo homem, sendo esse processo utilizado por antigas civilizações como um método natural de reciclagem dos nutrientes, comumente presentes nos resíduos resultantes de suas atividades diárias (KIEHL, 1998; OLIVEIRA, 1999; MAZÉ; THÉOBALD; POTOCKY, 1999; DAI PRÁ et al., 2005).

Define-se compostagem como 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 e rápida de fitotoxicidade (composto cru ou imaturo), seguida pela fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente à terceira fase, à cura, à maturação, ou mais tecnicamente, à humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, quando se pode considerar por encerrada a compostagem. Durante todo o processo ocorre produção de calor e desprendimento, principalmente de gás carbônico e vapor d'água (KIEHL,

\* Graduanda em Gestão Ambiental pela Universidade do Sul de Santa Catarina Virtual; patricia.cadis@unisul.br

\*\* Professor da Universidade do Sul de Santa Catarina; Engenheiro agrônomo; jairo.henkes@unisul.br

1998). Esse mesmo autor complementa essa definição de compostagem dizendo ser esse um processo controlado pelo fato de poder acompanhar e controlar a temperatura, a aeração e a umidade, entre outros fatores.

A compostagem consiste no processo de manejo de resíduos sólidos em que a fração orgânica deles é decomposta biologicamente, sob condições controladas, até atingir a um estado no qual o material pode ser manuseado, transportado, armazenado e/ou aplicado ao solo sem afetar adversamente o meio ambiente. O sistema de compostagem dos resíduos da suinocultura é uma prática que vem crescendo entre os criadores de suínos na Europa. Essa técnica foi desenvolvida principalmente para a agricultura biológica para evitar ou suprimir o uso de fertilizantes minerais. Atualmente, ela vem sendo cada vez mais empregada pelos suinocultores localizados em zonas geográficas cujas águas estão fortemente poluídas por nitrato (ITB, 1995; MAZÉ; THÉOBALD; POTOCKY, 1999).

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 naturais.

O crescimento populacional, a urbanização e o aumento da renda nos países em desenvolvimento estão proporcionando um expressivo aumento no consumo de alimentos de origem animal em todo mundo (STEINFELD; HANN; BLACKBURN, 1997). Em decorrência disso, houve um grande crescimento no consumo de carne suína.

A indústria suinícola no Brasil, que em muitos outros países também representa uma atividade econômica importante, tem sofrido profundas transformações nas últimas três décadas, e estas têm acelerado continuamente durante a última década (NACIF, 1995). Essa transformação acelerada ocorre em razão da globalização da cadeia suinícola, porque tornou o mercado mais competitivo.

Uma das modificações mais evidentes que está ocorrendo na suinocultura brasileira e mundial é a tendência na diminuição de criadores de suínos e um aumento no número de suínos (NACIF, 1995). Como consequência dessa intensificação de concentração de suínos, provocou-se uma forte pressão sobre os recursos naturais nas regiões produtoras. Esse cenário fica evidente no Estado de Santa Catarina.

Santa Catarina tem um território de 95.318,3 km<sup>2</sup>, representando apenas 1,13% de todo o território nacional; a suinocultura é uma atividade tradicional do povo rural catarinense. Atualmente, além ser o maior produtor de suínos, é também o maior exportador de carne suína e o maior produtor de reprodutores suínos do País (ACCS, 2011). Estão instaladas aqui as quatro maiores agroindústrias do Brasil e paralelo a isso, existem, aproximadamente, oito mil produtores com 420 mil matrizes e um plantel de 6,2 milhões de animais (ACCS, 2011).

A atividade suinícola representa grande importância econômica e social e a maior parte da produção suína concentra-se nas regiões Sul e Oeste catarinense e se caracteriza por pequenas propriedades, onde predomina a mão de obra familiar (SILVEIRA et al., 1998; SILVA, 2000; OLIVEIRA, 2003).

A pequena área das propriedades e o relevo acidentado da região fazem com que haja insuficiência de áreas agrícolas para a aplicação agronômica de todo o resíduo gerado pela suinocultura nessas propriedades (BERTO, 2004). 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, não investem no controle da emissão de poluentes e na utilização agronômica dos dejetos. De acordo com Konzen (1998, 2000), os dejetos de suínos podem constituir-se 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 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 aos interesses dos criadores e à exigência da Legislação Ambiental (OLIVEIRA, 2002).

O sistema tradicional de manejo de dejetos utilizado na região Sul do País (esterqueiras, bioesterqueiras e decantação), baseia-se 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 quanto para a sua aplicação como fertilizante. Esse problema é agravado pela ocorrência da incorporação de grandes volumes de água proveniente de bebedouros malregulados, lavagem inadequada das construções e água da chuva. 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). De acordo com Gosmann (1997), a esterqueira e a bioesterqueira são formas adequadas para armazenamento, não podendo ser consideradas sistemas de tratamento de dejetos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

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<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>S e, de outra parte, em razão 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., 2003; PAILLAT et al., 2005; OLIVEIRA, 2004).

Segundo Oliveira et al. (2003 apud OLIVEIRA; HIGARASHI; MATTEI, 2006, p. 15), compostagem de dejetos suínos consiste na transformação dos dejetos líquidos em composto sólido, com maior valor nutricional agregado.

Para a compostagem, sugerem-se os sistemas automatizados em grandes unidades produtoras de suínos que poderiam produzir e comercializar os fertilizantes orgânicos gerados. Já pequenas unidades produtoras podem implantar estruturas mais simples, como a compostagem em leiras montadas manualmente (OLIVEIRA, 2004 apud OLIVEIRA; HIGARASHI; MATTEI, 2006).

O grande desafio consiste na definição de um sistema sustentável que seja capaz de harmonizar a continuidade das atividades dessa importante cadeia produtiva com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental nas regiões de maior concentração de suínos.

Com isso, o presente trabalho apresenta como questão central: o tratamento de resíduos pelo método de compostagem de dejetos suínos pode representar uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos, principalmente para pequenas propriedades?

