

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

“COMPOSTAGEM DE ESTERCO SUINO EM CINCO TEORES
DE UMIDADE E TRÊS SISTEMAS DE AERAÇÃO”

DÉBORA CRISTINA BOMBILIO
(Engenheira Agrônoma – UDESC)

Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção do Grau de
Mestre em Ciência do Solo

Lages (SC), Brasil
Agosto, 2005

DEBORA CRISTINA BOMBILIO
Engenheira Agrônoma – UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

“COMPOSTAGEM DE ESTERCO SUINO EM CINCO TEORES DE UMIDADE E TRÊS
SISTEMAS DE AERAÇÃO”

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de
MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

BANCA EXAMINADORA:

Dr. PAULO CEZAR CASSOL
Orientador – CAV/UDESC

Dr. JAIME ANTÔNIO ALMEIDA
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em ciência do Solo/UDESC

PhD. PEDRO A. VARELLA ESCOSTEGUY
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Dr. PAULO CEZAR CASSOL
Diretor Geral do Centro de Ciências Agro-
Veterinárias/UDESC

Dr. OSMAR KLAUBERG FILHO
CAV/UDESC

AGRADECIMENTOS

Agradecer é repartir o sucesso com aqueles que foram realmente os responsáveis por ele.

Ao meu orientador professor Dr. Paulo Cesar Cassol por sua orientação, mas principalmente por sua paciência e amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica Lílian Taís dos Santos e Rodrigo de Castilhos Costamilan, por sua dedicação e companheirismo durante a realização do experimento.

Ao professor Dr. Jaime Antonio Almeida por seu apoio que foi essencial ao meu reingresso neste curso.

Ao professor Dr. Milton Luiz de Almeida por sua orientação na realização das análises estatísticas.

A minha família, em especial ao meu marido Luiz Antônio pelo amor e incondicional estímulo recebido.

Esta conquista tem um pouco de cada um de nós, porque só Deus sabe o que vocês representam para mim.

COMPOSTAGEM DE ESTERCO DE SUÍNO EM CINCO TEORES DE UMIDADE E TRÊS SISTEMAS DE AERAÇÃO¹

Autora Débora Cristina Bombilio
Orientador Prof. Paulo Cezar Cassol

RESUMO

Entre os problemas de poluição ambiental do estado de Santa Catarina destaca-se o que é provocado pelo esterco suíno, resíduo gerado em grande quantidade nas regiões produtoras. A superação deste problema demanda formas alternativas de tratamento, visando-se a redução dos custos de armazenamento e transporte e o aprimoramento de seu uso como adubo. Neste sentido, foi realizado um experimento, em pátio descoberto, para avaliar a compostagem como método de tratamento de dejeto suíno. As unidades experimentais utilizadas foram pilhas de esterco suíno com volume de aproximadamente 60 litros, acondicionadas em caixas de madeira com a base e as laterais perfuradas. Os tratamentos caracterizaram-se pelos níveis de umidade de 55, 60, 65, 70 e 75% combinados com os sistemas de aeração: natural, revolvimento e tubos perfurados. A avaliação do processo de compostagem foi feita mediante medições da temperatura das pilhas, durante o período de teste e por atributos químicos e físicos do composto, ao final de um período de 40 dias. O processo de compostagem teve início logo após a instalação do experimento e a temperatura das pilhas de compostagem aumentou progressivamente até o terceiro dia, atingindo os valores máximos entre 40° C e 50° C, nos diferentes tratamentos. A partir do quarto até o oitavo dia, a temperatura decresceu a valores levemente superiores a do ambiente e manteve-se relativamente estável até o final. Durante a fase de maior atividade do processo de compostagem, observou-se que as pilhas que tiveram umidade igual ou menores a 65% apresentaram temperaturas entre 5° C e 10° C acima daquelas que continham umidade maior. Os sistemas de aeração não diferiram entre si em relação à temperatura atingida no processo de compostagem. O pH do composto foi menor na maior umidade e o teor de C orgânico não foi influenciado pelos tratamentos. Os resultados obtidos indicam que a compostagem de esterco suíno pode ocorrer com aeração natural, desde que a umidade situe-se em valor compatível, sendo que a intensidade do processo pode diminuir com o aumento no teor de umidade para valores acima de 65%.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Agosto, 2005.

SWINE MANURE COMPOSTING IN FIVE MOISTURE CONTENTS AND THREE AERATION SYSTEMS

Author: Debora Cristina Bombilio
Tutor: Professor Paulo Cezar Cassol

ABSTRACT

Swine manure management has been among one of the environmental pollution issues in Santa Catarina, produced in a great amount in producing areas. Overcoming this problem requires alternative ways of management strategies, aiming at reducing storage costs, transport and its use improving as a natural fertilizer. According to this, an experiment was done in an unsheltered field to evaluate composting as a method of treatment for the swine manure. The experimental units used swine manure piles with volume nearly to 60 liters, arranged in wooden bins with both bottom and sides perforated. The treatments were characterized by moisture levels of 55, 60, 65, 70 and 75 (percent –v/v) combined with aeration systems: natural, revolving and perforated pipes. The evaluation of the process was made through temperature measurements of the piles during the test period and through determinations of chemical and physical attributions of the composting, after a period of 40 days. The composting process started right after the application of the experiment and the temperature of the composting piles increased progressively until the third day, reaching maximum values between 40°C and 50°C, for different treatments. From the fourth to the eighth days, the temperature decreased, reaching values slightly higher to the room temperature and maintained relatively steady until the end. During the period of highest activity of the composting process, the piles, which had similar or lower moisture of 65%, presented temperatures between 5°C and 10°C over the ones, which presented higher moisture. The three aeration systems did not differ concerning the temperature reached in the composting process. The pH of the compost was lower in relation to the higher moisture and the organic content C was not influenced by the treatments. The results obtained indicate that swine manure composting can occur with natural aeration, since moisture has compatible values, whereas the intensity of the process can drop due to the increasing of moisture content to values over to 65%.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Agosto, 2005.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 - Caracterização e importância econômica da suinocultura catarinense.....	4
2.2 - Problemática ambiental.....	6
2.3 - Produção e características dos dejetos de suínos.....	9
2.4 - Processo de compostagem.....	12
3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 - Caracterização do Experimento.....	19
3.2 - Coleta e preparo das amostras do composto.....	21
3.3 - Medição de Temperatura.....	22
3.4 - Atributos químicos e físicos.....	23
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4.1 - Temperatura durante a compostagem.....	24
4.2 - Índice pH do composto.....	31
4.3 – Carbono orgânico.....	32
4.4 – Nitrogênio total.....	33
4.5 – Relação C/N.....	34
4.6 – Teores de fósforo, potássio e cálcio.....	35
4.7 - Teores de ferro, manganês, cobre e zinco.....	37
5 – CONCLUSÃO.....	40
6 – REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	41
7 – ANEXOS.....	45

LISTA DE TABELAS

1. Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos.....	10
2. Composição química dos dejetos de suínos em função do sistema de manejo utilizado	11
3. Valores de pH em água em composto obtido aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.....	31
4. Teores de C orgânico em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.....	33
5. Teores de nitrogênio total em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.....	34
6. Relação C/N em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem deste resíduo em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.....	35
7. Teores totais de P, K e Ca em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. Médias do efeito principal dos níveis de umidade, compreendendo 9 repetições.....	36
8. Teores de P, K e Ca em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem deste resíduo em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. Médias do efeito principal dos sistema de aeração, compreendendo 15repetições.....	36
9. Teores de Fe, Mn, Cu e Zn em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. Médias do efeito principal dos níveis de umidade, compreendendo 9 repetições.....	38

LISTA DE FIGURAS

1. Tanque contendo esterco de suíno (granja do Frigorífico Pamplona – Rio do Sul – SC).....20
2. Ilustração de caixas de acondicionamento das pilhas de esterco, destacando-se os juros laterais e os tubos perfurados utilizados como tratamento.....21
3. Pilha de composto orgânico de esterco suíno aos quarenta dias após a instalação de compostagem acondicionado em caixas de madeira.....22
4. Figura 4. Temperatura média diária do ambiente e de pilhas de compostagem de esterco de suíno em função do tempo, em cinco níveis de umidade (%). Médias de três repetições, três sistemas de aeração e dos seguintes números de leituras diárias: quatro leituras, no período de 0 ao 5º dias, três, do 6º ao 10º dias, duas, do 11º ao 15º dias e uma, a partir do 15º dias.....25
5. Figura 5. Temperatura média diária do ambiente e de pilhas de compostagem de esterco de suíno em função do tempo, em sistemas de aeração natural, por revolvimento e por canos perfurados. Médias de três repetições, cinco níveis e dos seguintes números de leituras diárias: quatro leituras, no período de 0 ao 50 dias, três, do 60 ao 100 dias, duas, do 110 ao 150 dias e uma, a partir do 150 dias.....29

LISTA DE ANEXOS

1. Esterco suíno espalhado para atingir umidade compatível ao início do experimento.....	46
2. Quarenta e cinco unidades experimentais.....	46
3. Hidratação do esterco suíno.....	46
4. Tubos perfurados.....	47
5. Tratamento de aeração por revolvimento.....	47
6. Temperatura diária de compostagem de esterco de suíno em cinco níveis de umidade. Médias de três repetições, três sistemas de aeração e de quatro leituras diárias, de 0 a 5 dias, três de 5 a 10 , duas de 10 a 15 e um a partir do 15º dia.....	48
7. Variação média diária de temperatura do composto suíno com diferentes meios de aeração.....	48

1 - INTRODUÇÃO

A produção de suínos em Santa Catarina é realizada, principalmente, em pequenas propriedades rurais e tem ocasionado acentuada poluição ambiental nas regiões produtoras, devido ao grande volume de dejetos que são gerados diariamente e geralmente são manejados e descartados de modo inadequado. Nas principais regiões produtoras, as reservas de água superficial e subterrânea estão sendo comprometidas pela contaminação bacteriológica e química resultante do lançamento dos dejetos no solo ou nos cursos d'água sem tratamento.

