

# Avaliações agrônômica e econômica de uma plataforma de compostagem e do composto produzido





**Governador do Estado**  
Luiz Henrique da Silveira

**Vice-Governador do Estado**  
Leonel Arcângelo Pavan

**Secretário de Estado da Agricultura e  
Desenvolvimento Rural**  
Antônio Ceron

**Presidente da Epagri**  
Luiz Ademir Hessmann

**Diretores**

Carlos Leomar Kreuz  
Planejamento

Humberto Luiz Brighenti  
Extensão Rural

Edson Silva  
Ciência, Tecnologia e Inovação

Ditmar Alfonso Zimath  
Administração e Finanças

Nelso Figueiró  
Desenvolvimento Institucional





MICRO  
BACIAS 2

*Construindo qualidade  
de vida no meio rural*

A impressão desta obra foi financiada  
com recursos do Projeto Microbacias 2.

BOLETIM TÉCNICO Nº 150

# **Avaliações agronômica e econômica de uma plataforma de compostagem e do composto produzido**

Elói Erhard Scherer  
Nelson Cortina  
Zemiro Massotti  
Círio Parizotto  
Carla Maria Pandolfo



**EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO  
RURAL DE SANTA CATARINA  
FLORIANÓPOLIS  
2009**

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)  
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502  
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil  
Fone: (48) 3239-5500, fax: (48) 3239-5597  
Internet: www.epagri.sc.gov.br  
E-mail: epagri@epagri.sc.gov.br

Editado pela Gerência de Marketing e Comunicação – GMC/Epagri.

Assessoria científica deste trabalho: Euclides Schallenger  
Geraldo Deffune Gonçalves de Oliveira  
Marcelo César Silva

Primeira edição: setembro de 2009  
Tiragem: 1.500 exemplares  
Impressão: Epagri

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que citada a fonte.

### Referência bibliográfica

SCHERER, E.E.; CORTINA, N.; MASSOTTI, Z.; PARIZOTTO, C.; PANDOLFO, C.M. *Avaliações agronômica e econômica de uma plataforma de compostagem e do composto produzido*. Florianópolis: Epagri, 2009. 49p. (Epagri. Boletim Técnico, 150).

Compostagem; Propriedade físico-química; Análise econômica.

ISSN0100-7416



# APRESENTAÇÃO

A grande concentração de suínos em algumas regiões do Estado de Santa Catarina gera uma considerável quantidade de dejetos que, na sua maior parte, continua sendo manejada na forma líquida, sem atender a legislação ambiental vigente, colocando em risco a sustentabilidade e a própria expansão da suinocultura como atividade econômica.

Para dar adequado destino aos dejetos produzidos, a sua utilização agrícola, em substituição aos adubos minerais, é a prática mais usada na maioria dos estabelecimentos rurais com suinocultura. Porém, em alguns desses estabelecimentos com maior escala de produção e com pouca área agricultável, o manejo dos dejetos na forma líquida é, na maioria dos casos, economicamente inviável.

Para reduzir custos e o provável efeito ambiental dos dejetos suínos nesses estabelecimentos, a Epagri está desenvolvendo pesquisas com tecnologias alternativas, com ênfase no manejo e tratamento de dejetos suínos por meio da compostagem. O tratamento dos dejetos via sistema de compostagem consiste, basicamente, na mistura dos dejetos líquidos com substratos ricos em carbono.

Neste Boletim são apresentados os resultados de uma pesquisa realizada em uma unidade de compostagem semiautomatizada, instalada no Centro de Treinamento da Epagri de Concórdia, com adição de dejetos líquidos de suínos a diferentes substratos. No trabalho, além da avaliação do processo de decomposição biológica dos resíduos orgânicos e caracterização físico-química dos compostos orgânicos produzidos, são apresentados resultados da eficiência econômico-financeira de todo o processo, que poderá servir de orientação aos agricultores quanto à adoção dessa tecnologia.

A Diretoria Executiva



# SUMÁRIO

	Pág.
1 Introdução.....	7
2. Materiais e métodos.....	9
2.1 Metodologia utilizada no experimento com alface.....	12
2.2 Metodologia utilizada na análise econômica.....	14
3 Resultados e discussão.....	15
3.1 Características físico-químicas do composto.....	16
3.1.1 Temperatura.....	16
3.1.2 Umidade.....	17
3.1.3 Densidade.....	18
3.1.4 pH do composto.....	20
3.1.5 Relação C/N no composto.....	21
3.1.6 Relação substrato/dejeto.....	22
3.1.7 Nutrientes no composto.....	24
3.1.8 Produção de biogás.....	30
3.2 Resposta da alface ao composto orgânico.....	30
3.3 Avaliação econômica do sistema de compostagem.....	34
4 Conclusões.....	38
5 Literatura citada.....	39
Anexo – Empreendimento para compostagem de dejetos de dois mil suínos.....	43



# Avaliações agrônômica e econômica de uma plataforma de compostagem e do composto produzido

Elói Erhard Scherer<sup>1</sup>  
Nelson Cortina<sup>2</sup>  
Zemiro Massotti<sup>3</sup>  
Círio Parizotto<sup>4</sup>  
Carla Maria Pandolfo<sup>5</sup>

## 1 Introdução

A quase totalidade dos dejetos de suínos produzidos nos estabelecimentos suinícolas de Santa Catarina ainda é manejada na forma líquida, em sistemas que muitas vezes não atendem a legislação ambiental vigente, colocando em risco a sustentabilidade e a própria expansão da suinocultura como atividade econômica. Além da contaminação das águas, a população rural e urbana dos municípios produtores de suínos convive com problemas ambientais causados pela atividade, tais como maus odores e a proliferação de moscas, borrachudos e mosquitos (Oliveira, 1993).

A maioria das propriedades com suinocultura apresenta sistema de esterqueira ou bioesterqueira, em que os dejetos são armazenados na forma líquida para posterior aplicação no solo como fertilizante agrícola (Perdomo et al., 2003). Porém, esses sistemas são geralmente subdimensionados e as áreas de cultivo disponíveis nas diversas épocas do ano são insuficientes para receber o volume de dejetos produzidos

---

<sup>1</sup> Eng.-agr., Ph.D., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), C.P. 151, 89801-970 Chapecó, SC, fone: (49) 3361-0600, e-mail: escherer@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Adm., M.Sc., Epagri/Cepaf, C.P. 151, 89801-970 Chapecó, SC, fone: (49) 3361-0600, e-mail: cortina@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Eng.-agr., Epagri/Gerência Regional de Concórdia, C.P. 44, 89700-000 Concórdia, SC, fone: (49) 3442-2984, e-mail: massotti@epagri.sc.gov.br.

<sup>4</sup> Eng.-agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos (EECN), C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, fone: (49) 3541-0748, e-mail: cirio@epagri.sc.gov.br.

<sup>5</sup> Eng.-agr. Dr., Epagri/EECN, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, fone: (49) 3541-0748, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

(Scherer et al., 1996). Por isso, a poluição dos mananciais de água por dejetos suínos em algumas regiões do Estado de Santa Catarina com maior densidade de animais tem sido uma constante. O problema vem se agravando, principalmente a partir da década de 90, quando diversas mudanças no perfil da cadeia suinícola acarretaram uma maior concentração da produção. Muitos dos produtores com pouca área agricultável foram direcionados a aumentar seus plantéis, acarretando um maior desequilíbrio no balanço de nutrientes na propriedade (Oliveira, 2004).

Com uma maior produção de dejetos e de nutrientes em comparação à capacidade de sua reciclagem na adubação das culturas, houve a formação de um excedente que deveria ser tratado de acordo com a legislação ambiental. Para minimizar o efeito ambiental do excedente de dejetos suínos na propriedade, estão sendo desenvolvidas tecnologias alternativas com ênfase no manejo e tratamento de dejetos suínos por meio da compostagem (Oliveira & Higarashi, 2006).

Os dejetos animais são largamente utilizados na produção de alimentos. Para a utilização desses dejetos na produção de hortaliças orgânicas, por exemplo, eles devem necessariamente passar por um processo de compostagem e bioestabilização (Brasil, 2008). A compostagem é um método seguro e eficaz de utilização de resíduos, pois além de eliminar microrganismos patogênicos da matéria orgânica, possibilita obter um fertilizante parcialmente mineralizado e de maior eficiência na nutrição de plantas em sistemas orgânicos de produção de hortaliças (Souza, 2003). Os adubos orgânicos utilizados em altas quantidades como fonte de nutrientes às plantas, em muitos casos, leva a acúmulo de nutrientes, incluindo metais pesados, como cobre e zinco, disponíveis, especialmente no caso de dejetos de suínos (Giroto, 2007).

A compostagem pode ser uma alternativa bastante vantajosa para o tratamento e posterior destinação dos dejetos de suínos, possibilitando a redução do teor de água e obtenção de um produto sólido com maior concentração de nutrientes (Dal Prá et al., 2005; Oliveira & Higarashi, 2006). O material sólido poderá ser estocado, transportado e aplicado na lavoura, como fertilizante, com maior facilidade e economicidade do que os dejetos líquidos (Oliveira, 2004; Scherer, 2005).

No caso dos dejetos líquidos armazenados em esterqueira, a digestão deles ocorre pelo processo anaeróbico a baixas temperaturas, normalmente inferiores a 30°C, o que proporciona apenas o tratamento parcial dos dejetos. A compostagem, ao contrário, é um processo de decomposição aeróbia, em que a atividade microbiológica atinge alta intensidade,

provocando a elevação da temperatura no interior das leiras, que chega a valores de até 65°C, ou mesmo superiores, em decorrência da geração de calor pelo metabolismo microbiológico de oxidação da matéria orgânica, que é exotérmico (Kiehl, 2004).

Na decomposição aeróbia a ação dos microrganismos depende de condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, pH e nutrientes (Pereira Neto, 1996). Normalmente, a aeração é o fator mais importante a ser considerado, e quanto mais úmidos estiverem os substratos, mais deficiente será sua oxigenação, determinando que providências sejam tomadas para reduzir a umidade e aumentar a temperatura (Kiehl, 2004).

Na plataforma de compostagem a aeração é realizada por revolvimento das leiras, que, ao mesmo tempo, facilita a evaporação da água em excesso, adicionada pelos dejetos líquidos (Oliveira, 2004). No processo os dejetos são transformados em um composto orgânico estabilizado, com propriedades diferentes dos dejetos líquidos, tradicionalmente armazenados em esterqueiras e utilizados na agricultura no suprimento de nutrientes às plantas.

A composição dos dejetos suínos varia grandemente em função da quantidade de água que os acompanha, tipo de alimentação e idade dos animais (Konzen, 2000; Scherer et al., 1996). Quando da transformação dos dejetos líquidos em um composto orgânico, a variabilidade do teor de nutrientes pode ser bastante diminuída.

Estudos iniciais conduzidos por Kunz et al. (2004) e Nunes (2003) demonstraram a viabilidade do uso de sistemas de compostagem para o tratamento de dejetos líquidos de suínos. Os resultados observados demonstraram que era possível atingir uma absorção de 7 a 8 litros de dejetos líquidos para cada quilograma de maravalha ou serragem utilizado como substrato. Porém, para a implementação desta prática há a necessidade de se avaliar todas as fases do processo de compostagem visando à obtenção de um composto com melhor qualidade a um menor custo.

A complexidade típica dos negócios associada aos processos de modernização da exploração agrícola criou novos desafios para os administradores e exige que os processos de tomada de decisões deixem de ser somente intuitivos para, cada vez mais, se basearem em critérios e análises quantitativas.

Para Santos (1991), “o êxito da empresa rural em responder satisfatoriamente à modernização da agricultura está condicionado a seu nível de eficiência na condução dos métodos produtivos com o emprego de instrumental administrativo adequado”.

Para se obter êxito na implementação de empreendimentos, como a implantação de uma nova cultura/criação ou a incorporação de novas máquinas e equipamentos no processo de produção existente, ou mesmo na mudança desses processos produtivos, é necessário considerar alguns instrumentos administrativos, tais como a orçamentação e a análise da viabilidade econômica. Assim, antes de se adotar uma nova tecnologia, faz-se necessário o pleno conhecimento da eficiência tecnológica e econômico-financeira de todo o processo para que, em conjunto com as demais informações e resultados, permita a orientação aos agricultores.

A aplicação de dejetos líquidos de suínos em áreas de lavoura tem sido pouco atrativa, dado o elevado custo de transporte, haja vista o alto volume de água neles contido. A redução da fase líquida do dejetos permite o transporte a distâncias maiores mantendo-se os custos mais baixos (Scherer, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de compostagem, o manejo da máquina de aplicação dos dejetos e revolvimento do substrato, o consumo de energia elétrica, a taxa de incorporação de dejetos aos diferentes substratos e a evolução das características físico-químicas do composto, e também avaliar doses de um composto produzido nesse sistema na produção de alface conduzida em sistema orgânico e verificar as alterações de alguns atributos no solo e no tecido foliar das plantas.