O objetivo do trabalho é analisar o sistema de tratamento de resíduos pelo método da compostagem de dejetos suínos no Estado de Santa Catarina. Além de descrever sistemas manuais e automatizados de tratamento de resíduos pelo método da compostagem de dejetos suínos; apresentar cuidados e parâmetros importantes para o bom funcionamento deste; analisar e avaliar a viabilidade da implantação de uma Unidade de Compostagem; apresentar vantagens e desvantagens no tratamento dos resíduos sólidos por compostagem.

### 2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho é uma pesquisa na forma de um estudo de caso descritivo. Rauen (2002) define estudo de caso como um estudo profundo de um ou de poucos objetos, que busca retratar a realidade de forma completa e profunda, de modo a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento.

A instrumentação escolhida para a coleta de dados foi a da Observação Indireta com a coleta de depoimentos de suinocultores do Estado de Santa Catarina que usam a compostagem como alternativa, depoimentos de profissionais e técnicos da área que operam e implantam o sistema de compostagem, análise de documentos técnicos da Embrapa e entrevistas com o pesquisador Paulo Armando de Oliveira da Embrapa Suínos e Aves. Foi realizada a coleta de depoimentos de suinocultores do Oeste de Estado de Santa Catarina que usam a compostagem como alternativa, além disso, foi coletado o depoimento de um técnico da Seara alimentos S.A., profissional que acompanha na região Oeste catarinense a implantação do sistema de compostagem mecanizado.

Tal levantamento objetivou verificar e comprovar se o tratamento dos dejetos suínos por compostagem representa uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos, principalmente para pequenas propriedades.

## 2.2 CONTEXTOS HISTÓRICOS

Os dejetos de suínos, até a década de 1970, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais, mesmo nas áreas de pequena propriedade rural, era pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-los como adubo orgânico.

A estrutura atual dos sistemas produtivos de suínos baseia-se na concentração de animais em pequenas áreas, gerando grandes excedentes de dejetos, que demandam áreas relativamente grandes para o seu aproveitamento agrônômico.

Entretanto, os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo e a água, são imensos, na medida em que as práticas produtivas tradicionais têm negligenciado a aplicação de medidas de conservação ambiental que a atividade requer. Duas condições adversas ampliam o desgaste ambiental produzido pela suinocultura de grande escala: o fato de a maior parte do rebanho estar concentrada sobre uma área geográfica relativamente pequena da região sul e oeste do Estado de Santa Catarina, e que os impactos ambientais mais severos ocorrem justamente no primeiro elo da cadeia produtiva, a fazenda, e no ambiente de pequenos produtores rurais, difusamente assentados e sempre carentes dos recursos necessários para a introdução de tecnologias avançadas de conservação ambiental.

A integração técnica e economicamente viável de ações produtivas e de conservação ambiental é sempre um desafio. No caso da produção suinícola, configura-se um desafio ainda maior, em decorrência das circunstâncias já apontadas.

A produção de suínos é uma das atividades de maior impacto ambiental, considerada pelos órgãos de controle ambiental como potencial causadora de degradação ambiental, sendo enquadrada como tendo “grande potencial poluidor”.

Os resíduos da suinocultura, em geral, são utilizados como adubo orgânico de forma inadequada, o que gera grande risco de poluição ambiental, em regiões de produção intensiva, principalmente, em razão da infiltração do nitrogênio no solo e do escoamento superficial do fósforo, e, muitas vezes, lançando os dejetos diretamente nos cursos d’água. Esse fato, somado aos custos relativamente altos da aplicação desse resíduo nas lavouras, torna indispensável o desenvolvimento de técnicas de manejo economicamente viáveis e que não ofereçam riscos potenciais, principalmente de poluição hídrica.

Em Santa Catarina, onde há alta concentração de suínos e com sistema de captação de água baseado em mananciais superficiais e lençóis subterrâneos, o nível de contaminação desses recursos hídricos é considerado alarmante. Dentro das circunstâncias e do nível tecnológico em que operam os suinocultores, as ações para a melhoria da qualidade da água, do ar, e a redução do poder poluente dos dejetos suínos a níveis aceitáveis pela legislação vigente, requerem investimentos significativos, normalmente acima da capacidade dos pequenos produtores e, muitas vezes, sem a garantia de atendimento das exigências de saúde pública e da preservação do meio ambiente.

O lançamento de efluentes suínos não tratados no solo, rios e lagos constitui risco potencial para o aparecimento de doenças (verminoses, alergias, hepatites, hipertensão, câncer de estômago), desconforto na população (proliferação de moscas, borrachudos, maus odores) e degradação dos recursos naturais (morte de peixes e animais, toxicidade em plantas, eutrofização de recursos hídricos). A preservação do meio ambiente passa a adquirir uma relevância econômica inquestionável.

A estratégia da armazenagem e distribuição, como controle da poluição, não tem sido totalmente correta, pois revela um distanciamento da realidade, da necessidade e do interesse dos produtores. O grande desafio, sob essas condições, consiste na definição de um sistema que seja capaz de harmonizar a continuidade das atividades dessa importante cadeia produtiva com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental nas regiões de maior concentração de suínos.

A análise do sistema de tratamento de resíduos pelo método da compostagem de dejetos suínos está localizada no Estado de Santa Catarina.

Mapa 1 – Estado de Santa Catarina: Mesorregiões



Fonte: Baixar Mapas (2014).

A coleta de depoimentos dos suinocultores Evaristo Tófoli e Gilson Nardi, que usam a compostagem como alternativa, o depoimento do técnico da Seara Nilson do Amaral, profissional que acompanha a implantação do sistema de compostagem mecanizado, e comentários do pesquisador Paulo Armando de Oliveira, da Embrapa Suínos e Aves, aconteceu no Oeste do Estado de Santa Catarina, por meio da reportagem de Lucas Scherer (Dia de Campo na TV) em 2011.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS PELO MÉTODO DA COMPOSTAGEM

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; THÉOBALD; POTOCKY, 1999; DAI PRÁ et al., 2005).