Entretanto, o esterco suíno, pode ser transformado em fertilizante orgânico estabilizado, com propriedades especiais, diferentes das dejeções frescas e das que são acondicionadas em esterqueiras ou digestores em estado líquido. Isto ocorre quando ele é submetido a um processo microbiológico aeróbico termofílico de decomposição do substrato orgânico, conhecido como compostagem, que resulta num material humificado, estabilizado ou curado, referido como composto orgânico. Na compostagem, os microrganismos aeróbios usam a matéria orgânica como substrato, formando como subproduto o composto que é constituído de materiais mineralizados e substâncias húmidas que podem ser manejadas, armazenadas e, ou aplicadas ao solo sem afetar adversamente o ambiente.

Na compostagem ocorre o desenvolvimento de atividade microbiana termofílica que, geralmente, atingem temperatura em torno de 55°C, podendo chegar a 65° C, caracterizando-se

pelo desenvolvimento de população microbiana diversificada, pelo aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica e possibilitando a eliminação de microorganismos patogênicos e a quebra de vitalidade de sementes de ervas invasoras, ovos de parasitas e larvas de insetos.

O conhecimento acumulado sobre o assunto indica que a faixa de umidade mais favorável à compostagem está entre 40 a 60%, onde a água, que é imprescindível para o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo, e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem, está em quantidade que não compromete o fluxo de O₂ e o aquecimento da pilha, fatores também são imprescindíveis ao processo. O teor de umidade mais favorável depende da capacidade de aeração da massa de compostagem, das características físicas do material, como porosidade e estrutura, e da necessidade de satisfazer as demandas nutricionais dos microorganismos. Altos teores (> 65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios da massa de compostagem impedindo a passagem de oxigênio, o que poderá causar anaerobiose do meio. Teores de umidade baixos (< 40%), inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização. Em caso de falta, a água pode ser adicionada uniformemente sobre o material em compostagem e em caso de excesso, materiais absorventes como palhas, camas, serragens e maravalha devem ser incorporadas em níveis suficientes para a adequação do teor de umidade. Acredita-se que quando o teor de umidade supera 75%, o processo de compostagem geralmente não atinge temperaturas adequadas.

A compostagem pode ser uma alternativa vantajosa para o tratamento e posterior destinação dos dejetos de suínos, permitindo-se a eliminação do mau odor, a redução do volume de água associado ao resíduo e maior facilidade para estocagem, transporte e distribuição deste resíduo como fertilizante no solo. Porém, para implementação desta prática, há necessidade de serem determinados os teores de umidade mais adequados ao método de aeração empregado.

Neste trabalho, estudou-se a compostagem como método alternativo de tratamento dos dejetos suínos, que seja adaptado ao uso nas unidades de produção, principalmente dos pequenos produtores, visando-se determinar o teor de umidade adequado para o processo em sistemas de aeração natural, por dutos perfurados e por revolvimento.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Caracterização e importância econômica da suinocultura catarinense

No estado de Santa Catarina existem cerca de 178 mil estabelecimentos que desenvolvem atividades agrícolas, sendo que aproximadamente 101 mil destes estabelecimentos encontram-se nos grupos de 10 a 50 hectares, dado que caracteriza a predominância de pequenas propriedades (Instituto CEPA/SC, 1993). O Serviço de Extensão Rural de Santa Catarina estima que cerca de 50.000 famílias tenham na suinocultura sua principal fonte de renda, enquanto que no setor industrial cerca de 17 frigoríficos dependem do fornecimento de suínos produzidos no estado (Goulart, 1997).

Santa Catarina possui tradição na criação de suínos, atividade introduzida principalmente a partir da ocupação do território estadual por imigrantes europeus e seus descendentes. A suinocultura foi inicialmente introduzida na região do Vale do Itajaí, em 1850, como produção de subsistência realizada pelos imigrantes alemães que ali se instalaram. A partir de 1877, houve uma acentuação da imigração de italianos para o sul do estado, imigrantes estes basicamente de origem

rural e que passaram a produzir feijão, milho, cana, trigo e uva. Nessa época desenvolveu-se também a pecuária, em especial a suinocultura, voltada a exploração da banha (CEAG/SC, 1980).

Cunha (1982) observa que a partir de 1925 houve uma gradual transferência da produção agropecuária da zona Litorânea e para o interior do estado, deslocando seu eixo do Vale do Itajaí e do Sul, que até 1919 predominavam na agricultura e suinocultura catarinenses. Na década de 40 fundam-se, no Vale do Rio do Peixe e Oeste do Estado, as indústrias de derivados de animal (suínos e aves), como a Perdigão (1940) e a Sadia (1942). A partir da década de 50 esta tendência à produção primária e aos complexos agroindustriais confirma-se nas regiões Oeste e Vale do Rio do Peixe (CEAG/SC, 1980).

Atualmente, a mesorregião Oeste apresenta o maior rebanho suíno do Estado, com 66,55% do efetivo. É também nesta área que se concentram a produção agroindustrial, com o maior número de frigoríficos entre os existentes em Santa Catarina. Os animais produzidos para abate são animais desenvolvidos para a produção de carne, com predomínio das raças Landrace, Large White, Duroc e seus cruzamentos. A suinocultura é uma atividade fundamental para o estado de Santa Catarina, não só em termos econômicos como também sociais.

Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), que vem desenvolvendo o registro genealógico de reprodutores de suínos (Pig book), Santa Catarina é o estado com maior número de reprodutores puros de origem e híbridos inscritos, atingindo 46,84% dos registros efetuados no país. Este fato evidencia o alto potencial genético do rebanho catarinense, o que denota o nível tecnológico da exploração suinícola no estado.

Segundo Albuquerque (1995), a carne suína é a proteína animal mais produzida e consumida em todo o mundo. Mais de 70 milhões de toneladas são comercializadas anualmente, contra menos de 50 milhões de toneladas de carne bovina e pouco mais de 30 milhões de carne de

frango. Porém, no Brasil, as estatísticas são desfavoráveis em relação às outras carnes. De uma receita total de US\$ 30 bilhões/ano, a suinocultura participa com cerca de US\$ 4 bilhões/ano, especialmente com a oferta de industrializados de maior valor agregado. As estatísticas das entidades de classe mostram que cerca de 70% de toda a carne suína produzida no Brasil são transformadas em embutidos. Esta situação tem induzido os criadores a colocar na rua uma campanha de marketing para incentivar o consumo de carne suína “in natura”.

A importância da atividade suinícola no contexto nacional reside não somente na quantidade de produtores envolvidos, como também no volume de empregos diretos e indiretos gerados. A cadeia produtiva da suinocultura em Santa Catarina emprega 150 mil pessoas, desde o campo até a distribuição dos produtos industrializados, e é responsável pela manutenção de 500 mil catarinenses, movimentando cerca de R\$ 3 bilhões por ano (FAESC, 2003).

O estado de Santa Catarina apresenta hoje uma produção de 4,5 milhões de cabeças, representando 16% do rebanho nacional, rebanho que gera em torno de 40 mil toneladas de dejetos/dia (FAESC, 2003).

O desenvolvimento da suinocultura é um importante fator de crescimento econômico nacional, trazendo efeitos multiplicadores de renda e emprego em vários setores da economia, aumentando a demanda em insumos agropecuários e a expansão e modernização dos setores de comercialização e agroindústrias.

2.2 - Problemática ambiental

A crescente tendência para a adoção de sistemas confinados de suínos em Santa Catarina, tem produzido quantidades cada vez maiores de dejetos, onde a inadequação do manejo e

armazenamento, induzem ao seu lançamento em rios e cursos d'água naturais (Oliveira et al, 1993).

O lançamento de grandes quantidades de dejeções em rios e lagos pode ocasionar problemas de desequilíbrios ecológicos e poluição resultantes da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, devido à alta demanda bioquímica do oxigênio (DBO) e da carga orgânica (Oliveira et al, 1993).

Até a década de 70, os dejetos de suínos não se constituíam em foco de preocupação, pois o rebanho era substancialmente menor do que o atual e as unidades de produção eram menores e dispersas. Com isto, as áreas de solo onde eram depositados estes materiais tinham a capacidade de absorvê-los, permitindo sua utilização como adubo orgânico (Oliveira et al, 1993).

O aumento no tamanho e no número de unidades de produção animal reduziu a disponibilidade de áreas de aplicação de esterco por granja produtora, induzindo o aumento no impacto ambiental (Adeola, 1999).

A situação dos recursos hídricos superficiais catarinenses tem despertado grandes preocupações, tanto aos órgãos estaduais, responsáveis pela qualidade do meio ambiente e saúde pública, bem como à população em geral. O desmatamento irracional e não controlado tem diminuído consideravelmente o caudal dos mananciais, prejudicando o atendimento à demanda, principalmente nos períodos de estiagem (Oliveira et al, 1993).

Já em termos de qualidade desses mananciais, segundo a Fundação de Amparo a Tecnologia e Meio Ambiente – FATMA, 80% destes recursos no território catarinense encontram-se seriamente comprometidos em decorrência da degradação ambiental, ocasionada tanto por, ação antropogênica decorrentes do lançamento de esgotos sanitários urbanos, dejetos de animais,

efluentes industriais e pelo excesso ou mau uso de fertilizantes e agrotóxicos, como por fatores naturais, como a erosão (SEDUMA, 1990).

Dentre os fatores de degradação da qualidade dos mananciais destacam-se os subprodutos originados da criação de animais confinados, mais especificamente da atividade suinícola, pois da avicultura, devido as suas propriedades e preço obtido no mercado, em relação aos insumos químicos, os dejetos são rapidamente comercializados (SEDUMA, 1990).

A contaminação dos mananciais não fica restrita apenas ao município onde são lançados os dejetos, uma vez que esses mananciais muitas vezes atravessam vários municípios, no seu trajeto da nascente até a foz. É comum que um município capte a água já poluída, advinda de outro, para utilizá-la no abastecimento público de sua população. As estações de tratamento de água da região não possuem tecnologia suficiente para uma efetiva descontaminação das águas, as quais podem conter microrganismos patogênicos e substâncias químicas tóxicas ao homem (Costa, 1997).

Quando o esterco líquido é aplicado em grandes quantidades no solo, ou armazenados em lagoas sem revestimento impermeabilizante, durante vários anos, poderá ocorrer sobrecarga da capacidade de filtração do solo e retenção dos nutrientes do esterco. Quando isto acontece, alguns destes nutrientes podem atingir as águas subterrâneas ou superficiais, acarretando grandes problemas de contaminação. O fósforo contido nos estercos difunde-se mais rapidamente, em solos arenosos que o contido nos fertilizantes comerciais, pois a matéria orgânica do esterco favorece a solubilização dos fosfatos. Por outro lado, em solos argilosos isto não ocorre. Embora nesses solos, o movimento vertical do P orgânico é maior que do P mineral, isso é insignificante e jamais causa problemas de contaminação em águas subterrâneas profundas (Oliveira et al, 1993).