## **2 Material e métodos**

A pesquisa foi conduzida em uma unidade de compostagem implantada na Epagri/Centro de Treinamento de Concórdia (Cetrédia). Esta unidade é formada por uma edificação com cobertura em filme UV transparente, piso em concreto, laterais e divisórias internas com tábuas de madeira tratada, área de 120m<sup>2</sup> (8m x 15m). A unidade física está dividida em quatro compartimentos de 2 x 12m com altura da leira de 1m, possibilitando a formação de quatro leiras de compostagem com revolvimento mecânico.

Na parte superior da leira foi instalado o sistema de compostagem (Figura 1), que consiste em um revolvedor mecânico metálico dotado de uma rosca sem-fim para o revolvimento e para realizar a homogeneização dos substratos (maravalha, cama de aves e cameron) com os dejetos líquidos de suínos.



Figura 1. Vista parcial da unidade de compostagem instalada no Cetrédia, contendo um revolvedor automático dotado de três roscas sem-fim

A pesquisa na unidade de compostagem foi iniciada em dezembro de 2007 e concluída em julho de 2008. No estudo foram avaliados três substratos: cama de aves provinda de um aviário com frangos de corte e leito de maravalha, maravalha e capim cameron verde triturado, aos quais foi adicionado dejetos líquido de suínos biodigerido após passar pelo processo de digestão anaeróbia (biodigestor). Cada substrato foi colocado em leira de compostagem de 2m x 11,75m x 0,95m, totalizando 22,32m<sup>3</sup> de substrato inicial.

O dejetos líquido utilizado no processo de compostagem, oriundo de uma unidade com suínos em engorda (sistema terminação), foi canalizado por tubos de PVC por gravidade para um biodigestor e dali para um depósito, onde foi homogeneizado e, posteriormente, aplicado diretamente sobre o substrato. A partir daí, todo o processo de bombeamento, transporte e aplicação dos dejetos foi realizado de forma automatizada. A incorporação dos dejetos e o revolvimento do composto foram realizados de forma mecânica. Para isso, foi usada uma máquina dotada de bomba hidráulica elétrica para a distribuição e um conjunto de hélices do tipo helicoidal para o revolvimento e homogeneização dos substratos e dos dejetos (Figura 2). Teores médios de matéria seca e de nutrientes encontrados nos dejetos brutos e digeridos utilizados na pesquisa são apresentados na Tabela 1.

Na Figura 2 são apresentadas partes do sistema de compostagem. A partir da armazenagem dos dejetos líquidos (A), com o uso de uma bomba, são distribuídos (B) sobre a maravalha, a qual é revolvida (C) através de “revolvedor automático” dotado de três roscas sem-fim.



Figura 2. Etapas do processo de compostagem

Tabela 1. Teores médios de matéria seca (MS) e de nutrientes nos dejetos líquidos brutos de suínos e após passar pelo biodigestor, utilizados no sistema de compostagem

<b>Tipo</b>	<b>MS</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
	<b>%</b>	<b>.....kg/m<sup>3</sup>.....</b>					<b>.....g/m.....</b>		
Dejeto bruto	3,80	3,27	2,68	1,96	1,25	0,68	72	34,7	41,3
Dejeto digerido	3,51	3,88	2,89	1,89	1,52	0,86	156	60,6	57,1

O procedimento de distribuição dos dejetos líquidos sobre o substrato obedeceu à recomendação do fabricante do equipamento, tomando por base os resultados preliminares obtidos em algumas unidades instaladas em propriedades rurais da região. Também foram considerados os trabalhos de compostagem desenvolvidos nas plataformas de compostagem do

Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, em Concórdia (Nunes, 2003; Oliveira, 2004; Kunz et al., 2004).

Durante o período de incorporação dos dejetos foram realizadas duas aplicações semanais em cada um dos substratos, nas respectivas leiras. Diariamente, o substrato de cada uma das leiras foi revolvido por ocasião da aplicação e incorporação dos dejetos, e nos dias sem aplicação dos dejetos para arejamento e perda (evaporação) de umidade da biomassa trabalhada.

A quantidade de dejetos adicionada em cada leira foi quantificada e as horas de uso da máquina contabilizadas. Durante a execução do experimento foi avaliado o desempenho da máquina, o tempo gasto na aplicação dos dejetos e revolvimento do substrato/composto, o consumo de energia elétrica, a taxa de incorporação dos dejetos aos substratos e a mão de obra empregada.

Na fase de incorporação dos dejetos foi realizado o monitoramento diário da temperatura da biomassa em duas profundidades da leira: a 30 e a 50cm da superfície, utilizando-se termopares do tipo T (Cu-Co). O monitoramento da temperatura foi realizado antes e depois da aplicação dos dejetos e revolvimento da biomassa. Encerrada a fase de impregnação do substrato, o composto foi revolvido diariamente por cerca de uma hora, num período de aproximadamente 30 dias, visando à estabilização do material e à redução de umidade. Após isso, o composto foi ensacado e destinado à pesquisa para utilização em experimentos com avaliação da eficiência agrônômica em culturas comerciais.

Desde o início do processo, foram coletadas quinzenalmente amostras dos dejetos brutos e do efluente de biodigestor, bem como do composto (biomassa) em cada uma das leiras. Foram coletadas três amostras em cinco pontos (subamostras) de cada leira para formar uma amostra composta, que foi encaminhada para análise nos laboratórios da Epagri, em Chapecó e Caçador. Nessas amostras foram determinados densidade no composto úmido e após secagem, teor de matéria seca, carbono orgânico, teores totais de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn e pH. A metodologia analítica utilizada pelo laboratório foi a estabelecida pela Rede de Laboratórios Rolas-RS/SC, descrita em Tedesco et al. (1995).

## **2.1 Metodologia utilizada no experimento com alface**

O experimento foi conduzido em área da Estação Experimental da Epagri, no município de Campos Novos, SC, em solo Nitossolo Vermelho,

utilizando-se um composto produzido com dejetos líquidos de suínos cujo substrato foi a cama de aves. O composto foi elaborado conforme o processo descrito anteriormente e o tempo de elaboração do composto foi de aproximadamente 6 meses. O composto apresentou a seguinte composição média: pH 8,6, MS 72,5%, N 23,5g/kg, P 14,3g/kg, K 36,6g/kg, Ca 28,5g/kg, Mg 8,8g/kg. Na Figura 3 se pode observar a aparência grumosa, com aglomerados irregulares em forma e tamanho, do composto pronto. Para utilização desse composto no experimento houve a necessidade de moagem prévia. Presume-se que a formação desses grânulos no composto tenha relação com a cal, que normalmente é adicionada à cama de aves. A mudança da estrutura física do composto, com formação de grumos, constitui-se em um entrave no uso agrícola devido a sua distribuição no solo ficar desuniforme.



Figura 3. Composto elaborado com dejetos líquidos de suínos, tendo como substrato a cama de aves

Por ocasião da instalação do experimento, o solo apresentou as seguintes características: argila 62,0%; pH-água 6,7; P 8,2mg/dm<sup>3</sup>; K 339,3mg/dm<sup>3</sup>; matéria orgânica (MO) 5,7%; Al zero; Ca 14,5cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg 10,6cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Os tratamentos consistiram da aplicação das doses em três cultivos de alface consecutivos, na mesma parcela, conforme descrito na Tabela 2. A definição das doses do composto teve como bases aquelas frequentemente utilizadas pelos agricultores. As doses do composto

Tabela 2. Doses de composto orgânico aplicadas nos três cultivos de alface

Tratamento	Cultivo		
	1°	2°	3°
	.....t/ha.....		
0-0-0	0	0	0
5-0-0	5	0	0
5-5-0	5	5	0
5-5-5	5	5	5
10-0-0	10	0	0
10-10-0	10	10	0
10-10-10	10	10	10
20-0-0	20	0	0
20-20-0	20	20	0
20-20-20	20	20	20
40-0-0	40	0	0
40-40-0	40	40	0
40-40-40	40	40	40

utilizadas foram corrigidas em função do seu teor de umidade e foram aplicadas por ocasião do transplante das mudas.

O delineamento experimental consistiu de blocos ao acaso com quatro repetições e parcelas subdivididas. No primeiro cultivo as parcelas mediram 10,8m<sup>2</sup> e a área útil, 5,02m<sup>2</sup>. No segundo e terceiro cultivos as parcelas mediram 3,6m<sup>2</sup> e a área útil, 1,62m<sup>2</sup>. A alface foi cultivada no sistema orgânico, sendo realizados três cultivos consecutivos. No primeiro cultivo foi utilizada a cultivar Rafaela (tipo americana) com plantio em 5/5/08 e colheita em 20/8/08. No segundo e terceiro cultivos foi utilizada a cultivar Verônica com plantios em 30/7/08 e 10/10/08 e colheitas em 11/11/08 e 17/12/08, respectivamente. A alface foi plantada em espaçamento de 30 x 30cm.

Foi avaliada a produção de massa verde e de massa seca da alface nos três cultivos. Para a determinação da massa seca os pés de alface colhidos dentro da área útil foram pesados e levados para a estufa a 60°C, até peso constante. Para a análise foliar foram colhidos quatro pés de alface por parcela e a coleta do solo para análise química foi efetuada na camada de até 20cm, com trado holandês, ao final do último cultivo. A análise de solo e a análise foliar foram realizadas conforme descrito em Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos a ao nível mínimo de 5%, procedeu-se à análise de regressão entre as doses aplicadas e as variáveis estudadas ou o teste Tukey de médias a 5%.

## **2.2 Metodologia utilizada na análise econômica**

Tradicionalmente, a compostagem é realizada nas propriedades rurais de forma manual com uso de máquinas apenas para seu transporte, exigindo bastante mão de obra. O sistema de compostagem mecanizado em estudo, além de reduzir o uso de mão de obra, facilita o manejo dos dejetos com a perspectiva de uma melhor eficiência do processo. O sistema foi avaliado quanto ao seu desempenho econômico-financeiro com base nos custos de implantação (investimentos), operação e manutenção. Também foi avaliada a redução de desembolsos e retornos financeiros oriundos da valoração dos nutrientes que existem nos efluentes no processo de compostagem.

Com informações técnicas obtidas junto à empresa que desenvolveu o equipamento, foi elaborada uma planilha para simular os custos totais de implantação da estrutura e dos equipamentos usados na composteira. Nos custos, alguns valores não variam proporcionalmente de acordo com o número de suínos, uma vez que o dimensionamento do equipamento não muda, dentro de uma faixa limite, como é o caso da bomba flutuante e dos revolvedores. O que muda é a dimensão da estrutura onde o equipamento funciona. Com a planilha é possível simular plantéis com diferentes quantidades de suínos e, por consequência, diferentes quantidades de dejetos gerados. Estruturas com dimensões diversas da estudada implicarão valores diferentes de despesas e receitas e novos índices de desempenho econômico serão obtidos.

Na análise e avaliação de projetos agropecuários os orçamentos são, em geral, anuais e se estendem por todo o horizonte do projeto de investimento, na forma de fluxos de caixa. Assim, a formação dos fluxos é, na verdade, uma

sequência de orçamentos feitos ano a ano pelo período de duração do projeto. No presente estudo foi considerado o valor do investimento e valores correspondentes a despesas, receitas e aqueles que deixaram de ser “desembolsados” no período correspondente ao processo de compostagem.

Para composição do fluxo de caixa foram considerados como receitas os valores que se referem ao correspondente dos nutrientes (N, P e K) incorporados durante a compostagem e os custos de transporte dos dejetos líquidos que deixariam de ser desembolsados devido à inexistência desse trabalho, antes necessário. As informações referentes aos nutrientes disponíveis foram repassadas quando da realização laboratorial para determinar as quantidades existentes no final da compostagem.

Em relação às despesas, foram considerados os gastos com a aquisição do substrato (maravalha), os gastos com energia elétrica, os custos da mão de obra necessária para a realização da compostagem e ainda foi estimada uma percentagem (5%) do valor do investimento como custo de manutenção.

Como não há um histórico em que seria possível se basear para definir o horizonte de tempo de um projeto com esses equipamentos, optou-se por extrapolar esses valores para horizontes de 10, 15 e até 30 anos, que foram usados para obtenção de indicadores tradicionais de análise, como a taxa interna de retorno (TIR) e “pay-back” (tempo de retorno do investimento).