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 a 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, à cura, à maturação ou, mais tecnicamente, à 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).

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; THÉOBALD; POTOCKY, 1999).

Essa técnica foi desenvolvida como um método alternativo de manejo dos dejetos oriundos dessa atividade e visa modificar as características químicas e físicas dos dejetos, originando 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 esse tipo de adubo (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 e 3 meses, até sua maturação total (relação C/N < 20) (OLIVEIRA et al., 2003).

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.

Os 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 tratamentos 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:

- a) 65% do total de carbono inicial é perdido, sendo 57% perdido sob a forma de CO<sub>2</sub>, 6% sob a forma de CH<sub>4</sub> e 2% como Composto Orgânico Volátil;
- b) do total inicial de nitrogênio, 60% é perdido, sendo 10% perdido sob a forma de NH<sub>3</sub>, 6% sob a forma de N<sub>2</sub>O e 44% sob a forma de N<sub>2</sub>.

Estudos conduzidos por Mazé, Théobald e Potocky (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 14 litros de dejetos líquidos para cada kg da mistura de maravalha e palha, respectivamente.

Estudos conduzidos na região 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 m<sup>3</sup>/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 a serragem (OLIVEIRA et al., 2003; NUNES, 2003).

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.

### 3.2 UNIDADES DE COMPOSTAGEM

Uma unidade de tratamento dos dejetos líquidos de suínos via compostagem, para operar em escala real, deve possuir uma sequência de depósitos dimensionados para receber o volume diário de dejetos de suínos produzidos na granja (OLIVEIRA, 2004; DAI PRÁ et al. 2005).

As unidades de compostagem, também chamadas de Plataformas de Compostagem, podem ser das mais simples até as automatizadas, dependendo da finalidade e 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, com solo compactado e compostagem em leiras montadas manualmente, em procedimento descrito por Oliveira (2000).

As plataformas de compostagem propostas (Fotografia 1) consistem em 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, com as laterais abertas para garantir a ventilação necessária para remover o vapor de água gerado pela compostagem, e piso, preferencialmente, em concreto. Algumas plataformas possuem piso em solo compactado, com drenagem para um depósito onde o chorume filtrado no leito de compostagem é coletado e recirculado na plataforma. A aspersão e a recirculação do dejetos sobre o substrato são obtidas por meio de bombas e o revolvimento é feito manualmente ou com o auxílio de trator equipado com enxada rotativa ou disco gradeador.

Fotografia 1 – Vista do sistema de tratamento dos dejetos de suínos em plataforma de compostagem, revolvimento com o uso de trator e revolvimento mecânico



Fonte: Embrapa (2014).

A Tabela 1 apresenta os custos comparativos na implantação de tratamento de dejetos em sistema convencional (separação de fase, compostagem e lagoas com e sem aeração) e em sistema de plataforma de compostagem (capacidade para tratar 3.000 m<sup>3</sup> de dejetos/ano).

Tabela 1 – Custos comparativos na implantação de tratamento de dejetos

Sistema de tratamento de dejetos	Custo de implantação (Dados coletados em 2004)
Sistema de lagoas com separação de fase*	93.000,00
Plataforma de compostagem (revolvimento manual)	36.500,00
Plataforma de compostagem (revolvimento mecânico)	56.500,00

Fonte: Embrapa (2014).

Nota: \*O resíduo líquido tratado no sistema deve ser totalmente utilizado na propriedade, pois a redução da DBO e da DQO dificilmente atingirá aos níveis exigidos pela legislação para o lançamento em rios de classe II e, mesmo que esses níveis sejam atendidos, deve ser feito um estudo para determinar se o rio tem capacidade para receber esse resíduo final.

Na Tabela 1, pode-se observar que os custos de implantação do sistema convencional de tratamento dos dejetos líquidos são mais elevados que o sistema de tratamento por compostagem em plataformas. Porém, deve-se considerar que os dejetos tratados por compostagem geram um adubo de excelente qualidade, sendo facilmente comercializado, enquanto no tratamento convencional (sistemas de lagoas) é muito difícil reduzir a carga orgânica a níveis aceitáveis pela legislação para seu lançamento em cursos d'água e, além de não gerar receita para o produtor, exige despesas de operação, de manutenção do sistema e de transporte.

Em sistemas de produção de suínos, nos Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Minas Gerais desenvolveu-se um sistema de compostagem dos dejetos líquidos com o objetivo de substituir os sistemas convencionais de armazenamento e tratamento, reduzindo-se os custos de implantação e de utilização do composto final como fertilizante orgânico. A seguir são apresentados esses sistemas de compostagem, bem como a orientação para a construção e o manejo adequado.

Na definição do local de construção, obrigatoriamente, deve-se pensar em um local onde os dejetos sejam conduzidos por gravidade, portanto, deve ser em um patamar mais baixo que a edificação usada na criação dos animais. Outro fator a ser considerado é que o local deve ser bastante ensolarado, pois isso facilita a evaporação da água, acelerando o processo, reduzindo o tamanho das construções e tornando-o mais eficiente.

O método desenvolvido para a compostagem de dejetos líquidos de suínos se divide em duas fases:

Na Fase 1 ou de Absorção os dejetos líquidos são misturados a um substrato que pode ser serragem, maravalha ou palha, ou à mistura dos substratos, com no mínimo meio metro de espessura (no primeiro processo), no qual ocorre, em um primeiro momento, a absorção do líquido pelo leito formado e posteriormente ocorre a evaporação do excedente.

Na Fase 2 ou de Compostagem ocorre a compostagem dos dejetos, que permite a maturação do material e a eliminação dos micro-organismos patogênicos e a concentração de nutrientes para o posterior uso como adubo orgânico.