Embora o acúmulo de fosfato ocorra nas camadas inferiores do solo este não tem sido identificado no lençol freático. A aplicação permanente de esterco líquido excessivamente diluído, ou a precipitação constante, após a aplicação do esterco, acelera o carreamento dos nutrientes para as camadas inferiores do solo. Outro nutriente que precisa ser considerado sob o aspecto ambiental é o nitrato. Os teores de nitrato detectados no lençol freático de terras tratadas com altos níveis de esterco líquido durante vários anos ($160\text{ m}^3/\text{ha}$) foram dez vezes maiores que os encontrados nas terras não tratadas (Oliveira et al, 1993).

Além dos problemas de contaminação do solo e das águas, a população dos municípios produtores de suínos convive há muitos anos com problemas ambientais, tais como: proliferação de moscas, borrachudos, mosquitos, maus odores e erosão dos solos. Esta última responsável por milhões de toneladas de solo fértil que chegam aos rios causando seu assoreamento e também a desertificação de extensas áreas produtivas. Estes problemas ambientais, aliados aos problemas econômicos da produção, intensificam o êxodo rural, o desemprego no setor agrícola, a descapitalização de setor primário e, consequentemente, o empobrecimento da região (Stallbaum, 1994).

2.3 - Produção e características dos dejetos de suínos

A quantidade de excrementos produzidos diariamente por suíno e o teor de umidade dos seus dejetos variam de acordo com o desenvolvimento corporal dos suínos, o tipo de alimentação, a quantidade de água ingerida, a estação do ano e a quantidade de água adicionada na higiênização das baías (Silva, 1973; Andreadakis, 1992). Para suínos nas fases de crescimento e terminação (25 a 100 kg) é produzido um volume de dejetos de 7 litros/suíno/dia, sendo que esse volume decresce

à medida que aumenta o número de animais. Oliveira et al (1993) observam produção média de dejetos líquidos de 8,6 litros/suíno/dia nas diferentes fases de produção. Sevrin-Reyssac et al (1995) apresentam valores compreendidos entre 5,7 e 7,6 litros/suíno/dia para suínos em uma faixa de peso de 57 a 97 kg, lembrando que este volume de dejetos produzidos compreende entre 10 e 8% do peso vivo do animal (Tabela 1).

Tabela 1. Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos

Categoria	Esterco	Esterco	Dejetos	Estrutura para estocagem	
	kg/dia	+ Urina kg/dia	Líquidos L/dia	Esterco + Urina	m ³ /animais/mês
25 a 100 kg	2.30	4.90	7.00	0.16	0.25
Cobrição e gestante	3.60	11.00	16.00	0.34	0.48
Porca em lactação com leitões	6.40	18.00	27.00	0.52	0.81
Macho	3.00	6.00	9.00	0.18	0.28
Leitões	0.35	0.95	1.40	0.04	0.05
Média	2.35	5.80	8.60	0.17	0.27

FONTE: Oliveira et al (1993).

A composição dos dejetos animais está associada à alimentação e ao sistema de manejo adotado. Os dejetos podem apresentar grandes variações na concentração de seus componentes, dependendo da diluição, tipo de alimentação e da modalidade como são manuseados e armazenados. O volume total dos dejetos, na forma líquida, de um sistema de criação, depende da quantidade de água desperdiçada pelos bebedouros e do volume de água utilizado na higienização das edificações e dos animais. O uso da água tem como finalidade diluir a concentração de fezes e

urinas produzidas recentemente e tratá-las como resíduos líquidos, acarretando com isso um volume maior de resíduo a ser tratado podendo dificultar o tratamento (Oliveira et al, 1993).

Para um sistema de uso mínimo de água de limpeza, pode-se considerar um gasto de 3,50 litros por suíno/dia, nas fases de crescimento e terminação (Oliveira et al, 1993). Os valores do consumo diário de água por suíno variam amplamente em função de sua categoria e condições de criação e do clima (Barbari e Rossi, 1992).

Várias pesquisas mostram que a quantidade de dejetos produzidos por suínos diariamente é uma questão de manejo, podendo ser reduzida através da instalação de bebedouros que acabam com os desperdícios ou pelo tipo de processo produtivo (Oliveira et al, 1993).

A tabela 2 apresenta a composição química dos dejetos de suínos em função do sistema de manejo utilizado.

Tabela 2 – Composição química de dejetos de suínos, em função do sistema de manejo utilizado

Sistema de manejo	Matéria seca (%)	kg/tonelada de dejetos		
		N Total	P ₂ O ₅	K ₂ O
Esterco sem cama	18	4,54	4,08	3,63
Esterco com cama	18	3,63	3,17	3,63
Liquame de fossa de retenção	4	4,08	3,06	2,15
Liquame de tanque oxidação	2,5	2,72	3,06	2,15
Líquido de lagoa	1	0,45	0,23	0,45

FONTE: Oliveira (1993)

O “liquame”, expressão adaptada do idioma italiano, é um líquido muito concentrado em matérias em suspensão e rico em elementos fertilizantes, principalmente em nitrogênio amoniacal, que constitui cerca de 80% do nitrogênio total presente. Este líquido é resultado da mistura das

fezes e urina dos animais, das águas de lavagens das baias, resíduos de papel e plásticos, pêlos de animais e restos de comidas.

A composição dos dejetos varia grandemente em função da quantidade de água que o acompanha, tipo de alimentação e idade dos animais (Oliveira et al, 1993). Segundo Kiehl (1985), a composição dos estercos é variável, sendo influenciada por vários fatores como espécie animal, raça, idade, alimentação, material utilizado como cama e tratamento dado à matéria-prima-esterco.

Entre os fatores apontados, os que mais podem sofrer a interferência do criador são a qualidade de alimentos, pois quanto mais rica em nutrientes for a alimentação, mais ricas serão as dejeções. Em média, da quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio ingerida pelos animais adultos, 80% são eliminados, sendo a matéria orgânica dos alimentos assimilada em apenas 40% do total ingerido. Portanto, os animais alimentados com rações concentradas produzem estrumes mais ricos que os criados no pasto ou com apenas capins-de-corte. Os animais jovens aproveitam melhor a alimentação, retendo cerca de 50% do que ingerem e produzindo esterco com menor concentração de nutrientes (Oliveira et al, 1993).

A presença de patógenos é outro fator de grande preocupação, pois, pode haver transmissão de doenças para as criações animais, como também, para o homem. Faz-se necessário a eliminação máxima destes patógenos para que o depósito possa ser utilizado com segurança em lavouras de produção de alimentos, caso contrário seu uso deve ser restrito, afim de não causar problemas de contaminação do solo e plantas.

Os odores causados também aumentam a poluição do ar e diminuem a qualidade de vida da população (Kao, 1993). A compostagem tem se mostrado eficiente no controle, tanto de patógenos, quanto dos odores, dois inconvenientes do uso de dejetos animais (Kiehl, 1998).

2.4 - Processo de compostagem

Os tratamentos convencionais de digestão anaeróbica de resíduos reduzem o seu potencial poluente, mas geralmente são necessárias técnicas especiais e uma grande área, além de apresentarem elevado custo e de produzirem grande quantidade de efluentes e sedimentos de dejetos e problemas de odor (Kao, 1993). Assim, considera-se necessário o desenvolvimento de sistemas de tratamento de dejetos que sejam adequados e que levem em consideração a realidade cultural e econômica dos criadores e as características da suinocultura e da agricultura praticada nas propriedades agrícolas (Perdomo, 1996). A compostagem é um processo que pode ser usado tratando da fração sólida do dejetos, reduzindo o seu volume e aumentando sua eficiência como fertilizante, eliminando odores e gerando um produto final de fácil manipulação e uso.

Segundo Kiehl (1998), a palavra composto vem de muito tempo sendo utilizada para designar o fertilizante orgânico preparado pelo amontoamento de restos animais e vegetais, ricos em substâncias nitrogenadas, misturados com outros resíduos vegetais pobres em nitrogênio e ricos em carbono. A mistura tem por finalidade sujeitá-los a um processo de compostagem que conduza essas matérias-primas, por processo de decomposição microbiológica, ao estado de parcial ou total humificação. O composto é resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica de matérias orgânicas, transformadas em um produto mais estável e aproveitável como fertilizante (Kiehl, 1998). O mesmo autor cita que o vocábulo “compost” deu origem à palavra composto, para indicar o fertilizante, e aos termos compostar e compostagem, para a ação ou ato de preparar o adubo. Portanto, a compostagem é uma técnica idealizada para obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica.

No processo de compostagem, a atividade microbiológica atinge alta intensidade, provocando a elevação da temperatura no interior das leiras, chegando 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, 1998). O consumo de oxigênio por grama de matéria orgânica volátil reflete o grau de atividade de um composto, sendo acompanhado pela produção de gás carbônico. A determinação do CO₂ produzido é mais simples do que a de oxigênio consumido e pode ser feita com o aparelho denominado respirômetro, que mede a quantidade de gás carbônico desprendido da amostra, sendo este também um método eficaz para determinação do grau de maturação do composto (Kiehl, 1998).

A metodologia da compostagem consiste em se criar condições e dispor, em local adequado, as matérias-primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, especialmente, que contenham relação C/N favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, para que sejam digeridas (Peixoto, 1981). Segundo Kiehl (1998), o acompanhamento da relação C/N durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a relação C/N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja transformou-se em produto acabado ou humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1.

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (aneróbio). Quando há disponibilidade de oxigênio livre, predominam microorganismos aeróbios, sendo os agentes mais destacados os fungos, bactérias e actinomicetos (Peixoto, 1981). Conforme citado por este autor, o processo anaeróbio tem o inconveniente da liberação de mau cheiro, devido a não liberação completa do nitrogênio aminado

como amônia, com a consequente formação de aminas incompletas, mau cheirosas, as quais devem ser oxidadas para perder esta característica.