### **3 Resultados e discussão**

O período de incorporação dos dejetos variou com o tipo de substrato. A maravalha (MAR) possibilitou a incorporação dos dejetos por aproximadamente 210 dias, enquanto o cameron (CAM) com 45 dias apresentou o pior resultado. A incorporação dos dejetos nesse substrato foi precocemente interrompida, pois mesmo com revolvimento diário da biomassa esta continuava com alta umidade e baixa temperatura, inviabilizando a adição de novas quantidades de dejetos. Além disso, observou-se uma expressiva redução no volume inicial, formando uma massa compacta e cheia de umidade. No caso da cama de aves a adição de dejetos foi interrompida pelo fato de haver formação cada vez maior de aglomerados esféricos e consistentes (Figura 3).

Os resultados de temperatura apresentados se referem ao período com incorporação dos dejetos aos substratos, que foi de 45 dias para CAM, 105 dias para CAV e 210 dias para MAR. Os demais resultados avaliados são referentes ao período total de compostagem (incorporação dos dejetos

e estabilização parcial do composto), que foi de 75 dias para CAM, 135 dias para CAV e 240 dias para MAR.

Dos três substratos utilizados, a cama de aves com frangos de corte é o que apresenta o menor preço e é encontrado com maior facilidade na Região Oeste de Santa Catarina. A maravalha também é encontrada com facilidade na Região, mas apresenta maior valor comercial do que a cama de aves.

### 3.1 Características físico-químicas do composto

#### 3.1.1 Temperatura

Na Figura 4 são apresentados os valores médios de temperatura no interior da biomassa, medida a 50cm de profundidade, que mostra a evolução do processo de compostagem durante a fase de incorporação dos dejetos aos substratos. Observa-se que as temperaturas são mais altas no início do processo, quando a atividade microbológica é mais intensa. Logo após a adição dos dejetos aos substratos há um expressivo aumento da temperatura na biomassa, atingindo temperaturas superiores a 55°C, fase classificada como termofílica (Kiehl, 2004). Esse comportamento da temperatura na biomassa é semelhante ao encontrado por Nunes (2003) e Kunz et al.(2008).

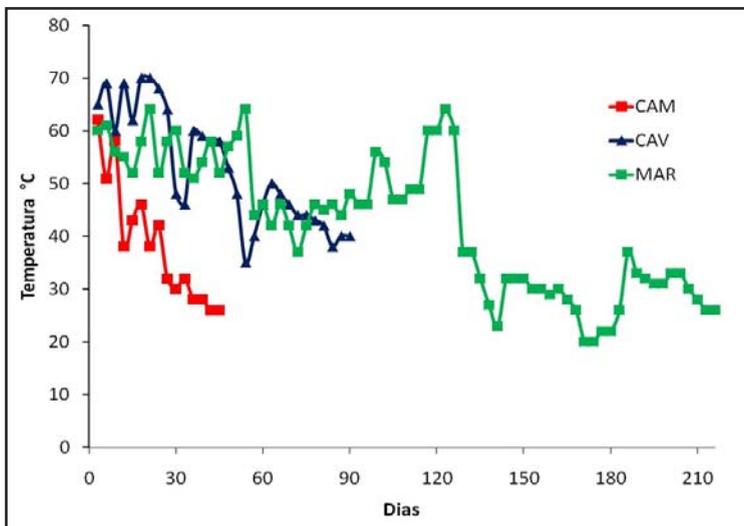


Figura 4. Evolução da temperatura no interior da biomassa de cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação dos dejetos suínos

A temperatura é o principal indicador da atividade microbiológica na compostagem, pois a sua elevação para valores de até 70°C é decorrente da geração de calor pela atividade microbiológica durante o processo de oxidação da matéria orgânica (Kiehl, 2004). Temperaturas dessa ordem são desejáveis, pois favorecem a eliminação de microrganismos patogênicos e inviabilizam a germinação de sementes de ervas daninhas (Strauch, 1991).

As temperaturas mais altas foram observadas quando do uso da cama de aves como substrato. Possivelmente, a presença de excreta de aves, e de maiores quantidades de compostos orgânicos de fácil oxidação neste substrato, influenciou positivamente a elevação da temperatura da biomassa logo após a incorporação dos dejetos líquidos. Além disso, a granulometria menor da cama de aves pode ter reduzido a perda de calor para o meio externo, fazendo com que fossem mantidas temperaturas maiores no interior da leira antes do seu revolvimento.

As variações de temperatura entre 45 e 68°C, observadas na fase inicial de compostagem, são consequência da adição dos dejetos e revolvimento periódico da biomassa. À medida que são adicionados dejetos à biomassa, ela aumenta seu teor de umidade e, nesse momento, sua temperatura diminui. O mesmo acontece imediatamente após o revolvimento da leira, em que ocorre a liberação do calor armazenado no interior da biomassa. Por outro lado, a incorporação de uma nova fonte de energia faz com que a temperatura volte a subir logo após o revolvimento e a incorporação dos dejetos. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira & Higarashi (2006) e Dal Prá (2006) em unidades de compostagem com revolvimento da biomassa, em que as temperaturas mantiveram-se entre 45 e 65°C e logo após a incorporação dos dejetos suínos ao substrato elas aumentaram até 10°C.

A temperatura no interior da biomassa com cameron triturado diminuiu rapidamente após as primeiras aplicações de dejetos, atingindo valores inferiores a 30°C já ao final do primeiro mês de compostagem e, mesmo com a incorporação de mais dejetos, a temperatura não se elevou mais. O composto com maravalha, ao contrário, manteve a temperatura no interior da biomassa acima de 40°C (fase termofílica/mesofílica) por um período maior, de aproximadamente 120 dias, decaindo posteriormente para temperaturas abaixo de 30°C. Isso mostra que ao final de quatro meses o processo de compostagem estabilizou. No período posterior, que foi de abril a julho, ainda foi possível a incorporação de 1,3L de dejetos por quilograma de maravalha, porém com pouco acréscimo na temperatura da biomassa. Segundo Kiehl (2004), as propriedades químicas e biológicas

do composto estando mais ou menos estabilizadas, a temperatura do composto tende a se igualar com a do ambiente, tornando-se um indicativo da maturação do composto.

### 3.1.2 Umidade

Na Figura 5 observa-se que a umidade mais alta ocorreu quando da incorporação de dejetos ao cameron. Isso pode ser explicado pela origem do material, pois ele foi produzido com plantas verdes, que foram trituradas e colocadas na leira de compostagem sem sofrer nenhum processo de secagem.

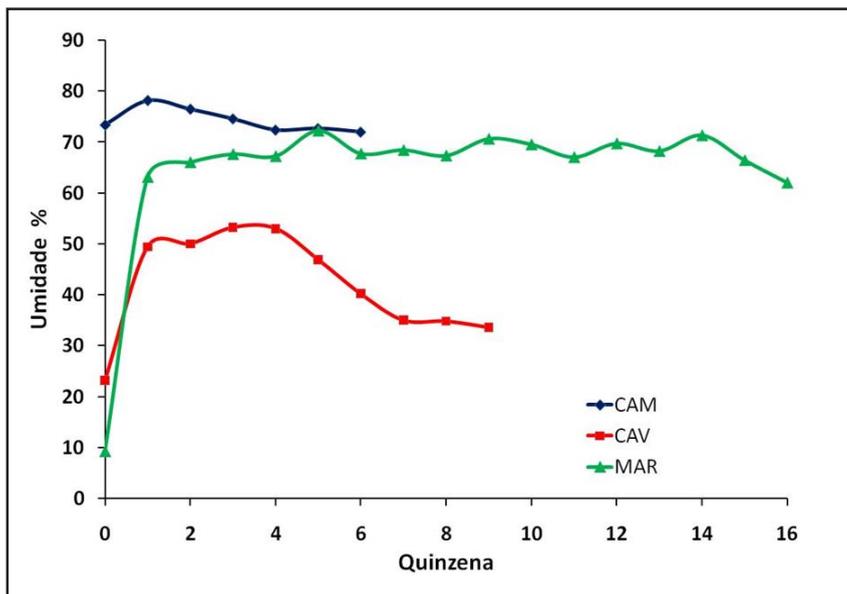


Figura 5. Evolução do teor de umidade da biomassa de cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação dos dejetos suínos

Pode ser observado na Figura 5 que não houve grande variação nos teores de umidade no período experimental, tanto para a maravalha, que ficou mais tempo recebendo adição de dejetos, como para a cama de aves e o cameron. As variações da umidade observadas na massa, antes e depois das aplicações de dejetos, evidenciam a ocorrência da evaporação da água contida nos dejetos, em virtude da geração de calor, característica

do processo de fermentação aeróbia e promovida pelo revolvimento da biomassa (Oliveira, 2004).

Umidade e temperatura são dois fatores que interagem na compostagem e interferem no processo de aeração da biomassa. Revolvimentos mais frequentes, com a finalidade de reduzir a umidade, podem levar a uma queda de temperatura da massa a valores indesejáveis. Nesse caso, é recomendável que a massa não seja revolvida com tanta frequência até que a temperatura ideal seja novamente atingida (Kiehl, 2004).

Durante o processo de compostagem foi possível manter a umidade entre 65 e 70%, considerada ideal para este sistema, sem provocar percolação e perda de líquido do sistema. Porém, no caso da cama de aves isso nem sempre foi possível, pois, quando da adição de maiores quantidades de dejetos, houve a formação de uma pasta cimentante que, ao longo do tempo, resultou na formação de aglomerados arredondados, compactos e duros. Dos substratos avaliados, a maravalha apresentou uma capacidade maior de reter umidade e melhores características físicas para incorporação dos dejetos e procedimentos de compostagem.

### **3.1.3 Densidade**

Na Figura 6 é apresentada a evolução dos valores de densidade, avaliados na massa úmida e na massa seca do composto produzido a partir de diferentes substratos. Observa-se que a cama de aves apresentou os maiores valores, tanto na massa seca como na úmida. Isso pode ser explicado pela menor granulometria apresentada, resultado da decomposição parcial da maravalha usada no aviário e da presença de excreções de aves em decomposição.

A densidade média de  $160\text{kg/m}^3$  (massa seca), apresentada pela maravalha no início, aumentou no final da compostagem para valores próximos a  $250\text{kg/m}^3$ , indicando que houve uma redução no tamanho das partículas durante a biodigestão aeróbia. Em base úmida, a densidade do composto com maravalha aumentou significativamente na fase inicial de compostagem, e a partir de então se manteve praticamente estável durante todo o período de avaliação. Isso mostra que esse substrato apresenta características físicas favoráveis para receber dejetos líquidos e proporcionar a evaporação da água, que foi um dos objetivos desse sistema de compostagem.

Cabe destacar que, ao final do período de compostagem, na última quinzena, a cama de aves apresentou uma redução de densidade tanto em

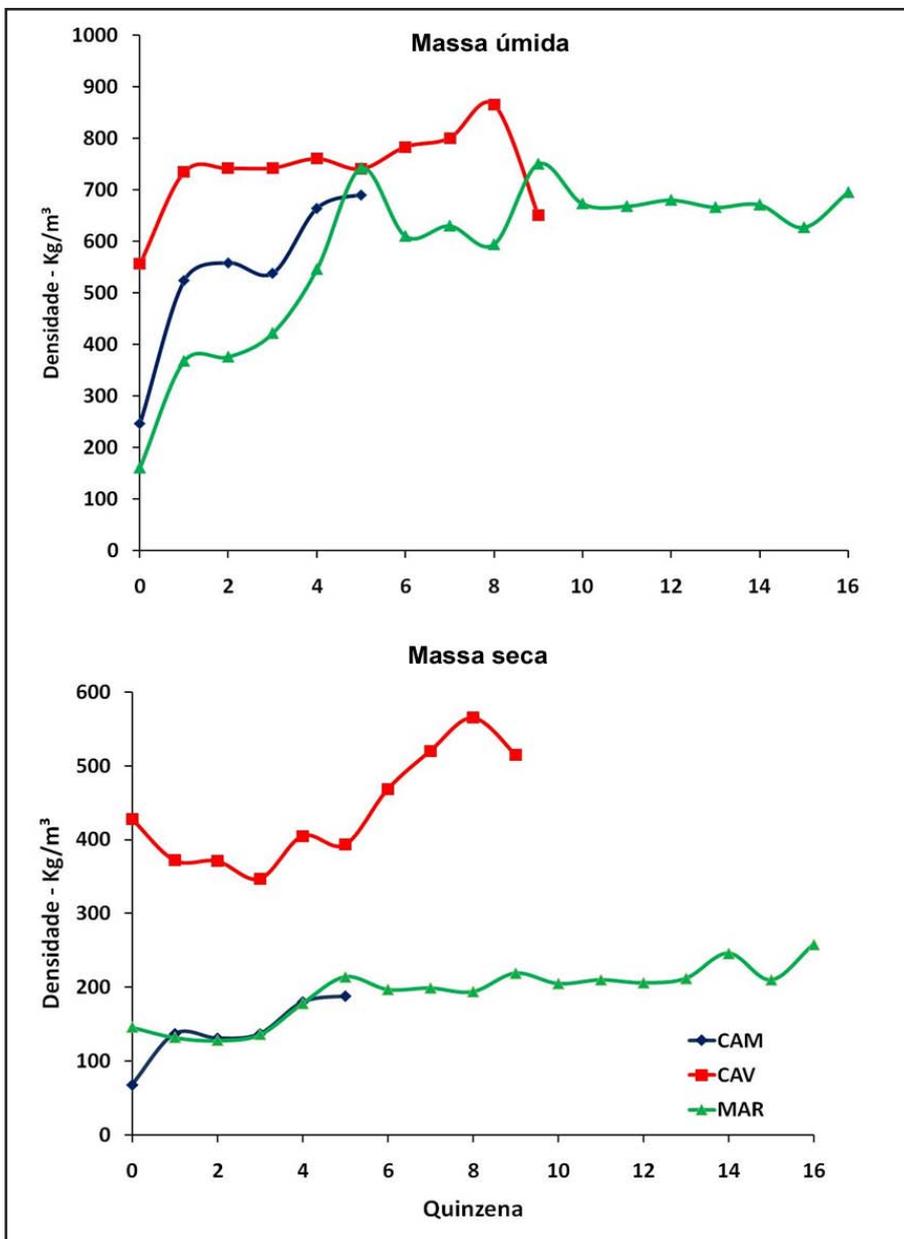


Figura 6. Evolução da densidade da biomassa úmida e da seca de cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação dos dejetos suínos

massa seca como em massa úmida, que ocorreu devido à formação de aglomerados de estrutura mais grosseira (bolotas), que influenciaram negativamente a densidade da massa.