O sistema consiste em duas fases e em ambas são necessários depósitos. Na fase 1 os depósitos são menores e devem prever sistemas de drenagem para a reutilização dos dejetos. O número de depósitos varia de acordo com o volume de dejetos produzidos pelo sistema de produção de suínos; no mínimo são necessários dois depósitos. Na fase 2 os depósitos são maiores, necessitando-se, para cada dois depósitos da fase 1, um depósito na fase 2. Os depósitos não precisam ser impermeáveis, porém, a impermeabilização representa um fator de segurança ambiental, evitando-se qualquer risco de infiltração de resíduo líquido gerado no sistema.

A fase 1 consiste na estruturação de uma sequência de depósitos ou tanques dimensionados para receber dejetos líquidos até a saturação do substrato. Os dejetos são conduzidos através de tubos de PVC (150 mm) do local de produção até os tanques onde são misturados no leito de serragem ou maravalha. Um metro cúbico de leito (tem seu peso específico, com substrato de maravalha, de aproximadamente 250 kg/m<sup>3</sup>) formado com resíduos novos e secos, tem capacidade para absorver aproximadamente 800 litros de dejetos líquidos, na primeira incorporação de dejetos. Após a incorporação no primeiro tanque os dejetos devem ser conduzidos para o tanque subsequente e assim sucessivamente até o último tanque. Com a incorporação finalizada no último tanque o processo é reiniciado;

cada tanque primário pode receber de quatro a cinco saturações de dejetos líquidos, sempre se considerando que após cada incorporação a capacidade de absorção do leito reduz-se 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 m<sup>3</sup> de substrato seco, ou seja, para o caso da maravalha uma relação de 1:8, 1 kg de maravalha para 8 litros de dejetos). O leito após cada incorporação de dejetos deve ficar em descanso por um período aproximado de 15 dias, tempo suficiente para que ocorra a elevação de temperatura e a evaporação parcial da água contida nos dejetos. Esse processo reduz consideravelmente o teor de umidade do material. Após esse tempo, o substrato (leito) está apto para receber novamente mais uma incorporação de dejetos líquidos.

A fase 2 consiste em uma sequência de depósitos maiores do que os existentes na fase 1. Cada depósito da fase 2 deve comportar o recebimento do material de dois depósitos da fase 1. Esses depósitos recebem um composto não estabilizado que provém da fase 1. Nesse local, ocorre a compostagem do material, que deve permanecer em processo de compostagem por um período não inferior a 45 dias. Com isso, realiza-se a maturação dos dejetos para posterior uso como adubo orgânico.

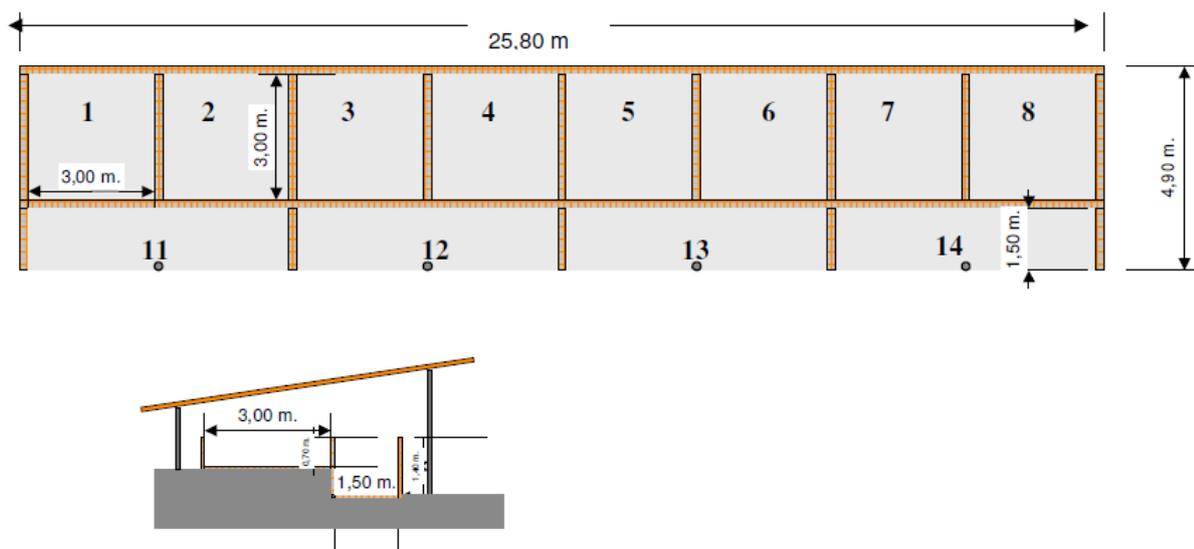
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DE UNIDADES DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS

Como exemplo será utilizado um sistema de produção de suínos que produz aproximadamente 2.000 litros de dejetos por dia. Como um metro cúbico de maravalha ou serragem seca tem capacidade para absorver aproximadamente 800 litros de dejetos líquidos, na primeira incorporação (relação kg substrato : litro dejetos; 1:3,2) dimensiona-se um depósito com as dimensões de 3,0 m x 3,0 m x 0,7 m de altura, totalizando um volume de 6,3 m<sup>3</sup>. A espessura do leito deve ser de no mínimo 0,50 m de altura, com isso, haverá um volume mínimo do leito de 4,5 m<sup>3</sup>. Obs.: 800 litros x 4,5 m<sup>3</sup> = 3.600 litros (relação máxima recomendada que deve ser mantida na primeira aplicação; 1:3,2 – kg substrato:kg dejetos).

Um depósito com essas dimensões tem capacidade de absorver aproximadamente 3.600 litros de dejetos, ou seja, a produção de mais de dois dias do sistema de produção de suínos. Nesse caso, pode-se considerar que a cada dois dias ter-se-á um depósito saturado. Para que o depósito permaneça 15 dias em descanso sem receber dejetos são necessários oito tanques primários (1 a 8) e quatro tanques secundários (11-14) (Desenho 1).

Desenho 1 – Planta baixa e corte das construções das câmaras de incorporação e compostagem



Fonte: Embrapa (2014).