Uma compostagem mau conduzida pode levar a oxidação anaeróbia, acompanhada de putrefação e mau cheiro eliminado na atmosfera, na forma de gás ácido sulfídrico, mercaptanas (dimetildisulfeto, dimetilsulfeto, metilmercaptanas) e outros produtos contendo enxofre, todos com cheiro de ovo podre (Kiehl, 1998). Segundo o mesmo autor, o processo aeróbio é caracterizado pela alta temperatura desenvolvida no composto, pelo menor tempo de degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxidação e oxigenação que se dão no processo, conduzindo o substrato a ter no final um pH em torno de 7,0. O odor desagradável pode ser reduzido por revolvimento da leira, ou por outro meio de aeração, transformando o processo de anaeróbio para aeróbio.

Na prática da compostagem, a aeração é o fator mais importante a ser considerado, sendo que quanto mais úmidas estiverem as matérias-primas mais deficientes será sua oxigenação, determinando que providências sejam tomadas para reduzir a umidade. No pátio de compostagem a aeração pode ser realizada por revolvimento das leiras, ou por insuflação ou aspiração do ar contido nos vazios da massa. Neste último caso, se o ar for simplesmente insuflado pela base, ao atingir a região superior da leira estará mais frio, causando condensação, diminuição de temperatura e aumento de umidade. Ao contrário, se o ar for aspirado pela parte inferior, a camada úmida e fria se localizará na base da leira (Kiehl, 1998). Neste caso, pode-se adotar uma alternância, ou seja, ora o ar será insuflado, ora será aspirado. O método do revolvimento das leiras tem a característica positiva de renovar o ar, evitando acúmulo de gás carbônico que quando em excesso pode levar o processo a tornar-se anaeróbio (Pereira Neto, 1989).

O estudo dos processos de aeração são baseados na concentração de oxigênio, na temperatura e na umidade da leira. Haug (1980) relatou que nas leiras de composto, a quantidade

de ar necessária para suprimento de oxigênio é significativamente maior do que o fornecido por revolvimentos mecânicos periódicos, mesmo se praticados diariamente. Desta maneira a aeração é fato primordial para o sucesso do processo de compostagem e saber atender as necessidades de aeração da massa de compostagem é fator imprescindível para definir criteriosamente o ciclo de aeração a ser fornecido durante o processo (Golueke, 1981).

Os fatores umidade e temperatura interagem na compostagem e condicionam a eficiência do processo de aeração. Revolvimentos mais freqüentes, com a finalidade de reduzir a umidade, podem levar a uma queda de temperatura da leira a valores indesejáveis, sugerindo que leiras com baixas temperaturas não devem ser revolvidas até que recuperem o calor perdido (Kiehl, 1998).

A compostagem moderna está baseada na garantia do desenvolvimento de temperaturas termofílicas, controladas na faixa de 55° C, o que garante uma série de vantagens, como o desenvolvimento de uma população microbiana diversificada (Pereira Neto, 1989; Golueke, 1991; Villani, 1992), elevada taxa de decomposição da matéria orgânica (Pereira Neto, 1989; Villani, 1992), eliminação de microrganismos patogênicos (Zucconi, 1991; Villani, 1992) e eliminação de sementes de ervas daninhas, ovos de parasitas e lavras de insetos (Kiehl, 1985; Zucconi, 1991; Villani, 1992).

A decomposição da matéria orgânica também depende da umidade para garantir a atividade microbiológica. Isso porque, entre outros fatores, a estrutura dos microrganismos consiste de aproximadamente 90% de água. Para a produção de novas células, a água precisa ser obtida do meio, no caso, da massa de compostagem. Além disso, todo o nutriente necessário para o desenvolvimento celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (Alexander, 1977).

A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40 a 60%, principalmente durante a fase inicial, pois é necessário que exista um adequado suprimento

de água para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem (Merkel, 1981). Na prática, a umidade ideal deve ser determinada com base na capacidade de aeração da massa de compostagem, se manual ou mecânica, nas características físicas, como porosidade, estrutura do material e na necessidade de satisfazer a demanda microbiológica (Pereira Neto, 1989). Quando a umidade é excessiva a água ocupe os espaços vazios da massa de compostagem impedindo a passagem do oxigênio, o que poderá causar anaerobiose do meio. Porém, teores de umidade baixos, menores do que 40%, inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização (Pereira Neto, 1987). Em caso de falta de água, pode-se adicioná-la uniformemente sobre o material em compostagem e em caso de seu excesso, pode-se misturar materiais absorventes, como palhas, camas e serragens ou maravalhas, sendo que quando a umidade for maior do que 75%, o processo de compostagem não atingirá temperaturas adequadas (Marriel et al., 1987).

A separação mecanica da fração sólida do esterco suíno, geralmente, ainda mantém o produto com excesso de umidade, o que pode ser desfavorável à compostagem do esterco puro. Para absorver umidade e favorecer a aeração, visando-se a eficiência do processo de compostagem, pode-se misturar ao dejeto materiais condicionadores, como palhas, serragens, maravalhas, ou outro material orgânico de baixa umidade (Georgacakis et al., 1996; Santos, 2002).

Lo et al (1993) observaram que as pilhas de compostagem com esterco sólido suíno sem qualquer agente de volume permaneceram durante mais tempo em condições termófilas que as pilhas com agentes de volume. O fato do esterco compostado individualmente reagir melhor que quando misturado com agentes de volume foi atribuído à eficiência do separador de sólidos e líquidos empregado naquele caso, que resultou em fibras de sólidos homogêneos com teor de umidade entre 73% e 82%, mais favoráveis à compostagem do que o dejeto líquido de suíno. Um dos

motivos que pode justificar a utilização de agentes de volume é que estes possibilitam a obtenção de características favoráveis, como densidade baixa, menor do que 500 kg m⁻³, e porosidade elevada, maior do que 90%, na mistura total, o que mantém a uniformidade da distribuição de ar dentro da pilha de compostagem. Os agentes de volume também servem como condutores de ar e aliviam a necessidade de aeração forçada. O composto feito unicamente de esterco geralmente tem menor teor de carbono do que aqueles que incluem agentes de volume, como palhas de lavouras ou maravalha, que apresentam teor de carbono acima de 30% (Kiehl, 1998).

A maturidade do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus. Para uso agrícola, o composto deve ter características físicas e químicas que facilitem o seu uso como fertilizante e condicionador de solos, não podendo conter contaminação com metais pesados ou patógenos, pois neste caso, somente poderá ser empregado na adubação de plantas ornamentais e flores (Kiehl, 1998). Segundo este autor, pela facilidade de se medir, a temperatura é o parâmetro mais indicado para acompanhar a maturação do composto no decorrer da compostagem, pois acompanha o consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico, sendo um parâmetro satisfatório para determinar o grau de maturação do material.

Para conhecimento do valor fertilizante ou nutricional às plantas de um composto, indica-se sua análise química, determinando-se a concentração contida de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas (Kiehl, 1998).

Os compostos de dejetos animais geralmente apresentam índice de pH neutro ou levemente alcalino, entre 7,0 e 8,0 (Cassol et al., 1994). Os microorganismos que atuam na compostagem têm como faixa ótima de desenvolvimento pH entre 6,5 a 8,0, portanto, quando bem conduzida, a compostagem não apresenta problemas relacionados ao controle de pH (Peixoto, 1988). Na compostagem, inicialmente, atuam microorganismos que metabolizam o nitrogênio

orgânico transformando-o em nitrogênio amoniacal e com o decorrer da decomposição, a amônia pode ser perdida por volatilização ou convertida à forma de nitratos, pela nitrificação, fenômeno que é acidificante e contribui para que o composto maturado seja mais ácido do que o material original. Porém, se houver condições de anaerobiose, o nitrato será perdido por denitrificação e este fenômeno tem efeito alcalinizante (Oliveira et al, 1993).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Caracterização do experimento

O experimento foi implantado e executado no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), em Lages, SC, durante o período de agosto a novembro de 2003 e caracterizou-se pela avaliação, em escala piloto, da compostagem de esterco de suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. O esterco usado foi coletado na granja de produção de suínos do Frigorífico Pamplona, em Rio do Sul, SC. O material estava depositado em um leito de secagem para retirada do excesso de água (Figura 1), o que determinou sua escolha para a realização deste trabalho. O esterco coletado continha em torno de 70% de umidade, permitindo sua rápida secagem até o teor de umidade de 55% que foi o nível mínimo de umidade testado no experimento.

O esterco coletado foi inicialmente espalhado, com o objetivo de reduzir sua umidade até 55%. Os tratamentos empregados consistiram nos teores de umidade de 55%, 60%, 65%, 70% e 75%, combinados em fatorial completo, com três sistemas de aeração: natural, revolvimento manual e tubos perfurados, totalizando 15 tratamentos que foram arranjados em blocos casualizados. Os tratamentos foram aplicados em três repetições, perfazendo um total de 45 unidades experimentais, conforme ilustrado no apêndice 1.



Figura 1. Tanque de drenagem de esterco empregado em granja de produção de suínos do município de Rio do Sul SC

As unidades experimentais caracterizaram-se por pilhas de esterco de suíno acondicionadas em caixas de madeira confeccionadas com compensado naval de 20mm de espessura (figura 2). As dimensões externas das caixas foram de 40cm x 40cm x 40cm. Nas faces laterais e do fundo das caixas foram feitas perfurações para permitir o fluxo de gases.

O esterco foi previamente submetido a um processo de redução de umidade e, na implantação do experimento, foi novamente hidratado até os teores de umidade definidos para os diversos tratamentos, sendo misturado com enxada, conforme ilustrado no apêndice 2. A seguir, o material foi acondicionado nas caixas evitando-se compactação, sendo os tratamentos distribuídos de maneira aleatória dentro de cada bloco.

Logo após serem acondicionadas nas caixas, as pilhas de esterco foram cobertas com palhas de gramíneas secas, para evitar o ressecamento da superfície. Durante as chuvas, as unidades experimentais foram cobertas com telhas de material acrílico colocadas a uma altura de aproximadamente 20 cm acima da superfície das pilhas. O processo de aeração com tubos perfurados caracterizou-se por unidades experimentais contendo três canos de PVC perfurados, atravessando as

pilhas de esterco na altura de 15 cm da base dos caixotes, visando aumentar a difusão de ar para o interior das pilhas (Figura 2).



Figura 2. Ilustração das caixas de acondicionamento das pilhas de esterco, destacando-se os furos laterais e os tubos perfurados.