O cameron verde triturado apresentou baixa densidade (base seca), inferior a  $100\text{kg/m}^3$ , mas aumentou significativamente em base úmida, após a adição dos dejetos e manteve-se elevada durante todo processo de compostagem. Essa característica indica que esse substrato manteve altos teores de água em sua estrutura durante todo período do estudo, motivo pelo qual a pesquisa com ele foi paralisada após 70 dias de incorporação dos dejetos. Dos três substratos estudados, o cameron também foi o que produziu menor quantidade de composto para um determinado volume inicial.

### **3.1.4 pH do composto**

Na Figura 7 é apresentada a evolução do pH da biomassa dos diferentes substratos usados nas leiras de compostagem. Os valores mais altos foram observados nos compostos de cama de aves e de cameron, que se mantiveram praticamente estáveis, entre 8,8 e 9,5, ao longo de todo o período de compostagem. Quando da utilização de maravalha foram observados, na primeira quinzena, valores próximos aos outros substratos, porém no período subsequente o pH da biomassa baixou e estabilizou em valores próximos de 8. Esse comportamento do pH na biomassa é semelhante ao encontrado por Strapazzon (2008), que usou uma mistura de cama de aves e serragem como substrato.

Na decomposição da matéria orgânica, atuam inicialmente microrganismos que estabilizam o nitrogênio orgânico, transformando-o em nitrogênio amoniacal, o que resulta em aumento do pH (Alexander, 1977). Porém, no decorrer da decomposição, a amônia pode ser perdida por volatilização ou convertida à forma de nitrato, pela nitrificação, fenômeno que é acidificante e faz com que o composto maturado apresente menor pH do que o material original (Pereira Neto, 1988). Caso se verificarem condições de anaerobiose, o nitrato será perdido por desnitrificação e esse fenômeno tem efeito alcalinizante, aumentando o pH.

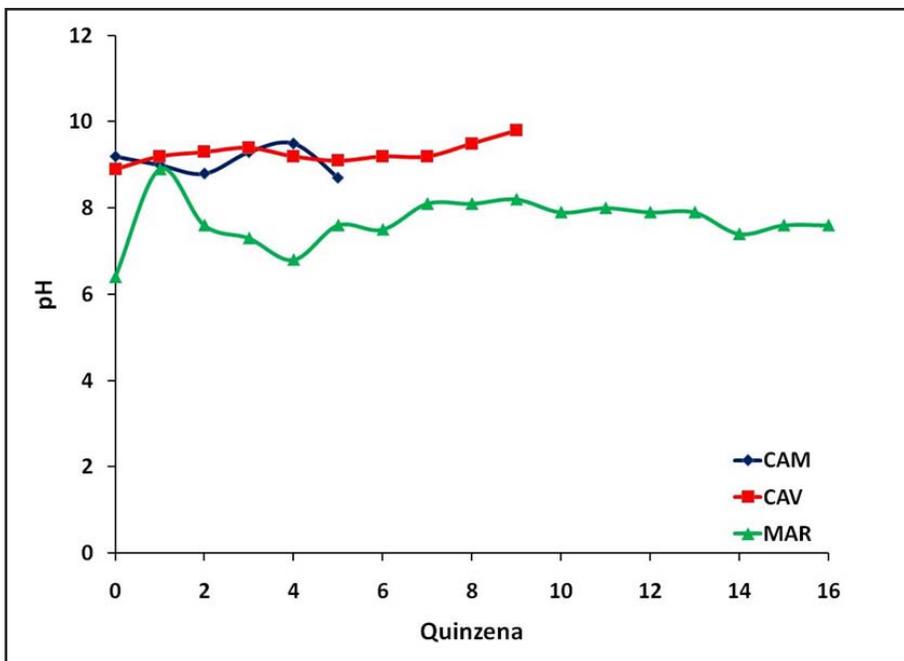


Figura 7. Evolução do pH no composto de cameron (CAM), cama de aves (CAM) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação dos dejetos suínos

### 3.1.5 Relação C/N no composto

A Figura 8 retrata a variação da relação C/N na biomassa durante o processo de compostagem com adição de dejetos suínos aos diversos substratos. Na comparação dos dados verifica-se que existem diferenças marcantes entre os substratos usados. Originalmente, a menor relação C/N foi encontrada na cama de aves e a maior na maravalha, um resíduo rico em celulose e lignina, que tem em sua estrutura altos teores de carbono orgânico e baixos de N. A cama de aves, por ter recebido grandes quantidades de excreta de aves, que é rica em N, apresenta em sua composição quantidades apreciáveis de N, que reduzem a relação C/N.

Normalmente, no processo de compostagem, a relação C/N diminui com o grau de maturação, uma vez que há perda de C orgânico do sistema à medida que esse elemento é transformado em CO<sub>2</sub> (Pereira Neto, 1988). Isso foi verificado quando da utilização de maravalha e de cameron como substratos. Porém, quando da utilização de cama de aves, verificou-se que

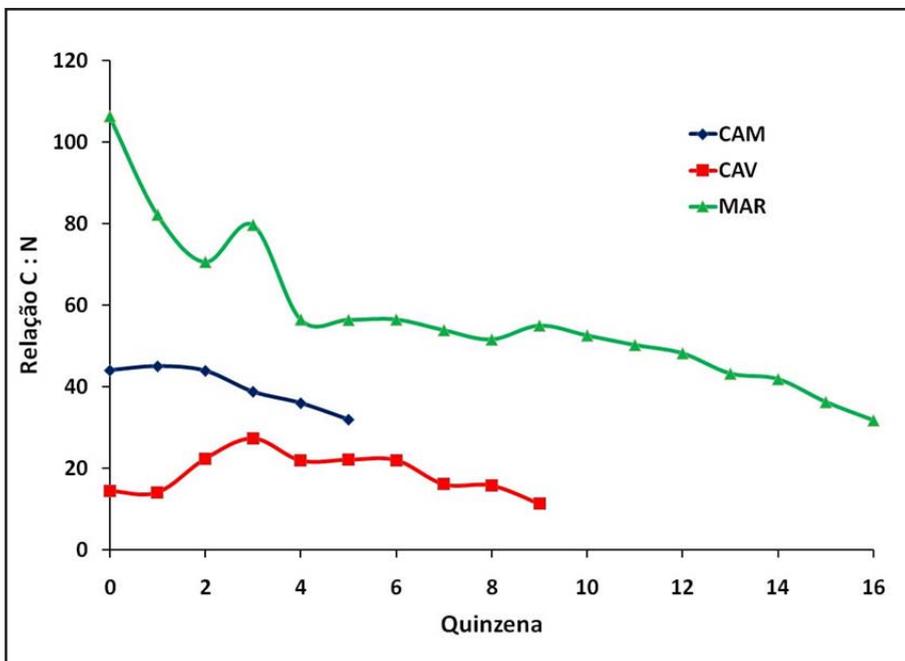


Figura 8. Evolução da relação C/N do composto de cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação dos dejetos suínos

houve, inicialmente, um aumento da relação C/N para depois diminuir, à semelhança do verificado nos demais substratos. É provável que esse aumento inicial tenha ocorrido devido à perda de N mineral, presente em maiores quantidades na cama de aves do que nos demais substratos. Essa perda pode ter sido incrementada pela elevação da alcalinidade na biomassa, o que favorece a volatilização do N amoniacal, uma vez que o pH na biomassa estava ao redor de 9,5 (Figura 6).

Quando da compostagem de resíduos com baixa relação C/N, Kiehl (2004) considera fundamental a adição de materiais ricos em carbono para corrigir essa relação. O autor recomenda a faixa de 25:1 a 35:1 como ideal para a relação C/N dos resíduos em processo de compostagem. Pesquisa desenvolvida por Strapazon (2008), em que foi adicionada serragem à cama de aves na proporção de 50% cada uma, aponta nesse sentido, com diminuição da relação C/N durante a compostagem.

Ao final do período de compostagem apenas o composto produzido com cama de aves apresentou relação C/N abaixo de 18, valor estabelecido

como limite pela legislação brasileira para comercialização de adubos orgânicos. Por isso, para fins comerciais o composto de maravalha deveria permanecer por mais tempo na unidade de compostagem para reduzir a relação C/N ao nível estabelecido pela lei (Brasil, 2008).

### 3.1.6 Relação substrato/dejeto

Na Figura 9 são apresentadas as quantidades de dejetos suínos adicionadas aos substratos no sistema de compostagem durante o período avaliado. Observa-se que maiores quantidade de dejetos foram adicionadas na fase inicial da compostagem, em que os substratos ainda apresentavam menores teores de umidade (Figura 6) e atingiam temperaturas mais altas (Figura 5), o que favorece a evaporação da água dos dejetos.

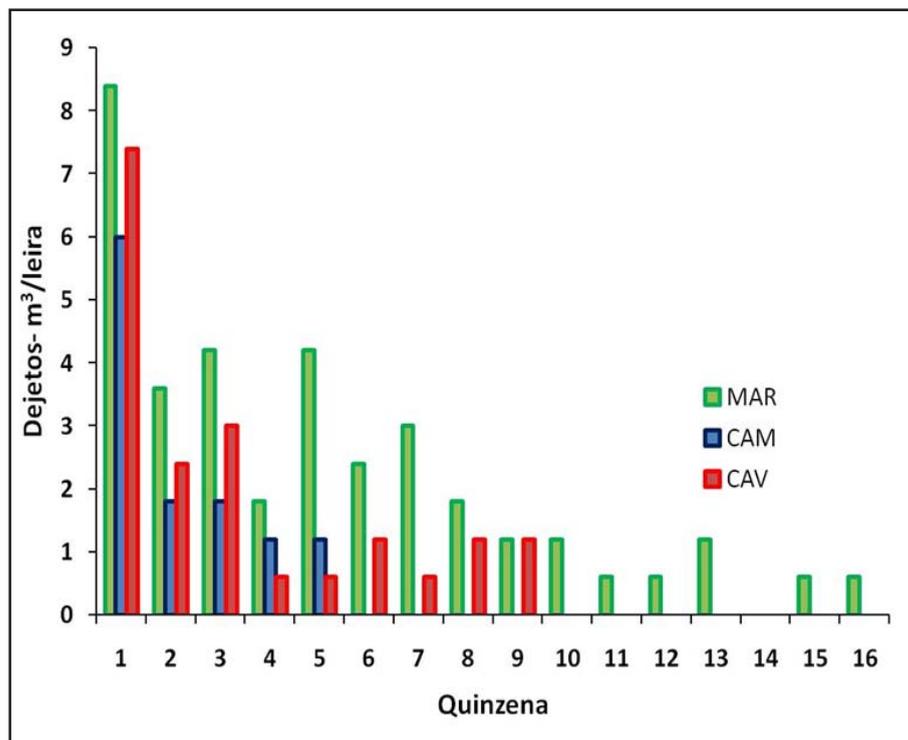


Figura 9. Quantidade de dejetos suínos biodigeridos adicionada aos substratos cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) no período de dezembro de 2007 a julho de 2008

Dos três substratos avaliados, a maravalha apresentou os melhores resultados para o sistema proposto, possibilitando a adição de maiores quantidades de dejetos e por um período mais longo, de aproximadamente 8 meses. À cama de aves e ao cameron não foi possível incorporar quantidades maiores de dejetos e por um período mais curto, de aproximadamente 120 e 70 dias, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de densidade específica dos substratos observados no início da pesquisa (Figura 6 – massa úmida) e a relação dejetos/substrato em massa/volume e massa/massa alcançada ao final da compostagem. Observa-se que a maravalha e o cameron apresentam uma menor densidade em comparação à cama de aves, que, por ter partículas menores, algumas bastante finas, apresenta uma estruturação mais compacta.