Os depósitos devem ser cobertos com material de PVC transparente, com objetivo de evitar a entrada da água da chuva e permitir a incidência solar sobre o leito. Como cobertura pode-se usar o mesmo plástico (ou telhas transparentes) usado em cobertura de estufas na produção de hortaliças (filme agrícola), que permite a passagem do sol, fator fundamental para o aquecimento do ar sobre os tanques, facilitando a evaporação da água e a secagem do material.

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

A passagem dos dejetos dos depósitos primários para os secundários é feita de forma manual e, em razão disso, não se deve construir tanques com dimensões muito grandes, para facilitar o trabalho de manejo do composto.

A seguir, apresenta-se uma sequência de fotos (Fotografias 2 e 3) de um sistema de tratamento de dejetos de um pequeno sistema de produção de suínos. Nas Fotografias, observa-se o local de construção, os tanques de incorporação e compostagem (Fotografia 2, quatro tanques primários e dois secundários), o tipo de cobertura da instalação (Fotografia 2), a condução dos dejetos através de tubulações de PVC até os tanques e a passagem dos dejetos para os tanques secundários (Fotografias 2 e 3).

Fotografia 2 – Localização das câmaras incorporação e compostagem de dejetos



Fonte: Embrapa (2014).

Fotografia 3 – Tipo de cobertura das câmaras de incorporação e compostagem



Fonte: Embrapa (2014).

Outro exemplo, será usado um sistema de produção de suínos de terminação, que produz aproximadamente 5.400 litros de dejetos por dia (1.200 animais em terminação). O cálculo da capacidade de absorção de um metro cúbico de serragem ou maravalha seca (peso específico, aproximadamente, 250 kg/m<sup>3</sup>) é o mesmo que o do exemplo anterior. O substrato seco tem capacidade para absorver aproximadamente 800 litros de dejetos líquidos na primeira incorporação, 600 litros na segunda incorporação, 400 litros na terceira incorporação e 200 litros na quarta incorporação. O tempo de espaçamento entre uma e outra incorporação é de aproximadamente 15 dias, dependendo da taxa de evaporação da umidade dos depósitos (água contida nos dejetos). Para um depósito com as dimensões de 5,0 m x 8,0 m x 0,85 m de altura, totalizando 34 m<sup>3</sup> (Fotografias 4 e 5) recomenda-se que a espessura da camada de substrato tenha, no mínimo, 0,80 m de altura. Cada câmara de 34 m<sup>3</sup> absorverá os dejetos de cinco dias (27 m<sup>3</sup>). Com cinco câmaras, consegue-se fechar o ciclo de 25 dias, o suficiente para a fase de incorporação. O adequado funcionamento do sistema, além de um substrato de alta capacidade de absorção, depende igualmente de alguns fatores de manejo da água e dos dejetos dentro de um sistema de produção de suínos.

A utilização de bebedouros apropriados, o cuidado redobrado com os vazamentos e a proteção contra as chuvas das canaletas de coleta dos dejetos são fatores preponderantes para o bom funcionamento do sistema. O beiral do telhado das construções de criação devem ultrapassar as canaletas, propiciando o escoamento de água da chuva, sem incorporação no sistema de manejo e tratamento dos dejetos; recomenda-se sempre que possível cobrir as canaletas.

A operação de raspagem dos dejetos nas baias, em vez da limpeza com água, contribui significativamente para reduzir o volume de dejetos produzido. Na Fotografia 5, pode-se observar o trabalho de manejo e revolvimento do substrato, com o uso de um trator agrícola composto.

Fotografia 4 – Câmaras de incorporação de dejetos em leito de maravalha



Fonte: Embrapa (2014).

Fotografia 5 – Manejo do composto com o uso de pá carregadeira acoplado ao trator



Fonte: Embrapa (2014).

#### 4.2 CUIDADOS E PARÂMETROS IMPORTANTES PARA O BOM FUNCIONAMENTO DA COMPOSTAGEM DE DEJETOS SUÍNOS

As unidades de compostagem podem consistir em 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 de concreto ou solo compactado; as unidades devem prever sistema de drenagem e um depósito para o chorume filtrado pelo leito de compostagem, para a coleta e recirculação dele 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 anaeróbios e termofílicos.

Dessa 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 a umidade estiver entre 50 e 60%, a pilha deverá ser revolvida em intervalos de três dias. Quando esse teor ultrapassar o valor de 60%, recomenda-se essa prática com intervalos de dois 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 eleva-se em razão do metabolismo exotérmico dos micro-organismos, ocorrendo rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana.

A faixa de temperatura considerada mesófila situa-se de 45 a 55 °C. Acima de 55 °C, o processo é classificado como termófilo. Quando a matéria-prima é decomposta em pequeno volume, o calor criado pelo metabolismo dos micro-organismos 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 é processada como desejável. A produção

de calor em um material é um indicativo da ocorrência de atividade biológica neste e, por isso, indiretamente, do seu grau de decomposição (OLIVEIRA, 1993).

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 micro-organismos 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; por isso a temperatura tende a se igualar com o ambiente.

Outra questão bastante importante relacionada à temperatura desenvolvida nos processos de compostagem é a inativação de micro-organismos 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 três 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 cinco vezes nesse período.

No entanto, Turner (2002), após experimento avaliando a inativação de organismos patogênicos na compostagem de dejetos suíno com o uso de palha, relata que a inativação desses micro-organismos 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 micro-organismos. 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, também a instabilidade biológica. Por outro lado, a 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 três 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, nesse mesmo trabalho, os autores concluíram que o fator umidade apenas teve efeito sobre a temperatura entre os dias 2 e 6.

O crescimento e a 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 nesse âmbito específico tendem a demonstrar que essa 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. Esse mesmo autor classifica como fundamental a adição de materiais, quando necessário, para corrigir essa 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.

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 aos secundários é realizada de forma manual; assim, não se recomenda a construção de tanques com dimensões muito grandes, pois dificulta o trabalho de transporte.