Nos tratamentos com revolvimento, seguiu-se o seguinte cronograma: na primeira semana, o mesmo foi feito a cada 2 dias; na segunda, a cada 4 dias; na terceira, a cada 6 dias; na quarta, a cada 8 dias; e, posteriormente, a cada 10 dias. O revolvimento consistiu em retirar o material da caixa, tombando-o sobre uma lona, sendo efetuadas duas operações de virada: uma para um lado com retorno e outra para o lado oposto com retorno e, em seguida, o material foi recolocado na caixa.

3.2 - Coleta e preparo das amostras do composto

As amostras foram coletadas no final do experimento 40 dias após a instalação, retirando-se porções de aproximadamente 100g do composto, de cada unidade experimental, mediante

quarteações sucessivas do material, desprezando-se as camadas de 10 cm superior e inferior da caixa (Figura 3). O material coletado foi homogeneizado e embalado em bandejas de alumínio previamente pesadas, recebendo etiquetas de identificação e levadas à estufa, onde as amostras foram secas a 65° C, durante 48 horas. Após, estas amostras foram trituradas em moinhos de bolas para atingirem diâmetro de partículas menores do que 2mm e acondicionados em sacos plásticos etiquetados.



Figura 3. Pilha de composto orgânico de esterco de suíno aos quarenta dias de compostagem.

3.3 - Medição de temperatura

A temperatura, como principal indicativo de ocorrência e evolução do processo de compostagem, foi medida com termômetro eletrônico digital, tendo-se inserido o sensor na parte central das pilhas, através de um tubo de polietileno com diâmetro de 1 cm, o qual foi implantado na montagem das unidades experimentais, conforme ilustrado na figura 3.

As temperaturas das caixas de compostagem foram medidas nos seguintes intervalos de tempo: a cada 6 horas do primeiro ao quinto dia; a cada 8 horas do sexto ao décimo dia; a cada 12 horas do décimo primeiro ao décimo quinto dia e a partir deste dia, a cada 24 horas.

3.4 - Atributos químicos

No composto obtido após 40 dias da instalação do experimento, foram determinados o pH em água e os teores de matéria seca, C orgânico, N, P, K, Ca, Fe, Zn, Mn e Cu. O pH foi determinado em potenciômetro, numa suspensão contendo o composto de esterco e água destilada em relação 1:5, respectivamente. A matéria seca foi determinada após secagem dos materiais em estufa à temperatura de 65° C com ventilação forçada. O C orgânico foi determinado pelo método Walkey-Black. Os elementos N, P, K, Ca foram determinados após digestão úmida, com ácido sulfúrico e água oxigenada em bloco digestor, à temperatura de aproximadamente de 350° C. O nitrogênio foi determinado por destilação de amônia em vapor pelo método semi-micro-Kjeldahl. O P foi determinado por fotometria de chama e o Ca por espectrofotometria de absorção atômica. Os elementos Fe, Zn, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão nítrico – perclórica. Os procedimentos destas análises foram descritos em detalhes por Tedesco et al (1995).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Temperatura

Nas horas que se seguiram à instalação do experimento, a temperatura (T) passou a subir (Figura 4), indicando que o processo de compostagem teve início. A temperatura é o principal indicador da atividade microbiológica na compostagem, pois a sua elevação, atingindo valores de até 65°C, decorre da geração de calor pela atividade microbiológica durante o processo de oxidação da matéria orgânica (Kiehl, 1998). A elevação da temperatura deu-se nas primeiras horas de instalação, o que pode ser explicado pelo fato do esterco suíno ser um material rico em matéria orgânica, facilmente degradável, e também, porque se possibilitou condições de aeração e umidades favoráveis a decomposição. Estas condições são resultado da secagem prévia do esterco suíno, que foi rápida, evitando a degradação das substâncias orgânicas simples por processos acelerados de decomposição aeróbia ou anaeróbia.

A figura 4 retrata a variação da T média das leituras, avaliadas em cada dia do experimento, nos diversos níveis de umidade e independentemente do sistema de aeração. A T elevou-se mais rápido nos tratamentos com nível de umidade de 65% ou menor, tendo nesses tratamentos, atingindo valores mais elevados de T máxima, chegando no terceiro dia a T entre 40 e 45° C. Estes tratamentos manifestaram valores de T superiores aos demais em todo o período de ocorrência de atividade termofílica, que perdurou do primeiro ao sexto dias, após a instalação do

experimento. A T mais elevada nos tratamentos que receberam umidade igual ou menor que 65º C é atribuída ao maior fluxo de oxigênio para o interior das pilhas, já que com menos água ocupando a porosidade da massa em compostagem, principalmente, os macroporos permanecem com ar e neste meio o fluxo de O₂ é aproximadamente 10 vezes maior que o fluxo deste gás na água (Alexander, 1977).

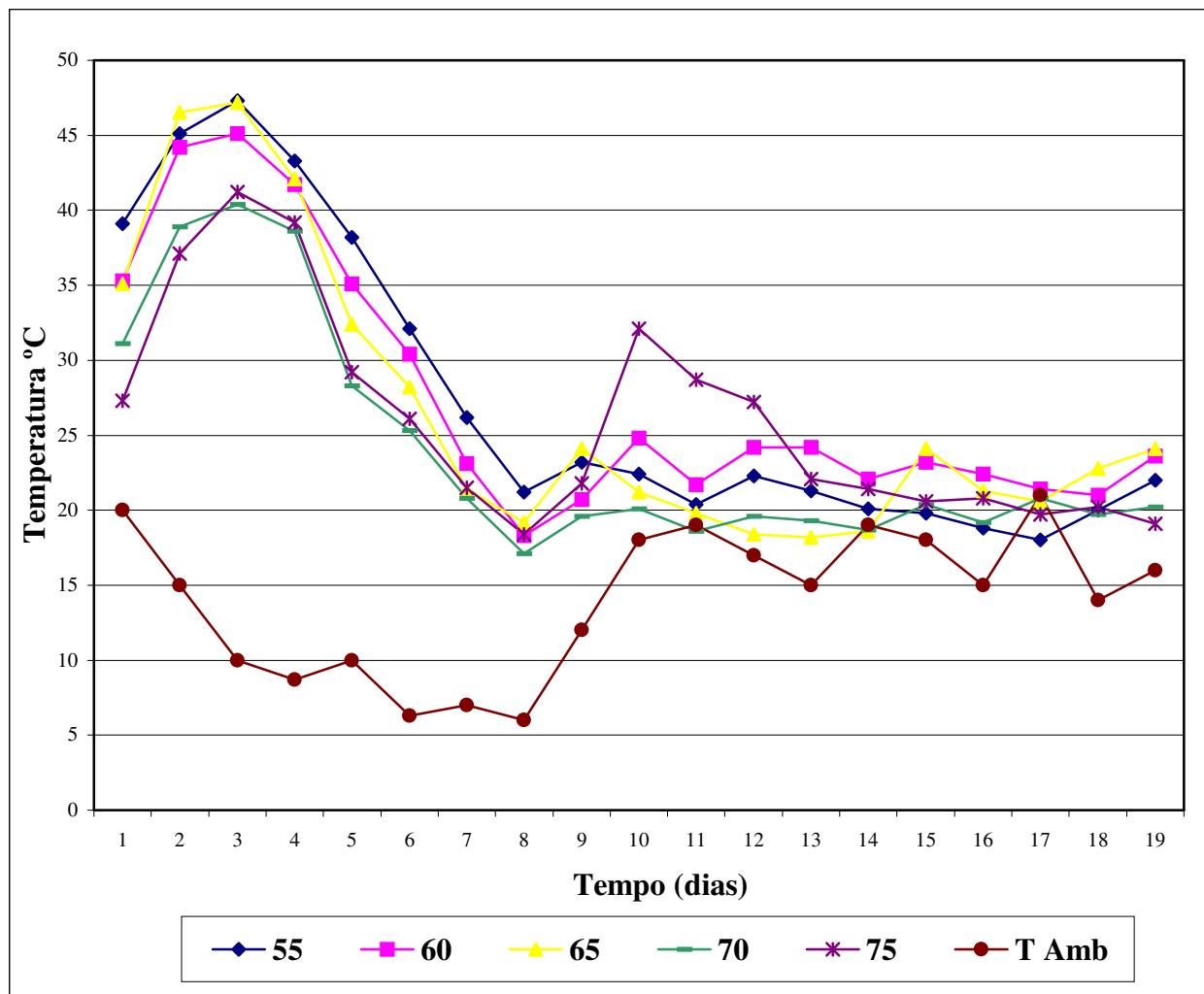


Figura 4. Temperatura média diária do ambiente e de pilhas de compostagem de esterco de suíno em função do tempo, em cinco níveis de umidade (%). Médias de três repetições, três sistemas de aeração e dos seguintes números de leituras diárias: quatro leituras, no período de 0 ao 5º dias, três, do 6º ao 10º dias, duas, do 11º ao 15º dias e uma, a partir do 15º dias.

Durante o terceiro dia, obteve-se a maior média de temperatura diária de todo tempo de realização do experimento, chegando a 47,3°C, no tratamentos com 55% de umidade, caracterizando-se o ponto ótimo.

Nos tratamentos com umidade de 70% e 75% a T máxima atingiu valores menores do que nas pilhas menos úmidas, chegando a, aproximadamente, 41°C, indicando que nestes casos a umidade ficou acima do ponto mais favorável à compostagem. Este resultado tem concordância com as indicações de teores de umidade de estercos, em geral, apropriados para o processo de compostagem, sugeridos por outros autores (Haug, 1980; Kiehl, 1998). Os menores valores de T observados nos tratamentos com umidade superior a 65% de umidade também podem ser devidos ao maior volume de água contido, o que representa maior quantidade de calorias consumidas por este componente do sistema, arrefecendo a elevação da T das pilhas (Lo et al, 1993).

A geração de calor no interior das caixas de compostagem prevaleceu independentemente da T ambiente, já que esta baixou de 20 para 10º C nos três primeiros dias e se manteve neste patamar baixo, entre 5º C e 10º C, até o oitavo dia, refletindo a passagem de uma massa de ar fria pela região.