Tabela 3. Densidade específica dos substratos no início da pesquisa e relação dejetos/substrato, calculada em massa/volume e massa/massa ao final da compostagem

Substrato	Densidade	Relação dejetos/substrato	
	kg/m <sup>3</sup>	m/v	m/m
Cameron	248	0,8	3,4
Cama de aves	556	0,8	1,9
Maravalha	160	1,6	9,9

No sistema de compostagem proposto, com incorporação continuada de dejetos e revolvimento periódico da massa, foi possível a incorporação de 0,8, 0,8 e 1,6kg de dejetos para cada dm<sup>3</sup> dos respectivos substratos cameron, cama de aves e maravalha. Na relação massa/massa foi possível adicionar 3,4, 1,9 e 9,9kg de dejetos por quilograma dos respectivos substratos: cameron, cama de aves e maravalha. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2003) e Nunes (2003), que verificaram taxas de incorporação (quilograma de dejetos suínos brutos por quilograma de MS no substrato) de 1:8 a 1:9 para maravalha e serragem.

Estudos conduzidos por Paillat et al. (2005) citados por Oliveira (2004) demonstraram a viabilidade do uso de sistemas de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos, concluindo que é possível atingir uma absorção de 8 a 12m<sup>3</sup> de dejetos líquidos para cada tonelada da mistura de maravalha e palha.

A cama de aves pura mostrou ser pouco eficiente como substrato para essa forma de compostagem com adição periódica de dejetos e revolvimento do composto, visando à evaporação da água. Porém, segundo Strapazzon (2008), quando houver a incorporação de um resíduo rico em carbono, serragem neste caso, haverá uma melhora nas propriedades físicas da massa e condições favoráveis de compostagem.

### **3.1.7 Nutrientes no composto**

Na Figura 10 é apresentada a evolução dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no composto em função da adição periódica de dejetos suínos. A análise dos resultados demonstra haver um aumento na concentração desses nutrientes na biomassa ao longo de todo o período de adição de dejetos suínos aos substratos.

Para N os maiores teores foram observados quando da utilização de cama de aves ou cameron como substrato. Ambos apresentam originalmente maiores teores de N do que a maravalha, que é um resíduo pobre nesse elemento e mais rico em carbono do que os demais.

De modo geral, o teor de N no composto não aumenta nas mesmas proporções que os demais nutrientes (P e K), o que contradiz a relação de nutrientes encontrada nos dejetos brutos ou digeridos (Tabela 1) e teores médios encontrados nos dejetos armazenados em esterqueiras (Scherer et al., 1996). Isso indica que parte do N adicionado pelos dejetos foi perdida do sistema, fato que ficou mais evidente quando da utilização de cama de aves. Nesse caso, observa-se, inclusive, que no início da compostagem, mesmo com a adição de dejetos suínos, há um decréscimo no teor de N em sua composição, o que pode ser atribuído à perda parcial do N mineral contido na cama de aves e no dejetos de suínos adicionado. Os altos valores de pH encontrados na biomassa (Figura 7) podem ter favorecido a perda de N por volatilização de amônia. Segundo Scherer et al. (1996), aproximadamente 70% do N no dejetos líquido de suínos está na forma amoniacal.

Quando da aplicação de dejetos sobre maravalha o teor de N no composto aumenta linearmente no período avaliado, atingindo, ao final da compostagem, valores próximos aos obtidos com cama de aves, porém com relação C/N bem mais alta, característica que indica a presença de resíduos orgânicos ricos em carbono e somente parcialmente decompostos.

O teor de P aumenta linearmente no composto com a adição periódica de dejetos suínos aos substratos. Os teores mais altos foram encontrados na cama de aves, que, originalmente, apresenta acima de

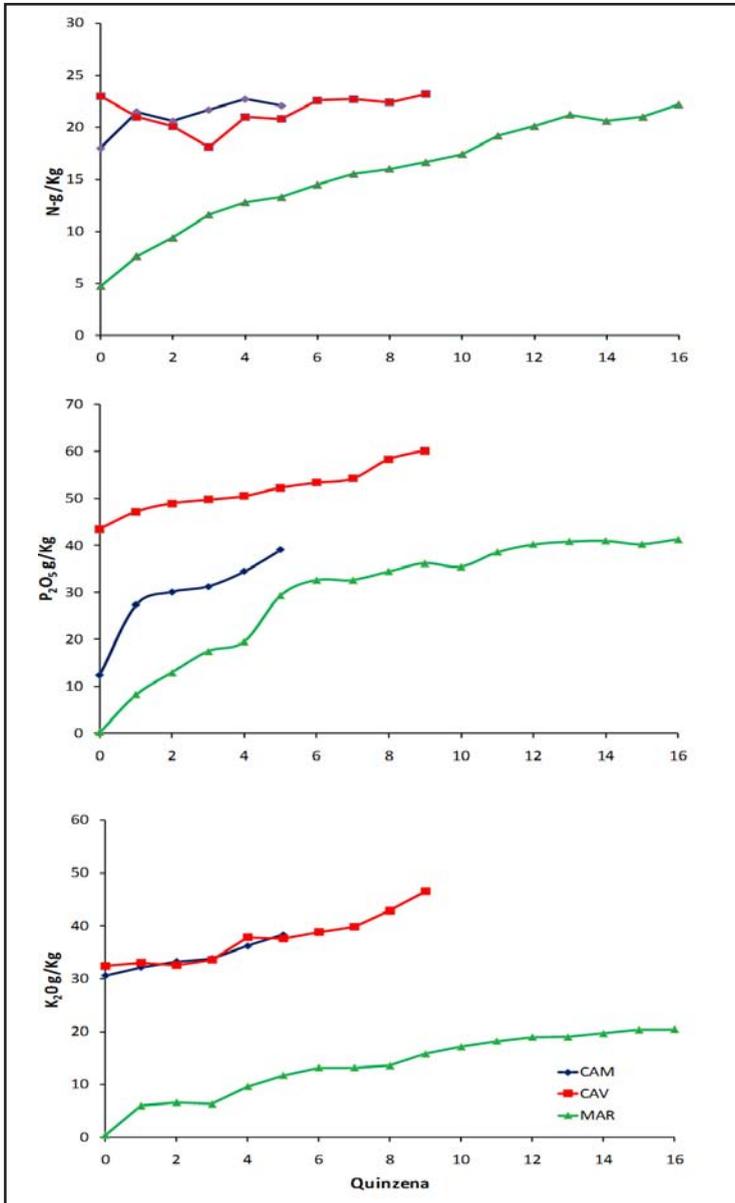


Figura 10. Evolução dos teores de nitrogênio (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) no composto de cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação dos dejetos suínos

40g/kg de  $P_2O_5$ , teor que, com adição de dejetos suínos, foi elevado para mais de 60g/kg de  $P_2O_5$ . Esse é um valor relativamente alto para um composto orgânico, o que resulta num produto com alto potencial fertilizante.

No composto com maravalha o teor de P aumentou linearmente com a adição de dejetos, chegando ao final da compostagem a valores próximos de 20g de  $P_2O_5$ /kg de composto, bem inferiores aos 60g de  $P_2O_5$ /kg encontrados no composto produzido a partir da cama de aves. Kunz et al. (2008) observaram teores de 8,9 e 7,9g  $P_2O_5$ /kg de composto produzido a partir de serragem e maravalha, teores que foram mais baixos do que o observado neste trabalho.

O teor de K também aumentou linearmente no composto com a adição periódica de dejetos suínos aos substratos. Originalmente, a cama de aves e o cameron apresentam teores bastante semelhantes e bem superiores à maravalha, que, normalmente, apresenta baixos teores desse nutriente, como também é pobre nos demais. Da mesma forma que foi observado para P, o composto produzido a partir da cama de aves apresenta teores de K bem superiores àqueles obtidos a partir da maravalha e, por isso, com maior potencial fertilizante.

Os teores de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg), apresentados na Figura 11, à semelhança do verificado com os demais macronutrientes (NPK), também aumentaram nos compostos produzidos a partir da incorporação de dejetos suínos aos substratos. Originalmente, a cama de aves apresentou os maiores teores de Ca, que, com pequenos acréscimos observados durante a compostagem, se situaram sempre em níveis superiores aos verificados nos demais substratos. Chama a atenção o expressivo acréscimo no teor de Mg encontrado no composto produzido a partir da maravalha, um substrato originalmente pobre nesse nutriente, mas que, ao final da compostagem, atinge valores próximos aos encontrados no composto com cama de aves.

Do ponto de vista nutricional (fertilizante), o composto produzido a partir da cama de aves é melhor do que o produzido com maravalha, pois apresenta maiores teores de nutrientes, principalmente de P e K, dois dos principais elementos encontrado nas formulações de adubos minerais. Porém, o composto de cama de aves apresentou um grave problema físico, que foi a formação de aglomerados esféricos (bolotas) durante a fase final do processo de compostagem. Possivelmente, as partículas mais finas (poeira) encontradas na cama de aves, que são ricas em minerais, funcionaram como massa cimentante, acarretando a formação desses aglomerados duros e de difícil decomposição.

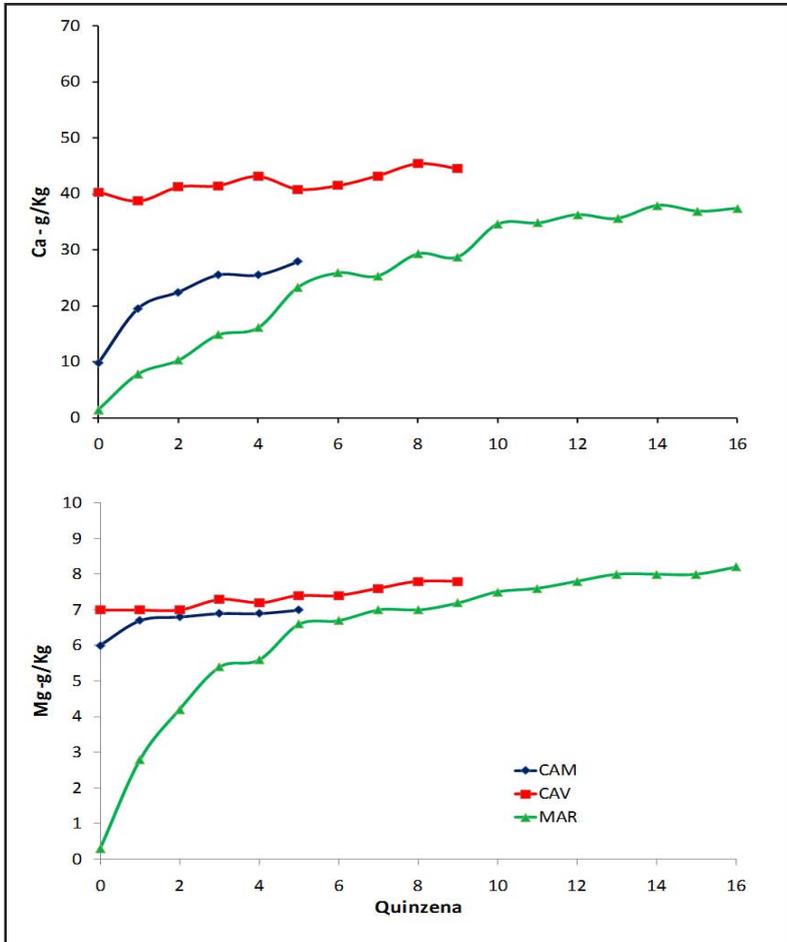


Figura 11. Evolução dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no composto de cameron (CAM), cama de aves (CAV) e maravalha (MAR) durante o período de incorporação de dejetos suínos

O composto produzido a partir da maravalha, apesar de possuir menores teores de nutrientes do que aquele produzido com cama de aves, apresenta características físicas desejáveis, tendo partículas soltas e boa estruturação, o que facilita seu manuseio e utilização como adubo. Porém, em termos nutricionais o produto final gerado a partir desse substrato não atinge a quantidade de nutrientes encontrada na cama de aves *in natura* oriunda de aviários de frangos de corte com seis lotes.