#### 4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA DA UNIDADE DE COMPOSTAGEM DE DEJETOS SUÍNOS REALIZADA EM 2011

O custo para a construção do galpão do leito de compostagem foi de R\$ 65,00/m<sup>2</sup> e a construção do piso em concreto de 8 cm para impermeabilizar o solo custou R\$ 437,50 m<sup>3</sup>. Na Tabela 2 é apresentado o resultado da simulação de uma unidade de terminação de suínos com 1.000 animais que permanece na propriedade por 120 dias e com produção diária de 7,5 litros de dejetos por suíno alojado.

Tabela 2 – Itens de custo para produção de composto

<b>Coefficientes técnicos</b>	<b>Valores</b>
Dimensões do galpão (m <sup>2</sup> )	533,75
Maravalha inicial (m <sup>3</sup> )	457,5
Lotes de composto por ano	4
Energia elétrica KWH	13,23
Total de composto gerado (kg)	104.975,45
Revolvedor (un)	45.000,00
Valor das instalações	63.516,25
Demais equipamentos (termo-higrômetro, termômetros)	1.034,00

Fonte: Embrapa (2014).

Existem diversos tipos e preços de máquinas que realizam o revolvimento da maravalha. Optou-se, neste trabalho, por utilizar uma máquina que melhor representasse o preço médio praticado no mercado.

Como o volume de maravalha está diretamente relacionado ao volume de efluentes líquidos gerados, manejos que o diminuam têm impacto direto sobre o tamanho da construção e da demanda por maravalha.

O resumo do custo de produção do composto está apresentado na Tabela 3. Os resultados mostram a grande importância da maravalha no resultado final do custo de produção. Para os valores da maravalha de R\$ 38,00, ela representou, na simulação apresentada, 77,80% dos custos variáveis e 66,53% dos custos totais. O custo fixo, representado pela depreciação e juros sobre o capital, representa somente 14,49% dos custos totais. Também merece destaque o custo com energia elétrica, que representou 11,46% dos custos totais.

Tabela 3 – Custo de produção do composto de efluentes líquidos de suínos

<b>Itens de custo</b>	<b>Maravalha comprada (R\$)</b>	<b>Mistura maravalha serragem (R\$)</b>	<b>Maravalha produzida (R\$)</b>
Depreciação	2.671,33	2.671,33	2.671,33
Juros sobre capital investido	1.113,76	1.113,76	1.113,76
Maravalha	17.385,00	8.006,25	6.348,35
Energia elétrica	2.994,92	2.994,92	2.994,92
Mão de obra com encargos	475,05	475,05	475,05
Manutenção	468,01	468,01	468,01
Seguro	371,25	371,25	371,25
Outros	650,83	650,83	319,73
Total	26.130,15	16.751,40	14.762,40
Custo por tonelada	248,92	159,57	140,63

Fonte: Embrapa (2014).

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

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

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma questão central: o tratamento de resíduos pelo método de compostagem de dejetos suínos pode representar uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos, principalmente para pequenas propriedades?

A implantação do tratamento de resíduos pelo método de compostagem de dejetos suínos é recomendada para qualquer sistema de produção de suínos, sendo também recomendada principalmente para produtores que não possuem área agrícola suficiente para o uso do adubo líquido e necessitam transferir o adubo orgânico excedente para outras propriedades ou para fora dos limites da bacia hidrográfica.

Os resultados obtidos demonstram a possibilidade do uso da compostagem para tratar os dejetos suínos gerando fertilizante orgânico, que pode ser usado na propriedade, transferido para terceiros ou comercializado. A atividade suinícola representa grande importância econômica e social; por isso, é fundamental o comprometimento do setor em desenvolver a produção suinícola de maneira consciente para a proteção do meio ambiente.

Com a implantação do tratamento de resíduos pelo método de compostagem de dejetos suínos os resultados esperados são: redução do impacto ambiental, pois o sistema de compostagem atua diretamente no volume total dos dejetos produzidos no sistema, reduzindo-os consideravelmente, agindo também na maturação deles, tornando-os menos agressivos em termos de contaminação microbiana.

Na fase 1, ocorre a absorção dos dejetos líquidos no leito do substrato e a posterior evaporação da água contida neles. Há, por conseguinte, uma redução no volume de dejetos na ordem de 50 a 70%.

Na fase 2, ocorre a maturação, na qual onde o potencial poluente é reduzido pela compostagem aeróbia do material, eliminando grande parte dos micro-organismos e estabilizando a matéria orgânica. Além disso, o nitrogênio é fixado no composto, não sofrendo os efeitos da lixiviação quando utilizado em adubação de culturas, reduzindo os riscos de percolação do nitrogênio quando comparado aos dejetos líquidos, que são os grandes causadores de poluição do lençol freático.

Como no sistema de produção de suínos em cama sobreposta, as bactérias presentes nos dejetos degradam a matéria orgânica por meio de reações aeróbias acompanhadas da produção de calor. Estudo desenvolvido por Lau et al. (1992) e Mazé, Théobald e Potocky (1999) demonstrou que no processo de compostagem desenvolvido em plataformas de compostagem, a água contida nos dejetos é praticamente toda eliminada na forma de vapor.

Resultado obtido em sistema de compostagem com ar forçado, em plataformas mecanizadas ou não para o tratamento dos dejetos de suínos, concluiu que é possível atingir absorção entre oito a 12 toneladas de dejetos líquidos para cada tonelada da mistura de maravalha e palha, reduzindo significativamente os riscos ambientais.

Dessa forma, conclui-se que há uma redução significativa de odores e na emissão dos gases de efeito estufa (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) no processo de compostagem, quando comparado ao sistema convencional de tratamento líquido. Conclui-se, ainda, que o tratamento dos dejetos por compostagem reduz significativamente o impacto ambiental causado pela produção de suínos, reduzindo o odor e o potencial de risco de poluição, característico dos dejetos líquidos.

O produtor poderá 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 convencional, pois o produtor necessariamente tem que distribuir os dejetos na lavoura, mesmo que o momento não seja o mais adequado. Além disso, permite que o produtor aumente o número de animais em seu sistema de produção de suínos pela redução no volume de dejetos e melhor maturação e aproveitamento.