Os tratamentos com teores de umidade superiores a 65% atingiram valores de T máxima aproximadamente 10º C abaixo dos demais. Embora a umidade seja essencial à atividade microbiológica, pois os microorganismos necessitam de água para constituição de seu próprio protoplasma e para manter seu metabolismo, assimilando os nutrientes orgânicos e minerais contidos no esterco, quando os teores são elevados (>65%) fazem com que a água ocupe os espaços porosos dos materiais, restringindo a passagem do oxigênio, o que causará anaerobiose no interior da pilha, resultando em decomposição mais lenta (Pereira Neto, 1992). De outro lado, baixos teores de umidade (<40%) restringem a atividade microbiológica, predominando ação de

fungos e deixando as bactérias pouco ativas, o que diminui a taxa de estabilização do material e, em consequência, a elevação da T (Pereira Neto, 1992). O menor aquecimento também está em parte relacionado com a remoção de calor por ventilação do material (Lau, 1992).

A partir do quarto até o oitavo dias, a T decresceu em todos os tratamentos, indicando a redução progressiva na disponibilidade de compostos orgânicos mais simples, facilmente assimiláveis pelos microorganismos, devido ao consumo de tais componentes pela intensa atividade microbiana que se estabeleceu a partir do início da compostagem (Lo et al., 1993; Kiehl, 1998).

A partir do oitavo dia, a T de todos os tratamentos estabilizou-se em valores entre 15 e 25°C, próximo da temperatura ambiente. Este comportamento da temperatura reflete a fase de cura ou de conclusão do processo de compostagem que ocorreu opós o consumo das substâncias orgânicas de fácil degradação que compõem o substrato propício ao estabelecimento da atividade metabólica oxidante, intensa, que gera calor excedente, desde que ocorram condições favoráveis de aeração, umidade e nutrientes minerais (Lau, 1992).

Na decomposição aeróbica, principalmente, desenvolve-se um aquecimento rápido e natural da massa de compostagem com multiplicação da população microbiana, pois o metabolismo dos microorganismos é exotérmico (Alexander, 1977; Kiehl, 1985). Esta observação comprovou-se, pois nas unidades experimentais com maiores umidades obteve-se menores valores de temperaturas. Nesses tratamentos, a umidade além de impedir a aeração, exige mais calor para aquecer a massa d'água, devido a água ter poder calorífico elevado. O calor desenvolvido pelos microorganismos, nestes casos, é suficiente para aquecer a massa orgânica e o ar contido nos poros, mas não para aquecer a água de um composto encharcado (Kiehl, 1998). Por este motivo,

nos primeiros dias após a implantação do experimento, a temperatura mostrou comportamento inversamente proporcional ao teor de umidade.

Do nono dia em diante, as temperaturas mantiveram-se sem variação significativa, com exceção dos tratamentos com 75% de umidade que no décimo dia atingiu a temperatura média de 32,1°C, voltando a subir a partir do décimo terceiro dia. Provavelmente, este repique da temperatura ocorreu porque, face ao excesso de umidade inicial, o material não estava completamente estabilizado e, com a diminuição da umidade da massa em decomposição, criou-se condições para nova intensificação de atividade metabólica oxidante.

Na figura 5 apresenta-se a relação entre a T e os sistemas de aeração, independente do teor de umidade, destacando-se que o sistema natural foi equivalente aos demais testados, no estabelecimento das condições necessárias ao processo de compostagem, considerando-se que a umidade seja adequada.

No primeiro dia após a implantação do experimento, os tratamentos que tiveram aeração por canos perfurados atingiram temperatura média de 28,1°C, sendo essa menor do que a T atingida nas pilhas com acondicionamento natural. Este comportamento pode ter ocorrido porque o maior fluxo de ar frio através da pilha, facilitado pela tubulação, dificultou o aquecimento, conforme anteriormente previsto por Kiehl (1998) e Georgacakis (1996). Os tratamentos com aeração natural e revolvimento mostraram temperatura semelhante, entre 36 e 38°C, fato que já era esperado, porque o primeiro revolvimento somente ocorreu no terceiro dia.

A temperatura atingiu valores máximos no terceiro dia em todos os tratamentos conforme já observado anteriormente. O tratamento com aeração natural mostrou condições satisfatórias para a compostagem, indicando que, mantendo-se a umidade em valores adequados, as pilhas de esterco suíno apresentam porosidade interna suficiente ao fluxo de oxigênio necessário ao

processo.

Repiques de elevação da T ocorreram nos tratamentos com revolvimento, o que pode ser explicado pelo fato de ao se revolver as pilhas, além de remover o CO₂ e combinar o material com o ar atmosférico rico em O₂, o revolvimento ocasionou a homogeneização da massa em compostagem uniformizando a umidade e distribuindo a comunidade de microorganismos. Quando o teor de oxigênio baixa demasiadamente, prevalecem os microorganismos anaeróbicos, os quais decompõem a matéria orgânica com mais lentidão produzindo maus odores, atraindo vetores biológicos como moscas e ratos.

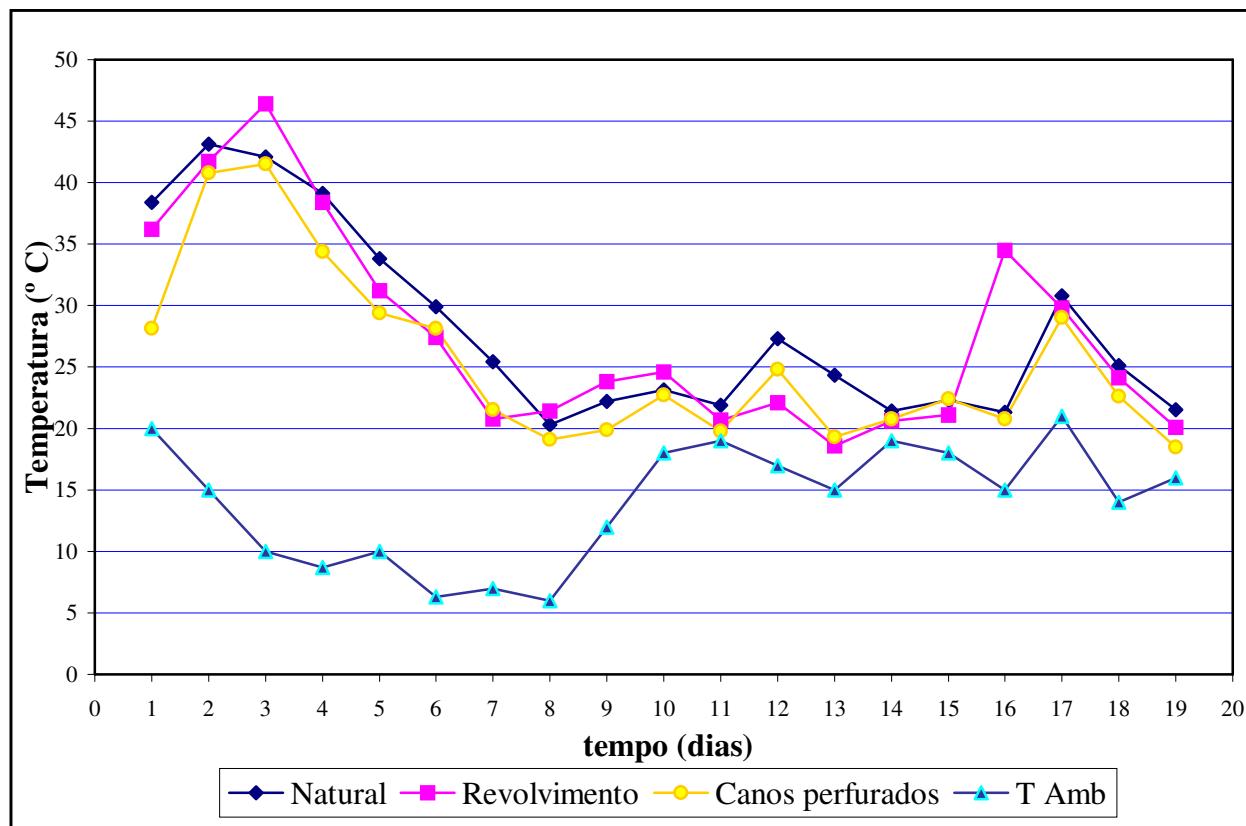


Figura 5.
Temperatura média diária do ambiente e de pilhas de compostagem de esterco de suíno em função do tempo, em sistemas de aeração natural, por revolvimento e por canos perfurados. Médias de três repetições, cinco níveis e dos seguintes

números de leituras diárias: quatro leituras, no período de 0 ao 5º dias, três, do 6º ao 10º dias, duas, do 11º ao 15º dias e uma, a partir do 15º dias.

Em materiais com alta umidade, a falta de revolvimento pode causar o aparecimento de duas camadas. Uma superior mais seca, menos densa, onde a decomposição aeróbia é mais ativa e

outra inferior, com mais umidade, mais densa, onde a decomposição é limitada pelo excesso de umidade e baixa porosidade, causada pela camada de compressão da superior, podendo até desenvolver atividade anaeróbia. O revolvimento ideal é aquele que realiza a inversão destas duas camadas (Kiehl, 1998). Desta maneira, em caso de umidade excessiva, o revolvimento pode ser necessário para se possibilitar a oxigenação exigida para a instalação e desenvolvimento do processo de compostagem.

A elevação da temperatura está relacionada com vários fatores responsáveis pela geração de calor, como microrganismos, umidade, aeração, granulometria da matéria-prima, sendo o aumento da temperatura considerado uma consequência desses fatores acima apontados e não suas causas.

Nos dois gráficos pode-se notar o comportamento da temperatura média em fases distintas, ficando caracterizados três períodos durante o processo de decomposição na compostagem. O primeiro localizado nos quatro primeiros dias onde a temperatura média atingiu valores mais elevados, indicando maior atividade microbiana, e confirmando os resultados relatados por Pereira Neto (1989), os quais indicam que a temperatura de materiais em compostagem atinge o máximo, podendo chegar a até 65°C (Santos, 2002), entre o 2º e o 4º dia do processo. O segundo período compreendeu o espaço do 5º ao 8º dia do processo, onde a temperatura apresentou uma queda, retratando a redução da atividade microbiana e, a consequente, progressiva maturação do material. No terceiro período notou-se que a temperatura permaneceu relativamente estável e semelhante à T do ambiente, indicando a cura ou estabilização final do material. Esta variação da temperatura das pilhas de compostagem em função do tempo ocorreu em conformidade com o observado em trabalho semelhante conduzido por Santos (2002).

4.2 - Índice pH do composto

Os valores do pH das pilhas de composto ao final dos 40 dias de duração do experimento estão apresentados na tabela 3. Os resultados mostraram um valor médio de 6,5 para os níveis de umidade 55%, de 6,3 a 6,4 a para umidade entre 60% e 70% e de 6,2 para umidade de 75%. Não houve efeito significativo dos sistemas de aeração no pH do composto final.