O cameron verde triturado mostrou-se pouco promissor para ser usado como substrato na compostagem de dejetos líquidos de suínos, pois mesmo com revolvimento periódico da biomassa, seu o teor de umidade se manteve alto. Além disso, a massa de cameron triturado apresenta baixa densidade específica, requerendo maior volume em comparação aos demais substratos para adição da mesma quantidade de dejetos.

Na Figura 12 é apresentada a evolução dos teores de micronutrientes (metais pesados) no composto produzidos a partir da adição dos dejetos suínos à maravalha. Observou-se um incremento linear na concentração de todos os micronutrientes avaliados ao longo do período de compostagem e adição dos dejetos suínos. Isso mostra que o composto produzido a partir de dejetos suínos é uma boa fonte de micronutrientes (cobre, zinco e manganês), podendo ser utilizado para fornecer esses elementos em áreas onde sua aplicação é necessária. Porém, isso também determina que se tenha o cuidado de não aplicar quantidades excessivas que possam prejudicar o desenvolvimento das plantas ou trazer prejuízos ao ambiente pela contaminação do solo e dos mananciais. A utilização continuada de dejetos suínos como fertilizante na mesma área pode acarretar o acúmulo desses metais no solo (Mattias, 2006; Giroto, 2007). Além disso, esses elementos, quando absorvidos em grandes quantidades pelas plantas, podem entrar na cadeia alimentar e oferecer riscos à saúde humana.

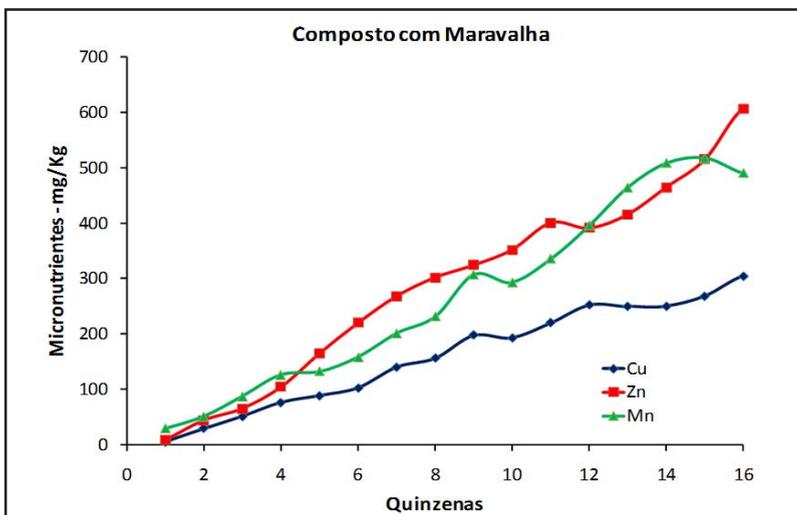


Figura 12. Evolução dos teores de cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) no composto de maravalha durante o período de incorporação de dejetos suínos

Na Tabela 4 é apresentada a relação entre os nutrientes (NPK) incorporados ao substrato (maravalha) e os encontrados no composto final. Observa-se que, com a redução de volume, ocorrida durante o processo de compostagem, houve uma concentração de nutrientes, principalmente de P e K, no composto produzido. No caso do N, o menor incremento no composto final em relação aos demais nutrientes provavelmente ocorreu pela perda do N amoniacal durante o procedimento de compostagem.

Tabela 4. Quantidades de nutrientes incorporadas ao substrato de maravalha pela adição de dejetos de suínos no período de 8 meses e respectivas quantidades encontradas no composto final

Nutriente	Adicionado ao substrato	Encontrado no composto final
	..... kg/m <sup>3</sup> .....	
N	6,1	8,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,6	10,2
K <sub>2</sub> O	3,0	6,7

No período de 8 meses foi possível incorporar aproximadamente 9,9m<sup>3</sup> de dejetos suínos por metro cúbico de maravalha, resultando na produção de 347kg de um composto constituído por 130kg de matéria seca e 218kg de água. Esse alto teor de água presente no composto final constitui o principal entrave para seu manejo e comercialização como fertilizante, pois, além de diminuir a concentração de nutrientes, aumenta os custos de transporte e armazenamento.

Na Tabela 5 é feita uma simulação de um sistema de compostagem para uma unidade com 100 suínos no sistema de terminação. Observa-se que com a adição continuada de dejetos sem reposição do substrato por um período de 8 meses seriam necessários 106m<sup>3</sup> de maravalha, o equivalente a 17t (peso seco), para incorporação dos 168m<sup>3</sup> de dejetos produzidos no período. Ao final do processo de compostagem seriam obtidos aproximadamente 53m<sup>3</sup> de composto, o equivalente a 37t de composto úmido ou 13t em peso seco, contendo 462kg de N, 541kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 357kg de K<sub>2</sub>O.

Tabela 5. Dejetos produzidos em uma unidade com 100 suínos no sistema terminação, substrato necessário para compostagem dos dejetos, composto final e nutrientes encontrados no composto<sup>(1)</sup> Base seca (65°C).

Unidade	Dejeto gerado	Substrato (maravalha)	Composto final	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Volume (m <sup>3</sup> )	168	106	53	.....kg.....		
Peso (t)	171	17 <sup>(1)</sup>	13 <sup>(1)</sup>	462	541	357

<sup>(1)</sup> Base seca (65°C).

### 3.1.8 Produção de biogás

Além do composto orgânico para uso agrícola, o sistema de tratamento dos dejetos, com passagem destes pelo biodigestor, possibilitou a produção de biogás, uma fonte de energia a ser considerada.

Tomando como referência uma leira de maravalha com 22,3m<sup>3</sup> de substrato inicial, em que foi possível aplicar um volume de 35,4m<sup>3</sup> de dejetos digeridos num período de aproximadamente 8 meses, ter-se-ia um consumo diário médio de 145L/dia de dejetos suínos. Esses dejetos, ao passarem pelo biodigestor, produziram em média 502m<sup>3</sup> de metano, equivalendo a 17 botijões de GLP de 13kg, 306 litros de gasolina, ou ainda 717 quilowats “totais”. Assim, anualmente, os dejetos incorporados ao substrato em cada leira produziram aproximadamente 750m<sup>3</sup> de metano, resultando na produção total de 3.000m<sup>3</sup> de metano na unidade instalada.

### 3.2 Resposta da alface ao composto orgânico

As produções de massa verde e massa seca de alface aumentaram com a aplicação das doses de composto orgânico, seja no primeiro cultivo, seja com as doses acumuladas no segundo e terceiros cultivos (Figura 13). A resposta da alface a compostos orgânicos com dejetos animais também foi observada por Santos et al. (2001), que utilizou zero, 22,8, 45,6, 68,4 e 91,2t/ha de um composto orgânico com restos vegetais e cama de aves. Os maiores rendimentos obtidos com as doses crescentes de composto orgânico podem ser atribuídos à melhoria das características químicas do solo, embora o solo já apresentasse alta fertilidade inicial (Sociedade..., 2004). Como o solo já se apresentava com alta fertilidade inicial, acredita-se que a resposta às altas doses acumuladas de composto pode estar

associada ao fornecimento de nitrogênio, já que ele é o nutriente mais importante na produção de alface (Ferreira, 2002), mas não foi avaliado diretamente no experimento.

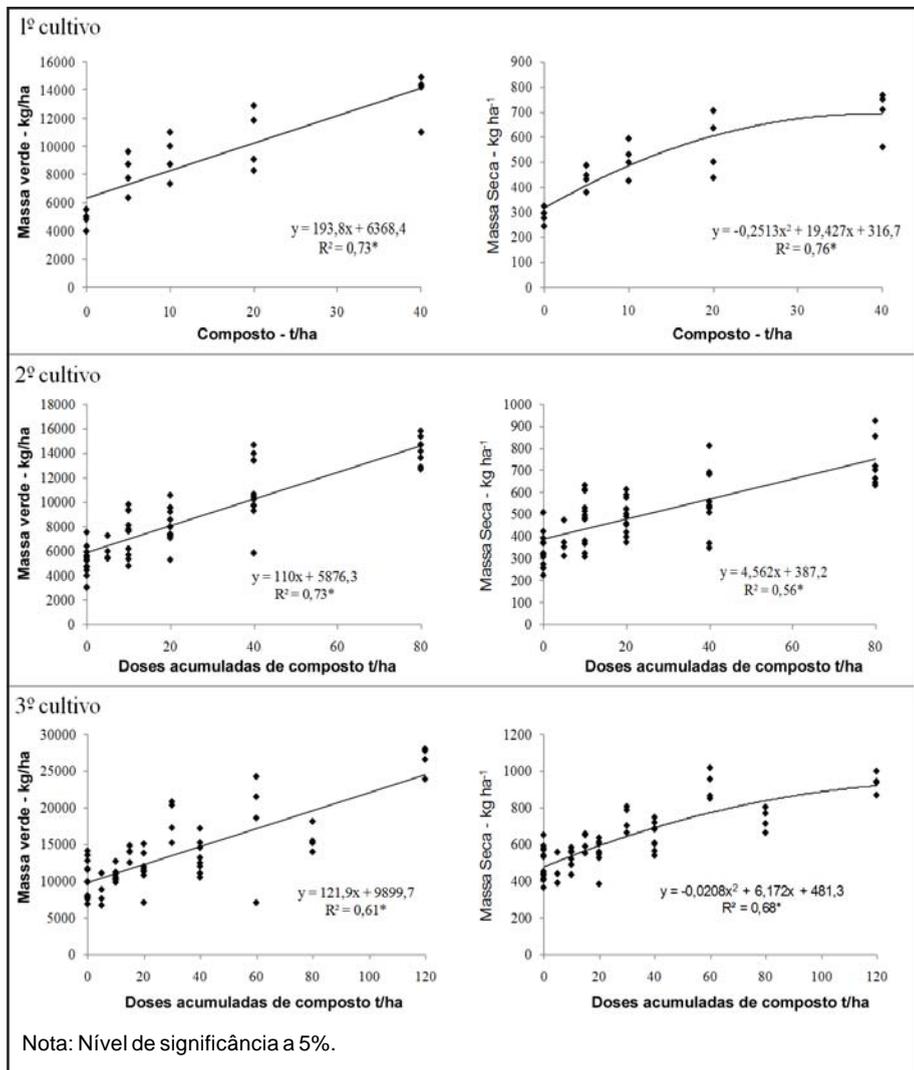


Figura 13. Produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) da parte aérea da alface em função das doses de composto orgânico à base de dejetos de suínos aplicadas no primeiro cultivo e de doses acumuladas no segundo e terceiro cultivos

Quando se analisa o efeito residual da primeira aplicação de doses do composto orgânico sobre a produção de massa verde e massa seca de alface do segundo e terceiros cultivos onde não foram aplicadas doses de composto, verifica-se que no segundo cultivo (85 dias após a aplicação das doses) a dose de 40t/ha apenas se diferenciou da testemunha com relação à massa verde de alface, não diferindo das demais doses (Tabela 6), indicando efeito residual das doses 5, 10, 20 e 40t/ha na massa verde de alface do segundo cultivo.

No terceiro cultivo (115 dias após a aplicação das doses), a dose de 40t/ha se diferenciou da testemunha e da dose de 5t/ha, mas não da dose de 10 e 20t/ha aplicadas no primeiro cultivo, inferindo-se um efeito residual dessas doses sobre a produção de alface do terceiro cultivo. Para a produção de massa seca, as doses não se diferenciaram no segundo cultivo, porém no terceiro a produção de massa seca foi maior na dose de 40t/ha e diferente das demais doses. O efeito residual também foi constatado por outros autores que utilizaram compostos com dejetos animais, como foi o caso de Santos et al. (2001). Os autores utilizaram um composto com cama de aves e outros materiais, como palha de feijão, capim e bagaço de cana, verificando efeito residual sobre a produção de alface cultivada 80 a 110 dias após a aplicação do composto.

As doses acumuladas de composto aplicadas em três cultivos de alface não alteraram de forma significativa os teores de Ca, Mg, Mn e Fe do solo (Tabela 7). Porém, aumentaram os atributos de solo pH, P, K, MO, Zn e Cu disponíveis, à semelhança do verificado por Souza (1998), em que o uso continuado de composto termofílico por um período de 5 anos no cultivo de hortaliças, na dosagem de 30t/ha, também alterou de forma expressiva os teores de MO, P e K no solo. A regressão entre as doses acumuladas de composto e o Cu disponível no solo apresentou efeito linear negativo. A correlação entre Cu disponível no solo e o teor de MO no solo após três aplicações de doses de composto orgânico (3º cultivo de alface) apresentou  $r = -0,67$ , significativo a 5%. Esse comportamento pode ser explicado pela forte complexação do Cu pela MO do solo (McBride, 1994). O expressivo aumento do teor de Zn disponível no solo em função das doses acumuladas reflete o alto teor de Zn presente nos dejetos de suínos utilizados para a elaboração do composto. O Cu e Zn têm-se apresentado em alta concentração nos dejetos de suínos em função de as rações que são fornecidas aos animais serem suplementadas com esses elementos (Mattias, 2006).