Ocorre uma redução na ordem de 35% no custo de implantação do sistema de tratamento na forma de compostagem 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.

O nitrogênio presente nos dejetos líquidos de suínos está na forma mineralizada, isto é, prontamente disponível para ser utilizado pelas plantas. Quando não ocorre a absorção pelas plantas, a tendência é que ocorra a lixiviação desse 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, em boa parte na forma orgânica, 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 desse nitrogênio na forma orgânica é bem maior do que quando na forma mineral, minimizando, dessa forma, a possibilidade de lixiviação para as águas subterrâneas. A quantidade dos três elementos principais, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K), presentes nos dejetos, constitui fator determinantes para uma boa adubação. Na Tabela 4, pode-se observar a concentração de nutrientes nos resíduos finais de dois sistemas de manejo dos dejetos de suínos.

Tabela 4 – Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em Kg/M3 dos dejetos líquidos e do composto de dejetos de suínos

Componentes	Dejetos Líquidos <sup>1</sup>	Composto de Dejetos <sup>2</sup>
Nitrogênio	3,18 kg/m <sup>3</sup>	11,60 kg/m <sup>3</sup>
Fósforo	5,40 kg/m <sup>3</sup>	9,30 kg/m <sup>3</sup>
Potássio	1,38 kg/m <sup>3</sup>	7,80 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Embrapa (2014).

Notas: <sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa-CNPMS, (Sete Lagoas, MG);

<sup>2</sup> Análises realizadas pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Passo Fundo, RS.

A instalação de um sistema de manejo e tratamento de dejetos líquidos na forma de compostagem, em um sistema de produção de suínos, beneficia o produtor com a redução no custo de implantação e na melhor qualidade agrônômica dos dejetos para uso como adubação orgânica e menor custo de transporte e distribuição como fertilizante orgânico.

Destaca-se como grande benefício para o meio ambiente, pois há uma redução significativa do impacto ambiental causado por essa importante atividade agropecuária, sob o ponto de vista econômico e social, que em sistemas de produção convencionais geram grandes impactos ao meio ambiente.

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

O manejo e o tratamento dos dejetos suínos em sistema de compostagem são viáveis para a maioria dos produtores de suínos, desde que adequados os dimensionamentos para cada volume de dejetos gerados pela produção.

A partir da situação analisada, observaram-se vantagens e desvantagens no tratamento de resíduos pelo método de compostagem de dejetos suínos.

## 5.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UNIDADES DE COMPOSTAGEM FRENTE A OUTRAS ALTERNATIVAS DE MANEJO/TRATAMENTO

### 5.1.1 Vantagens

- a) Viabilização de sistema de produção de suínos que não possuem área de lavoura para o uso dos dejetos como fertilizante orgânico;
- b) Geração de adubo orgânico de melhor qualidade;
- c) Possibilidade de exportar o composto para maiores distâncias que o líquido;
- d) Redução no nível de odor gerado na propriedade e redução da emissão dos gases nocivos e de efeito estufa;
- e) Redução significativa dos riscos ambientais;
- f) Menor custo de tratamento quando comparado aos sistemas de tratamento de dejetos líquidos convencionais;
- g) Agregação de valor aos dejetos, pois a venda de adubo orgânico pode gerar uma receita extra ao produtor;
- h) A compostagem tem sido considerada como uma tecnologia alternativa para destinação segura e agregação de valor a diversos resíduos altamente impactantes que se acumulam em regiões específicas, como: bagaço de cana em usinas de álcool, lixo doméstico orgânico, lodo de estações de tratamento de esgoto, resíduos de laranja em indústrias de suco, entre outros;
- i) A produção de composto em pequena escala já é bastante difundida em áreas rurais, entretanto, a otimização do processo em maior escala poderia possibilitar a abertura de mercados de produção orgânica e novas alternativas de renda para regiões de alta concentração suinícola, além de reduzir os problemas ambientais decorrentes do manejo de dejetos líquidos.

### 5.1.2 Desvantagens

- a) Requer monitoramento do processo;
- b) Disponibilidade de resíduo (maravalha, palha, serragem) para o uso na compostagem na plataforma;
- c) Mão de obra empregada no manejo dos dejetos e no processo de compostagem na plataforma.

## 5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA COMPOSTAGEM

### 5.2.1 Vantagens

- a) A compostagem atua diretamente no volume total dos dejetos produzidos no sistema de produção de suínos, reduzindo-os consideravelmente, e age também na maturação deles, tornando-os menos agressivos em termos de contaminação microbiana. Na fase de impregnação ocorre a absorção dos dejetos líquidos pelo substrato e a posterior evaporação da água contida neles, em razão 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 micro-organismos e estabilizando a matéria orgânica;
- b) O nitrogênio é fixado no composto, não sofrendo os efeitos da lixiviação, quando utilizado como adubo orgânico, em lavouras. No caso do adubo líquido, o nitrogênio infiltra-se no solo, podendo atingir mais facilmente ao 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 desse

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 desse nitrogênio na forma orgânica é bem maior do que quando na forma mineral, minimizando, dessa forma, a possibilidade de lixiviação para as águas subterrâneas (KONZEN, 2000);

- c) 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;
- d) 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, em que 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;
- e) 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 essa transferência. Além disso, permite ao produtor aumentar o número de animais em seu sistema de produção de suínos pela redução no volume de dejetos, melhor maturação deles e possibilidade de exportar nutrientes na forma de composto orgânico.

### 5.2.2 Desvantagens

- a) Necessidade de previsão de substrato para a utilização no leito de compostagem;
- b) Custo do substrato (maravalha, palha, serragem);
- c) Exigência de um monitoramento constante para a avaliação da evolução do processo de compostagem;
- d) Necessidade de uma instalação coberta para operação do sistema;
- e) Maior necessidade de mão de obra em sistema de compostagem manual.

Estudos conduzidos por Mazé, Théobald e Potocky (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 a 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 m<sup>3</sup>/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 a serragem (OLIVEIRA et al., 2003; NUNES, 2003).