Tabela 3. Valores de pH em água em composto obtido aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.

Umidade (%)	sistema de aeração			média
	Natural	revolvimento	tubos	
55	6,6	6,4	6,6	6,5 a
60	6,4	6,5	6,5	6,4 ab
65	6,4	6,5	6,4	6,4 ab
70	6,3	6,3	6,4	6,3 ab
75	6,1	6,3	6,3	6,2 c
média	6,4	6,4	6,4	

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%

Considerando-se que o esterco utilizado na compostagem era levemente básico, tendo apresentado pH 7,3 quando instalou-se o experimento, observa-se que o processo promoveu uma diminuição deste índice, manifestando efeito acidificante. Isto pode ocorrer, já no início do processo, pela formação de ácidos orgânicos como subprodutos resultantes da degradação da

matéria orgânica, conforme já observado em trabalhos anteriores (Kiehl, 1998). Porém, este autor também observa que os ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais que se formam, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina. Como consequência, o pH do composto se eleva novamente, à medida que o processo se desenvolve, podendo estabilizar-se em faixa levemente inferior à original.

Os tratamentos com maiores níveis de umidade obtiveram valores menores de pH, o que pode indicar certo retardamento no processo de compostagem devido ao acúmulo de água, dificultando a atividade microbiana aeróbia, mantendo valores mais elevados de ácidos orgânicos por período mais longo do que os encontrados em compostos mais oxigenados.

A diminuição dos valores de pH com o tempo de compostagem também coincide com resultados anteriormente observados por Lau et al 1992, que citam este resultado como indicativo de que o composto sofreu o processo de maturação, incluindo a transformação do nitrogênio amoniacal em nitrato, sendo que este processo de nitrificação é acidificante, conforme também observado por Santos (2002).

4.3 – Carbono orgânico no composto

Os teores de C orgânico do composto produzido nos diversos tratamentos apresentaram valores semelhantes e em torno de 300 g kg⁻¹ (**Tabela 4**). A decomposição biológica das substâncias orgânicas mais simples, gerando, como subprodutos, outros compostos orgânicos estabilizados, genericamente denominados húmus, geralmente é acompanhada de diminuição na concentração de C orgânico, já que esta é uma característica de tais compostos (BOHN et al., 1979). No presente trabalho, a ausência de diferença no teor de C orgânico entre os tratamentos

pode ser explicada porque não houve variação no substrato submetido à compostagem, sendo utilizado somente o esterco de suíno puro. Outro motivo para este resultado, pode ser o fato do processo de compostagem ter ocorrido em todos os tratamentos, embora com intensidade relativamente diversa.

Tabela 4. Teores de Carbono orgânico em composto obtido de esterco suíno, aos 40 dias após o início da compostagem, em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.

Umidade (%)	Sistema de aeração			Média
	Natural	Revolvimento	Tubos	
<i>----- g kg⁻¹ -----</i>				
55	303	303	305	303
60	307	298	304	303
65	296	303	303	300
70	303	300	299	301
75	302	309	302	304
Média	302	302	303	

Os valores não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5%

4.4 – Nitrogênio total

Os teores de nitrogênio total no composto produzido estão apresentados na tabela 5. Observou-se valores situados acima de 28 g kg⁻¹, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Segundo Kiehl (1988), o teor de nitrogênio total aumenta com o grau de maturação, uma vez que há perda de C orgânico do sistema, na medida que este elemento é transformado em CO₂. Este aumento foi observado, considerando-se que as médias dos valores determinados em todos os tratamentos situou-se entre 28 e 30 g kg⁻¹, o que indica maior teor de N total do que o

observado no esterco suíno no início do processo, que foi de $26,3\text{ g kg}^{-1}$. Este resultado também coincide com o observado por Pereira Neto (1989) e Goulart (1997), segundo os quais ocorre um aumento na concentração deste elemento durante o processo de compostagem.

Tabela 5. Teores de nitrogênio total em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.

Umidade (%)	Sistemas de aeração			Média
	Natural	Revolvimento	Tubos	
	g kg^{-1}			
55	27,9	29,8	28,6	28,8
60	28,2	28,2	29,5	28,7
65	29,1	29,0	29,1	29,1
70	29,2	29,7	29,0	29,3
75	28,6	29,6	28,3	28,9
média	28,6	29,3	28,9	

Os valores não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5%

Segundo Pereira Neto (1989), os acréscimos usualmente registrados na concentração de nitrogênio, durante a fase de aeração, tem sua explicação com base na redução dos sólidos voláteis, ou seja, um aparente acréscimo. Na verdade, trata-se de um aumento relativo, devido ao consumo de carbono, pois o aquecimento associado à elevação da concentração de amônia na fase inicial da decomposição resulta em perdas significativas deste nutriente.

4.5 – Relação C/N no composto

Examinando-se os dados apresentados na tabela 6, verifica-se que os valores obtidos não mostraram diferença significativa entre os tratamentos. Os valores encontrados situaram-se entre 10,1 e 10,9, podendo ser considerados similares aos observados por Sediynama et al (2000), que encontraram valores de C/N entre 10 e 14, para compostos orgânicos produzidos a partir de dejeto suíno. Estes resultados também vieram confirmar os resultados observados por Keller (1991) e Pereira Neto (1987), que já observaram anteriormente a diminuição da relação C/N com o aumento no grau de maturação do composto, tendendo à estabilização em valores em torno de 10 no húmus, conforme anteriormente escrito por Alexander (1979).

Tabela 6. Relação C/N em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem deste resíduo em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração.

Umidade (%)	Sistemas de aeração			Média
	Natural	Revolvimento	Tubos	
	g g ⁻¹			
55	10,9	10,2	10,8	10,6
60	10,9	10,6	10,3	10,6
65	10,1	10,4	10,4	10,3
70	10,4	10,1	10,3	10,3
75	10,6	10,4	10,7	10,6
média	10,6	10,3	10,5	

Os valores não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5%

4.6 – Teores de fósforo, potássio e cálcio

Os teores totais observados para os nutrientes P, K e Ca no composto final estão registrados nas tabelas 7 e 8. Constatou-se ausência de diferenças na concentração destes elementos nos diversos níveis de umidade e sistemas de aeração, o que era esperado, já que não

houve variação no substrato entre tratamentos. Também não era esperado que estes elementos pudessem ficar sujeitos à ocorrência de perdas durante o processo de compostagem, especialmente em sistema sem escorramento de chorume, como o que foi utilizado no experimento.

Os valores para fósforo oscilaram entre 20 a 23g kg⁻¹, sendo menores do que o teor de 53g kg⁻¹, citado por Kiehl (1985) como média representativa da concentração deste elemento na fração sólida de dejetos de suínos. Santos (2002) observou teor de P de 41 g kg⁻¹, em composto obtido de esterco suíno puro, que também foi maior do que o observado neste trabalho. Porém, é reconhecido que a concentração de nutrientes em esterco é altamente variável e dependente da alimentação dos animais, bem como das condições de recolhimento e armazenagem do material (Kiehl, 1985).

Tabela 7. Teores totais de fósforo, potássio e cálcio em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. Médias do efeito principal dos níveis de umidade, compreendendo 9 repetições.

Umidade (%)	P	K	Ca
		----- g kg ⁻¹ -----	
55	20	12	13
60	21	12	14
65	23	12	17
70	22	13	16
75	21	13	15

Os valores não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5%

Tabela 8. Teores de P, K e Ca em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem deste resíduo em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. Médias do efeito principal dos sistema de aeração, compreendendo 15 repetições.

Umidade (%)	P	K	Ca
----- g kg ⁻¹ -----			
Natural	22	13	16
Revolvimento	21	12	14
Tubos	22	13	15

Os valores não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5%

A concentração de potássio situou-se entre 12 e 13 g kg⁻¹, valores que podem ser considerados baixos, comparando com os teores de 30 e 50 g kg⁻¹, indicados por Kiehl (1985), como representativos para esterco de suíno nas fases sólida e líquida, respectivamente. Porém, o esterco empregado no experimento foi submetido, na sua origem, à drenagem, perdendo a maior parte de sua fase líquida. Como o potássio não participa da estrutura dos compostos orgânicos (Alexander, 1979) e prevalecem formas solúveis, este elemento ocorre preferencialmente em fase líquida.

Os teores de cálcio oscilaram entre 14 e 17g kg⁻¹ e também não mostraram diferença significativa entre tratamentos. Os valores observados neste trabalho também foram inferiores aos teores de 30 kg⁻¹ e 50 kg⁻¹, citados por Kiehl (1985) como médias representativas da concentração de Ca em ertercos de suínos sólido e líquido, respectivamente. O teores de Ca, P e K encontrados neste trabalho também foram menores do que os observados por Cassol et al. (1994). A remoção de parte da fase líquida do esterco utilizado no experimento, através da drenagem a que foi submetido na unidade suinícola de origem, certamente, também promoveu remoção de elementos minerais dissolvidos ou em suspensão, o que explica os baixos valores encontrados neste trabalho,

4.7 - Teores de ferro, manganês, cobre e zinco

Os resultados da determinação do teor de Fe no composto obtido nos diversos tratamentos estão apresentados na tabela 9. Os valores encontrados situaram-se na faixa média de 2,88 a 3,34 g kg⁻¹ e não houve diferença significativa entre os níveis de umidade e sistemas de aeração. Segundo Kiehl (1985), o Fe combinado à matéria orgânica do composto aplicado ao solo, pode contribuir para manter a disponibilidade deste elemento às plantas durante o ciclo produtivo.

Tabela 9. Teores de Fe, Mn, Cu e Zn em composto obtido de esterco suíno aos 40 dias após o início da compostagem de esterco suíno em cinco níveis de umidade e três sistemas de aeração. Médias do efeito principal dos níveis de umidade, compreendendo 9 repetições.

umidade (%)	Fe	Mn	Cu	Zn	----- g kg ⁻¹ -----	
55	2,88	0,71	1,20	1,09		
60	3,10	0,75	1,29	1,16		
65	3,11	0,86	1,49	1,31		
70	3,34	0,81	1,49	1,24		
75	3,04	0,79	1,39	1,27		

Os valores não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5%

Como se pode observar na tabela 9, os valores de Mn oscilaram entre 0,71 e 0,86 g kg⁻¹. Os valores também não apresentaram variação estatisticamente significativa entre os tratamentos. Os teores de Cu também não mostraram diferença entre tratamentos, indicando que os níveis de umidade e os sistemas de aeração não interferem na concentração deste elemento. As concentrações de Zn, também se mostraram semelhantes entre os tratamentos, não sendo afetadas pelas variantes experimentadas. Kiehl (1985) afirma que a matéria orgânica crua não é recomendada para aumentar a disponibilidade de Zn. Segundo este autor, é importante o emprego

de fertilizantes orgânicos bem humificados, pois o zinco estará menos firmemente preso no ácido húmico do que o cobre e o ferro.