Em relação aos macro e micronutrientes analisados no tecido foliar da alface do terceiro cultivo, houve aumento dos teores no tecido apenas

Tabela 6. Rendimento absoluto e rendimento relativo de massa verde e massa seca obtido nos segundo e terceiro cultivos de alface, sem aplicação de composto, em função de doses de composto aplicadas somente no primeiro cultivo. Médias de quatro repetições

Dose no 1º, 2º e 3º cultivos	Cultivo		
	1º	2º	3º
t/ha	kg/ha.....		
	..... <b>Massa Verde</b> .....		
0-0-0	4.824 C	5.267 B	10.172 B
5-0-0	8.110 B	6.079 AB	8.605 B
10-0-0	9.276 B	5.909 AB	10.578 AB
20-0-0	10.528 B	7.020 AB	10.408 AB
40-0-0	13.641 A	7.711 A	14.214 A
<b>CV %</b>	<b>12,0</b>	<b>20,3</b>	<b>21,4</b>
	..... <b>Massa Seca</b> .....		
0-0-0	286,8 C	338,9 <sup>ns</sup>	501,8 B
5-0-0	437,3 BC	381,5	448,5 B
10-0-0	513,5 B	372,3	498,8 B
20-0-0	570,8 AB	464,0	508,0 B
40-0-0	698,0 A	448,5	666,8 A
<b>CV %</b>	<b>13,7</b>	<b>20,5</b>	<b>14,0</b>

Nota: Letras maiúsculas na coluna de cada parâmetro não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de variação.

<sup>ns</sup> = Não significativo.

para N, P e Zn, mas esse aumento devido às doses acumuladas aplicadas foi de 54% para o P e de apenas 18% e 13% para o N e Zn (Tabela 8), respectivamente. De forma geral, os teores de Cu e Zn nas folhas estão de acordo com a Sociedade... (2004), sendo considerados adequados, em termos de nutrição, para folhas de alface.

### 3.3 Avaliação econômica do sistema de compostagem

Como os investimentos são despesas feitas no presente com a finalidade de obter resultados no futuro, as projeções de despesas e receitas da empresa

Tabela 7. Atributos químicos do solo em função das doses de composto orgânico aplicadas em três cultivos (média de quatro repetições), coeficiente e efeito da regressão entre os atributos do solo e as doses acumuladas de composto

Dose		pH	P	K	MO	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
1º, 2º e 3º cultivo	Acumulada										
t/ha		...g/kg...	%	.mol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .	.....g/dm <sup>3</sup> .....	g/dm <sup>3</sup>					
0-0-0	0	7,0	6,0	260	4,9	12,0	9,2	5,1	5,9	81	2,1
5-0-0	5	7,0	6,3	310	4,8	11,9	9,1	5,5	6,0	83	2,7
5-5-0	10	7,0	7,5	323	4,8	11,7	8,9	6,1	6,6	76	2,8
5-5-5	15	7,0	8,3	363	5,0	11,7	8,7	8,4	6,1	84	2,6
10-0-0	10	7,1	7,6	417	4,9	11,8	9,0	6,2	6,3	75	2,1
10-10-0	20	7,1	11,6	514	5,1	11,8	9,1	9,8	5,9	80	1,9
10-10-10	30	7,4	12,6	471	5,1	12,0	9,0	10,8	5,4	81	2,5
20-0-0	20	6,8	10,1	510	4,7	11,6	8,0	9,6	6,4	71	2,1
20-20-0	40	7,0	19,2	513	5,1	11,7	8,4	16,2	6,0	74	2,2
20-20-20	60	7,1	39,2	679	5,2	11,6	8,5	23,3	5,3	76	2,0
40-0-0	40	7,0	27,0	490	5,3	12,3	9,4	15,6	5,8	84	2,5
40-40-0	80	7,3	35,0	567	5,5	12,2	9,3	27,9	4,2	89	2,5
40-40-40	120	7,2	40,0	729	5,8	11,6	9,6	36,5	3,6	92	2,6
R <sup>2</sup>		0,09*	0,64*	0,67*	0,38*	ns	ns	0,91*	0,45*	ns	ns
Efeito		L	Q	Q	L	-	-	L	L <sup>(1)</sup>	-	-
<b>CV (%)</b>		<b>2,8</b>	<b>55,8</b>	<b>19,8</b>	<b>7,5</b>	<b>6,1</b>	<b>8,9</b>	<b>23,5</b>	<b>13,2</b>	<b>10,4</b>	<b>26,5</b>

<sup>(1)</sup> Regressão de efeito linear negativo.

ns = Não significativo.

Notas: R<sup>2</sup> = Coeficiente de regressão; \* = Significativo a 5%; L = Linear; Q = Quadrático. CV = Coeficiente de variação.

são indispensáveis para sua análise. Essas informações são importantes para o empresário e o agente financiador analisarem a rentabilidade do investimento e tomarem decisões sobre a conveniência, ou não, do empreendimento.

Na análise e avaliação de projetos agropecuários, os orçamentos (em geral) são anuais e se estendem por todo o horizonte do projeto de investimento, na forma de fluxos de caixa.

Tabela 8. Teores de macro e micronutrientes foliares na alfaca do terceiro cultivo (média de 4 repetições), coeficiente e efeito da regressão entre os teores foliares e as doses acumuladas de composto aplicadas em três cultivos

1º, 2º e 3º cultivo	Dose		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	Acu-	mulada										
	t/ha											
			.....g/kg.....					.....mg/kg.....				
0-0-0	0		47,0	5,1	50,0	8,1	4,6	59,7	16,3	57,2	1698,3	28,4
5-0-0	5		53,6	5,5	34,1	8,2	4,5	53,7	22,2	50,7	1927,5	25,7
5-5-0	10		46,4	5,6	43,2	7,4	4,4	53,5	13,7	48,0	1572,7	28,5
5-5-5	15		49,1	5,7	48,0	8,5	4,9	58,2	18,5	66,0	1800,0	30,2
10-0-0	10		46,2	5,7	60,8	7,1	4,1	39,5	11,2	32,0	1597,2	22,2
10-10-0	20		49,5	6,3	55,0	8,6	5,0	55,7	17,7	55,0	1548,5	32,2
10-10-10	30		50,3	6,2	34,2	8,1	4,8	69,5	15,5	59,7	1227,7	35,2
20-0-0	20		50,1	6,3	57,8	8,8	4,8	55,0	10,5	29,7	1656,0	25,7
20-20-0	40		52,0	6,8	57,6	7,9	5,1	56,7	12,2	43,7	1814,2	32,5
20-20-20	60		55,2	6,3	34,5	9,4	5,7	71,2	13,0	68,2	1693,5	33,2
40-0-0	40		54,7	7,1	59,0	6,9	4,5	45,5	11,5	20,0	1330,7	23,0
40-40-0	80		52,8	7,2	50,8	7,4	4,6	60,7	16,2	50,2	1398,7	34,5
40-40-40	120		57,4	7,8	28,1	7,1	5,5	77,5	16,5	59,5	1101,2	36,7
R <sup>2</sup>			0,18*	0,54*	NS	NS	NS	0,13*	NS	NS	NS	NS
Efeito			L	Q	-	-	-	L	-	-	-	-
<b>CV (%)</b>			<b>11,1</b>	<b>11,4</b>	<b>40,3</b>	<b>15,8</b>	<b>14,5</b>	<b>22,5</b>	<b>45,2</b>	<b>47,3</b>	<b>30,7</b>	<b>21,0</b>

Notas: R<sup>2</sup> = Coeficiente de regressão; \* = Significativo a 5%; L = Linear; Q = Quadrático.  
CV = Coeficiente de variação.

Para a realização da análise econômica foram utilizadas informações recebidas da empresa referente aos custos da estrutura e dos equipamentos enquanto os valores referentes às “receitas e despesas” são provenientes das observações feitas na execução do projeto. Todos os valores utilizados para o presente estudo são aqueles praticados no mercado em outubro de 2008. Na Tabela 9 estão descritos os itens que compuseram o custo total do empreendimento (equipamento e estrutura) para um plantel de 84 suínos (número de animais que comportou a unidade montada no Cetrédia) e uma estimativa de valores para unidades maiores.

Tabela 9. Investimento “ descrição de materiais e valores necessários para a construção de uma composteira para 84, 200 e 300 suínos, tipo terminação

<b>Descrição de material/serv.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor<sup>(1)</sup></b>		
Suínos considerados nos cálculos	nº	84	200	300
Volume de dejetos	L/suíno/dia	7	7	7
Volume diário	L/dia	588	1.400	2.100
Valor total da leira com instalação	R\$	7.383,44	10.780,44	13.708,89
Revolvedor – equipamento	R\$	24.700,00	24.700,00	24.700,00
Bomba flutuante	R\$	2.700,00	2.700,00	2.700,00
Transporte revolvedor	R\$	1.096,00	1.096,00	1.096,00
Valor da leira e equipamentos	R\$	35.879,44	39.276,44	42.204,89
Valor do projeto e serviços	R\$	7.175,89	7.855,29	8.440,98
<b>Valor Total</b>	<b>R\$</b>	<b>43.055,33</b>	<b>47.131,73</b>	<b>50.645,87</b>

<sup>(1)</sup> Valores correntes em outubro de 2008.

No presente estudo foram trabalhados três substratos: maravalha, cama de aves e cameron. Os resultados econômicos aqui apresentados referem-se ao substrato com maravalha (sem reposição), colocada em leira de 2 x 12 x 0,95m. No final do processo, após a aplicação de dejetos suínos líquidos, a compostagem apresentou uma camada de 0,5m.

Na leira com maravalha foram colocados 22,3m<sup>3</sup> desse substrato e aplicados 35.400 litros de dejetos de suínos, durante os 8 meses do processo de compostagem. A quantidade de dejetos corresponde a um plantel de 21 suínos tipo terminação durante os 240 dias do processo de compostagem. A estrutura possui quatro leiras e os dados da leira com maravalha foram, então, extrapolados para o correspondente a 84 suínos (quatro leiras). O equivalente em nutrientes e seus respectivos valores, a preços de mercado em outubro de 2008, são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Compostagem com maravalha “ Quantidades e valores (R\$) dos nutrientes

<b>Nutriente na leira</b>	<b>Peso úmido (kg)</b>	<b>Valor/kg<sup>(1)</sup></b>	<b>R\$ p/ 8 meses</b>	<b>R\$ p/ 12 meses</b>
kg de N	389,60	3,33 <sup>(2)</sup>	778,42	1.162,84
kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	455,20	3,71	1.688,79	2.533,19
kg de K <sub>2</sub> O	300,00	2,57	771,00	1.156,50
<b>Total</b>	-	-	<b>3.235,01</b>	<b>4.852,53</b>

<sup>(1)</sup> Valores correntes em outubro de 2008.

<sup>(2)</sup> Foram considerados 60% do valor devido à perda natural.

Em relação aos custos operacionais, foi considerada a compra de maravalha, utilizada como substrato, mão de obra e energia elétrica utilizada no período da compostagem. Para valorar o custo com energia elétrica foram registrados todos os momentos em que o equipamento foi ligado. Por ocasião da distribuição e revolvimento dos dejetos são utilizados dois motores, um com 3cv (cavalos-vapor) de potência e outro com 1,5cv. Quando havia apenas o revolvimento do material, funcionava apenas o motor de 1,5cv.

Com a ajuda de técnicos das Centrais Elétricas de Santa Catarina (Celesc), foram realizados cálculos de rendimento, de potência e, por fim, do equivalente em gastos com energia elétrica. O cálculo do tempo utilizado com os dois motores foi da ordem de 147,6kw, que, ao preço de outubro de 2008, equivalia a um custo total aproximado de R\$ 140,25 com energia elétrica.

Em relação à mão de obra utilizada, foi considerado um tempo de 1/4 de hora a mais que aquele registrado no uso de energia. Explica-se esse acréscimo devido a trabalhos realizados antes e depois de os motores terem sido ligados.

Para avaliar o funcionamento da plataforma de compostagem foi necessário tomar medidas de controle e acompanhamento do sistema, sendo isso desenvolvido por um operário capacitado e o custo da mão de obra, salário médio mensal mais encargos, foi considerado, na planilha, como custo. Na análise do projeto foi considerado o valor de R\$ 404,12 como despesas com mão de obra. Esse cálculo considera a mão de obra de um empregado, mas que não seja exclusivo para essa finalidade. Assim, considerou-se a disponibilidade de um empregado por aproximadamente sessenta horas durante todo o período de processamento da compostagem (8 meses). Essa quantidade de horas utilizada é para um empreendimento com 84 suínos. Aumentando-se o número de suínos haverá uma maior utilização da mão de obra, não necessariamente proporcional ao aumento do rebanho.