A alternativa de tratamento de dejetos 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).

A instalação de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos líquidos de suínos em um sistema de produção beneficia o produtor com a redução no custo de implantação da estrutura, melhor qualidade agronômica do adubo orgânico produzido, 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 implantação de unidades de compostagem é viável para a maioria dos produtores de suínos, desde que projetada adequadamente para o volume de dejetos gerado no sistema de produção.

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

### *environmental management in swine liquid waste treatment system composting plant*

#### *Abstract*

*The pig manure, until the 1970's, did not constitute worrying factor, because the concentration of animals, even in small rural property, was small, and the soil of the properties had the capacity to absorb them, as organic fertilizer. The current structure of pig production systems is based on the concentration of animals in small areas, generating waste large surpluses, which require relatively large areas for their use as fertilizer on crops and pastures. However, the impacts of pig farming on the environmental resources, especially on the soil and water, are immense, as far as traditional production practices have neglected the environmental conservation measures that the activity requires. Two adverse conditions extend environmental wear produced by large-scale swine: the fact that the majority of the herd be concentrated on a relatively small geographical area of the region South and West of the State of Santa Catarina where the most severe environmental impacts occur on the very first link in the production chain, the Homestead, in the small rural producers, and always needy settlers of diffusely resources needed for the introduction of advanced technologies of environmental conservation. The present work presents as central issue: treatment of waste by composting swine waste method, and may represent an alternative to the solution of environmental contamination in regions with high concentration of pig production mainly for small rural properties? The objective of this work was to analyze the waste treatment system by the method of composting of pig manure in the State of Santa Catarina. The alternative treatment of pig manure composting process is extremely important and safe, can be technically applied to small farms, regions with high concentration of pigs and little agricultural area available and feasible for the majority of producers, since the appropriate dimensioning the volumes of waste generated by production.*

*Keywords: Environmental management in swine. Liquid waste treatment system. Composting plant.*

#### **REFERÊNCIAS**

BAIXAR MAPAS. 2014. Disponível em: <<http://www.baixarmapas.com.br/mapa-de-santa-catarina-mesorregioes/>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

BARRINGTON, S. et al. Compost convective airflow under passive aeration. **Bioresource Technology**, v. 86, p. 259-266, 2003.

DAI PRÁ, M. A. et al. **Compostagem de dejetos líquidos de suínos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005.

GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com bioesterqueiras e esterqueiras para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos**. 1997. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

KERMARREC, C. **Bilan et transformations de l'azote en élevage intensif de porcs sur litière**. 1999. 272 p. Thèse (Docteur)–Rennes, 1999.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998.

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

- KONZEN, E. A. et al. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho**. 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa, 1998.
- KUNZ, A. et al. **Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil**. Disponível em: <[webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v22/v22n3p651.pdf](http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v22/v22n3p651.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2013.
- LAU, A. K. et al. Aeration experiments for swine waste composting. **Bioresource Technology**, v. 41, p. 145-152, 1992.
- LORENZI, L. L. de et al. **Relatório anual**. 2011. Disponível em: <[http://www.accs.org.br/editar/arquivos/editar\\_relatorios/Relatorio2011%20OK.pdf](http://www.accs.org.br/editar/arquivos/editar_relatorios/Relatorio2011%20OK.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2013.
- MAZÉ, J.; THÉOBALD, O.; POTOCKY, P. Optimisation du compostage du lisier de porcavec des résidus ligno-cellulosiques. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 31, p. 91-98, 1999.
- MERKEL, J. A. Composting. **Managing livestock wastes**, p. 306-343, 1981.
- MIRANDA, C. R. de et al. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- 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. (PNMA II).
- OLIVEIRA, P. A. V. de. **Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière desciaire ou caillebotis intégral**. 1999. 272 p. Thèse (Docteur)–l' ENSA de Rennes, 1999.
- OLIVEIRA, P. A. V. de. **Compostagem mecânica de dejetos suínos**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=x8S-8Snd5LE>>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- OLIVEIRA, P. A. V. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa, 1993.
- OLIVEIRA, P. A. V. de et al. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**. Disponível em: <[www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/doc\\_pnma.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc_pnma.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2013.
- OLIVEIRA, P. A.V. de et al. Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia, **Anais...** Concórdia, 2003.
- OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M. **Gestão ambiental de propriedades suinícolas: experiência do projeto suinocultura Santa Catarina - Pnma II**. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/camaras/eventos/29\\_04\\_2010/case.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/camaras/eventos/29_04_2010/case.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; MATTEI, R. M. Biodigestor como unidade de tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 3., 2006, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campinas, 1995.
- OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Disponível em: <[www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod...918](http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod...918)>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- OLIVEIRA, P. A. V. de; 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. **Anais...** Buenos Aires, 2000.
- OLIVEIRA, P. A. V. de. Programas eficientes de controle de dejetos na suinocultura. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia, 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **TV Gessulli na AveSui 2010**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=7BrdAt-IPpg>>. Acesso em: 05 mar. 2013.

PAILLAT, J. M. et al. **Effet du compostage d'effluents porcins sur les émissions gazeuses et les teneurs en éléments polluants**. Rennes: Centre de Recherches de Rennes, 2005.

RAUEN, F. J. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Ed. Unisul, 2002.

SANTOS FILHO, J. I. dos et al. **Viabilidade econômica da unidade de compostagem de dejetos suínos**. Disponível em: <[dvl.ccn.ufsc.br/congresso/anais/4CCF/20101217152221.pdf](http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/anais/4CCF/20101217152221.pdf)>. Acesso em: 04 mar. 2013.

SILVEIRA, P. R. S. et al. **Produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília, DF: Embrapa, 1998.

STEINFELD, H.; HANN, C. de.; BLACKBURN, H. **Livestock-environment interactions: issues and options**. Brussels European Commission, 1997.

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

VAULX. **Compostage du lisier sur paille**. Corseul: Station Pilot Multi-Déchets Organiques, 1999.