Outras informações necessárias à realização da análise econômica do investimento dizem respeito a possíveis rendas ou valores que “deixam de ser desembolsados”, como é o caso do transporte dos dejetos às lavouras. Também foram valoradas as quantidades de nutrientes (N, P e K) existentes no composto, comparando-os com os custos de adubos minerais, equiparando-se o equivalente percentual de nutrientes existentes entre os sistemas propostos.

Como os cálculos econômicos são feitos para horizontes de vários anos e os orçamentos são anuais, extrapolaram-se os valores observados no estudo de caso (8 meses) considerando-se que há uma sobra de 1/3 de ano para cada período de compostagem. Desta forma, os valores foram acrescidos em 50% sobre aqueles efetivamente realizados.

Cabe aqui ressaltar que a criação e o manejo de dejetos suínos, na forma tradicional, têm apresentado problemas ambientais quanto à presença de moscas e à exalação de odores, sendo condição para o aparecimento de doenças e também como fator desmotivador de turistas no meio rural. Essas condições implicam externalidades de difícil mensuração e por isso não estão aqui contempladas como “crédito” pelo fato de, com a composteira, quase inexisterem moscas e de haver baixa exalação de odores.

Por outro lado, também foram consideradas despesas necessárias ao processo de compostagem e que não são utilizadas no processo tradicional de criação de suínos. Assim, despesas como aquisição do substrato para compostagem têm que ser consideradas, como é o caso da maravalha ou de outro substrato. No presente estudo está sendo considerado o custo da maravalha.

Tendo em vista não termos um histórico de como funciona o equipamento, adotou-se como critério imputar, anualmente, 5% do valor do empreendimento como custo de manutenção. Durante o período de estudos, por parte da empresa foram realizadas adaptações que foram sugeridas pelas observações constatadas quanto ao funcionamento do equipamento. Essas despesas foram absorvidas pela empresa como forma de desenvolvimento e melhoria do equipamento.

Para complementar os dados necessários ao fluxo de caixa para a realização da análise econômica, na Tabela 11 apresenta-se uma descrição e valores considerados como receitas e despesas. Com essas informações, juntamente com os valores do investimento, podem-se realizar análises e simulações de indicadores que permitem a tomada de decisão sobre a conveniência ou não da implantação do empreendimento.

Tabela 11. Descrição das receitas e despesas para empreendimentos com 84 suínos tipo terminação e extrapolação (simulação) para 200 e 300 animais

<b>R\$ por plantel – suínos terminação</b>	<b>84 suínos</b>	<b>200 suínos</b>	<b>300 suínos</b>
Investimento	43.055,33	47.131,73	50.645,87
Receita total (a)	7.714,13	18.366,96	27.550,45
Transporte de dejetos	2.861,60	6.813,33	10.220,00
Nutrientes	4.852,53	11.553,63	17.330,45
Nitrogênio (N)	1.162,84	2.768,66	4.152,99
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2.533,19	6.031,40	9.047,10
Potássio (K <sub>2</sub> O)	1.156,50	2.753,57	4.130,36
Despesas Totais (b)	6.091,32	11.080,10	15.342,88
Substrato	3.122,00	7.433,33	11.150,00
Energia elétrica	210,37	500,88	751,32
Mão de obra	606,18	789,30	909,27
Manutenção	2.152,77	2.356,59	2.532,29
<b>Fluxo Líquido Anual (a – b)</b>	<b>1.622,81</b>	<b>7.286,86</b>	<b>12.207,57</b>

Antes de se fazer a análise final deste estudo, é conveniente informar que não foram considerados os custos de esterqueiras (para diferentes plantéis) necessárias para o armazenamento dos dejetos por um período mínimo de 10 dias, para o caso de alguma falha nos equipamentos de compostagem e o tempo necessário para seu conserto.

Analisando-se os dados contidos na Tabela 11, observa-se que há uma variação de 9,47 e 17,63% entre o valor investido para um plantel de 84 comparando-se com 200 e 300 suínos, respectivamente. Os custos fixos são diluídos quanto maior for a quantidade de suínos (dejetos) utilizados. Para um plantel com 84 suínos, o retorno do investimento (“pay-back”) somente ocorrerá após 26,5 anos. Esse mesmo indicador aponta para 6,4 e 4,1 anos para plantéis de 200 e 300 suínos, respectivamente. No caso de pequenos plantéis, haveria a possibilidade de pequena redução no valor do investimento caso houvesse política pública que franqueasse o valor do projeto. Neste caso, o tempo de retorno do investimento cairia para 22,1 anos.

Considerando-se que a Taxa Interna de Retorno (TIR) é um dos indicadores mais usados para determinar a viabilidade de um empreendimento, no presente estudo ela foi calculada para as alternativas de plantéis para diferentes horizontes de tempo de execução do projeto. Assim, no caso do menor plantel, a TIR só será positiva para um horizonte de 30 anos, com valor de 0,81%. Para esse mesmo plantel, sem os custos de elaboração do projeto, a TIR seria de 0,97% num horizonte de 25 anos. Para os dois outros casos, com retornos em menor espaço de tempo, os resultados são de 8,82% e 12,98%, respectivamente, para horizontes de 10 e 15 anos para um plantel de 200 suínos. Para um plantel de 300 suínos, considerando-se esses mesmos horizontes de tempo, a TIR é de 20,31% e 23,03%, respectivamente.

## 4 Conclusões

- O sistema de tratamento biológico dos dejetos líquidos de suínos, com sua passagem pelo biodigestor e posteriormente por procedimento de compostagem, foi eficiente para produção de energia (biogás), estabilização da matéria orgânica, redução de volume dos dejetos e concentração de nutrientes de interesse agrônômico.

- É possível a incorporação de 3,4, 1,9 e 9,9kg de dejetos por quilograma de cameron triturado, cama de aves e maravalha,

respectivamente. Em base volumétrica é possível incorporar-se 0,8, 0,8 e 1,6 tonelada de dejetos para cada metro cúbico dos respectivos substratos.

- O composto de cama de aves é mais rico em nutrientes que os de cameron e maravalha, pois além dos nutrientes adicionados pelos dejetos de suínos, contém as dejeções das aves. Por sua vez, o composto produzido a partir de maravalha apresenta as melhores características físicas.

- A incorporação de dejetos suínos à cama de aves, com altos teores de N e baixa relação C/N, acarreta aumento expressivo do pH da biomassa e, possivelmente, uma maior volatilização de amônia, resultando em um composto com teor de N próximo ao originalmente encontrado na cama de aves.

- A compostagem é uma alternativa vantajosa para o tratamento e posterior destinação dos dejetos líquidos de suínos, possibilitando a redução do volume de água, associado ao resíduo, e maior facilidade de estocagem, transporte e distribuição desse resíduo como fertilizante agrícola.

- Dentro das doses testadas do composto à base de dejetos de suínos, a alface cultivada em base agroecológica respondeu em termos de produção às doses aplicadas no primeiro cultivo e às doses acumuladas no segundo e terceiros cultivos, mesmo o solo apresentando alta fertilidade inicial.

- As doses de 10, 20 e 40t/ha de composto aplicadas no primeiro cultivo apresentaram efeito residual sobre a produção de massa verde de alface do segundo e terceiros cultivos.

- Os teores de fósforo, potássio, matéria orgânica e zinco disponíveis no solo determinados no terceiro cultivo aumentaram em função das doses de composto acumuladas, ao passo que os teores de Cu disponível diminuíram.

- Os teores de fósforo, zinco e nitrogênio no tecido foliar da alface cultivada no terceiro cultivo aumentaram pela aplicação das doses de composto acumuladas.

- O tempo médio de recuperação do capital investido – “pay-back” efetivo “ é de 6,4 e 4,1 anos para plantéis de 200 e 300 suínos tipo terminação, respectivamente. Para plantéis menores, como o caso estudado com 84 suínos, o tempo de recuperação é de 26,5 anos.

- Com um plantel de 200 suínos é possível obter-se uma taxa interna de retorno (TIR) da ordem de 8,82% e 12,98% para horizontes de 10 e 15 anos, respectivamente. Para um plantel de 300 suínos, considerando-se esses mesmos horizontes de tempo, a TIR é de 20,31% e 23,03%, respectivamente.

## 5 Literatura citada

1. ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2.ed. New York: John Willey, 1977. 467p.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa Nº 64 de 18 de dez. de 2008. Aprova o Regulamento Técnico para os sistemas orgânico de produção animal e vegetal. *Diário Oficial da União* de 19 de dez. de 2008, seção 01, 21p.
3. DAL PRÁ, M.A.; KONZEN, E.A.; OLIVEIRA, P.A.V. de et al. *Compostagem de dejetos líquidos de suínos*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 25p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 45).
4. DAL PRÁ, M.A. *Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos*. 125f. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2006.
5. FERREIRA, V.P. *Doses e parcelamento de nitrogênio em alface*. 56f. 2002. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
6. GIROTTO, E. *Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquido de suínos*. 121f. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

7. KIEHL, E.J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 4.ed. Piracicaba: E.J. Kiehl, 2004. 173p.
8. 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).
9. KUNZ, A.; SCHIERHOLD NETO, G. F.; NUNES, L. M. A. et al. 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.
10. KUNZ, A.; BORTOLI, M.; HIGARASHI, M.M. Avaliação do manejo de diferentes substratos para compostagem de dejetos líquidos de suínos. *Acta Ambiental Catarinense*, Chapecó, v.5, n.1/2, p.7-19, 2008.
11. McBRIDE, M.B. *Environmental chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, 1994. 406p.
12. MATTIAS, J.L. *Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina*. 165f. 2006. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
13. NUNES, M.L.A. *Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos*. 117f. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
14. OLIVEIRA, P.A.V. de. *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*. Concórdia, SC: Embrapa-CNPSA, 1993. 188p. (Embrapa-CNPSA. Documentos, 27).
15. OLIVEIRA, P.A.V. de; NUNES, M.L.A.; KUNZ, A. et al. 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, 2003. p.433-434.
16. OLIVEIRA, P.A.V. de. *Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas*. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109p. (Programa Nacional de Meio Ambiente - PNMA II).
  17. OLIVEIRA, P.A.V. de; HIGARASHI, M.M. *Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos*. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, 2006. 39p. (Embrapa Suínos e Aves. Documento, 114).
  18. PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V. de.; KUNZ, A. *Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico*. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 85).
  19. PEREIRA NETO, J.T. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. *Engenharia Sanitária*, Rio de Janeiro, v.27, p.148-152, 1988.
  20. PEREIRA NETO, J.T. *Manual de compostagem processo de baixo custo*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 56p.
  21. SANTOS, M.R.S.M. dos. Contabilidade rural: um enfoque gerencial. 1991. 180p. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.
  22. SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.da; CASALI, V.W.D. et al. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.11, p.1395-1398, nov. 2001.
  23. SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. *Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante*. Florianópolis: Epagri, 1996. 46p. (Epagri. Boletim Técnico, 79).

24. SCHERER, E.E Critérios para transporte e utilização dos dejetos suínos na agricultura. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.18, n.1, p.62-67, 2005.
25. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10.ed. Porto Alegre: SBCS/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 394p.
26. SOUZA, J.L. *Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis*. Vitória: Emcapa, 1998. v.1. 189p.
27. SOUZA, J.L. *Manual de horticultura orgânica*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 560p.
28. STRAPAZZON, A.J. *Avaliação da eficiência de tratamento de dejetos de suínos, utilizando um procedimento de compostagem misto, em propriedade rural no Vale do Taquari, RS, Brasil*. 64f. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, RS, 2008.
29. STRAUCH, D. Survival of pathogenic micro-organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. *Veterinary Science and Technology*, n.10, p.813-846, 1991.
30. TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. et al. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (UFRGS. Boletim Técnico dos Solos, 5).

## ANEXO A – Empreendimento para compostagem de dejetos de dois mil suínos

Embora não seja objeto deste estudo, mas a título de ilustração, informamos que está disponível no mercado equipamentos de compostagem com capacidade para atender produtores com plantéis maiores. Na figura abaixo pode-se observar um empreendimento instalado para dois mil suínos. Para melhor funcionamento, aqui também estão sendo realizados ajustes no equipamento.



Empreendimento para compostagem de dejetos de dois mil suínos

### Agradecimento

Ao ex-pesquisador da Epagri/Ciram **Hugo Adolfo Gosmann** pela elaboração deste projeto de pesquisa e seu encaminhamento ao Prapem/Microbacias 2 onde foi aceito e financiado.