Os teores dos micronutrientes determinados no composto obtido no experimento, apresentaram-se acima dos valores mínimos estipulados pela norma brasileira para caracterizar fontes de micronutrientes, que são de 1,0 0,5; 0,2 e 0,5 para Fe, Cu, Mn e Zn, respectivamente (Kiehl, 1985). Isto mostra que o composto de esterco suíno pode ser utilizado para fornecer estes elementos em áreas onde sua aplicação seja necessária. Porém, isto também determina que se tenha o cuidado de não aplicar quantidades excessivas, para evitar efeitos negativos do excesso de disponibilidade destes elementos para as plantas, o que pode causar toxidez, como também, os riscos de contaminação de áreas de aplicação por excesso de Cu e Zn, que também são considerados metais pesados, oferecendo riscos à saúde humana, por toxidez causada pelo excesso destes elementos nos alimentos.

5 - CONCLUSÃO

Para as condições em que o experimento foi realizado, os resultados obtidos possibilitaram a formulação das seguintes conclusões:

- a) a compostagem de esterco de suíno fresco instalou-se imediatamente após a formação das pilhas em condições de umidade e aeração suficientes ao processo, atingindo a temperatura máxima no terceiro dia, seguindo-se seu decréscimo até o oitavo dia após o início, concluindo a fase de decomposição intensiva.
- b) as pilhas de compostagem de esterco suíno com teores de umidade entre 55 e 65% apresentaram temperaturas com valores e variação semelhantes durante o período de avaliação e o aumento no teor de umidade a partir de 70% provocou redução na temperatura de compostagem, indicando queda na eficiência do processo.
- c) mantendo-se a umidade entre 55 e 75%, a compostagem de esterco suíno pode ocorrer naturalmente, sem necessidade de mecanismos adicionais de aeração, por tubos ou por revolvimento, sendo ainda necessário estudos para determinar o nível máximo de umidade que possibilita a ocorrência do processo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O. **Nutrient management procedures to enhance environmental conditions:** introduction. J. Anim. Sci., 77, p. 427-429, 1999.
- ALBUQUERQUE, A.A caminho de crescimento. **Suinocultura Industrial**, 117, p. 9-15, maio, 1995
- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 2. ed. New York, John Willey, 1977, 467 p.
- ANDREADAKIS, A. D. Anaerobic digestion of piggery wastes. **Wat. Sci. Tech.**, v. 25, n. 1, p. 9-16, 1992
- BARBARI, M.; E ROSSI, P. Risparmiare acqua conviene: meno liquami da Smaltire. **Suplemento a I'Infomatore Agrário**, Verona, n 18, p. 11-17, 1992
- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; CONNOR, G.A. Soil chemistry. New York, John Willey, 1979. 429p.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.
- CASSOL, P.C. ; VEZARO, M.A. CASA, A.M. Teores de matéria seca, C orgânico, nutrientes e pH em estercos de bovinos, suínos e aves. In: REUNIÃO SULBRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 1, 1994, Pelotas. Resumos expandidos... Pelotas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 1994. p.62-63.
- COSTA, R. H. R. **Lagoas de alta taxa de degradação e de aguapés no tratamento terciário de dejetos suínos**. Florianópolis, 1997.
- CENTRO DE ASSISTÊNCIA GERENCIAL DE SANTA CATARINA – CEAG/SC. **Evolução histórica – econômica de Santa Catarina**: estudo das alterações estruturais (séc. XVII – 1960). Florianópolis: 1980. 214p.
- CUNHA, I. J. Evolução Econômica – Industrial de Santa Catarina. Florianópolis: FCC, 1992. 169p.
- DARTORA, V.; PERDOMO, C, C.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Chemical and biological chacterization of organic matter during composting of municipal solid waste. **J. Environ. Qual.** 25: 776-785, 1996.

ERNANI, P.R. **Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo. Tese de mestrado.** Porto alegre, RS, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981. 82f.

FAESC, Federação da Agricultura do Estado de Santa Catarina. Diário Catarinense, novembro, 2003

GEORGACAKIS, D.; TSAVDARIS, A.; SYMEONIDIS, S. **Composting solid swine manure and lignite mixtures with selected plant residues.** Bioresource Technology, 56, p. 195-200, 1996.

GOLUEKE, C. G. **Principles of Composting.** In: Biocycle guide to the Art & Science os Composting. Emmaus, Pensylvanis, J. G. Press, 1991. p. 14-37.

GOULART, R. M. **Processo de compostagem: alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos de suíno.** 1997. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1997.

HAUG, R. T. **Composting engineering:** priciles and pratice. Michigan: Ann Arbor Science, 1980.

INSTITUTO CEPA/SC. **Síntese anual da Agricultura de Santa Catarina,** 1993. Florianópolis: SAAI, 1993. v 1, 352p.

KAO, M. M. **The evalution of sawdust swine waste compost on the soil ecosystem, pollution and vegetable production.** Wat. Sci. Tech., v. 27, n. 1, p. 123-131, 1993.

KIEHL, E. J. **fertilizantes Orgânicos.** Piracicaba, Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

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

LAU, A. K. et al. Aeration experiments for swine waste composting. **Bioresource Technology**, Essex v. 41, p. 145 - 152, 1992.

LO, K. V.; LAU, A. K.; LIAO, P. H. **Composting of separated solid swine wastes.** J. Agric. Engng. Res., 54, p. 307-317, 1993.

MARRIEL, I. E.; KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, H. L. **Tratamento e utilização de resíduos orgânicos.** Informe agropecuário, n. 147, p. 24-36, mar. 1987.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1997. 206p.

MERCKEL, A. J. **Managing livestock wastyes.** Westport: Avi Publishing Company, 1981.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos.** Série Documentos, 27 (EMBRAPA – CNPSA) Concórdia – SC, 1993.

PEIXOTO, J. O. **Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica.** Engenharia Sanitária, (1): 15-18, 1981.

PERDOMO, C. C. A água na suinocultura. In: **Anais Ciclo de Palestras sobre Dejetos de Suínos – Manejo e Utilização.** Rio Verde, GO, 1997, p. 137 p. 69-80.

PERDOMO, C. C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999. (Circular Técnica, 12)

PERDOMO, C. C. **Uso racional dos dejetos de suínos.** Anais do 1º Seminário Internacional de Suinocultura. São Paulo 8-9 maio, 1996.

PEREIRA NETO, J. T. **Conceitos modernos de compostagem.** Engenharia Sanitária, abril-maio, 104-109, 1989.

SANTOS, R. F. dos. Avaliação da compostagem de esterco suíno puro e misturado com diferentes materiais, com e sem revolvimento. Dissertação, Mestrado em Ciências do Solo UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2002

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO – INSTITUTO CEPA/SC. **Informações agrícolas de Santa Catarina.** Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 1991.

SEDUMA – SECRETARIA DO ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E DO MEIO AMBIENTE, 1990

SEDIYNAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Ser. Agric.** Vol. 57 n. 1 Piracicaba Jan/Mar. 2000.

SEGANFREDO, M. A. **a questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. (Circular Técnica, 22).

SEGANFREDO, M. A. **Análise dos riscos de poluição do ambiente, quanto se usa dejetos de suínos como adubo do solo.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves , 2000. (Circular Técnica, 206).

SEVRIN-REYSSAC et al (1995

SIKORA, L. J.; RAMIREZ, M.A.; TROESCHEL, T.A. Laboratory composter for simulation studies. **J. Environ. Quali.**,Vol. 12, no 2, 1983.

SILVA, P.R. **Lagoas de estabilização para tratamento de Resíduos de Suínos.** Dissertação de Mestrado, EESC-USP, São Paulo, SP, 76p., 1973.

SILVA, F.C.M. **Tratamento de dejetos de suínos utilizando lagoas de alta taxa de degradação em batelada.** Dissertação de Mestrado, Engenharia Ambiental, UFSC, SC, 97p., 1996

STALLBAUM, I. Consciência ecológica é restrita em Santa Catarina. Diário Catarinense, p. 40-45, 5 de Junho de 1994.

SUTTON, A. L.; NELSON, D. W.; MAYROSE, V. B.; NYE, J. C.; KELLY, D. T. Effects of varying salt levels in liquid swine manure on soil composition and corn yield. **J. Environ. Qual.**, Vol. 13, no. 1, 1984.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995 (Boletim Técnico dos Solos, 5).

VILLANI, F. T. **Estudo de avaliação de métodos químicos para determinar o grau de maturação dos compostos orgânicos do lixo urbano domiciliar**. Tese de Mestrado. Viçosa, 1993.

ZUCONNI, F. et al. **Biological evalution af compost maturity**. Biocycle, (4): 27-29, 1981a.

ANEXOS



Anexo1. Esterco suíno espalhado para atingir umidade compatível do inicio do experimento



Anexo 2. 45 Unidades Experimentais.



Anexo 3. Hidratação do esterco Suíno



Anexo 4. Tubos Perfurados



Anexo 5. Tratamento de aeração com Revolvimento

ANEXO 6. Temperatura diária de compostagem de esterco de suíno em cinco níveis de umidade. Médias de três repetições, três sistemas de aeração e de quatro leituras diárias, de 0 a 5 dias, três de 5 a 10 , duas de 10 a 15 e um a partir do 15º dia.

Tempo (dias)	Níveis de umidade (%)				
	55	60	65	70	75
1	39,1	35,3	35,1	31,1	27,3
2	45,1	44,2	46,5	38,9	37,1
3	47,3	45,1	47,2	40,4	41,2
4	43,3	41,7	42,1	38,6	39,2
5	38,2	35,1	32,4	28,3	29,2
6	32,1	30,4	28,2	25,3	26,1
7	26,2	23,1	21,4	20,8	21,5
8	21,2	18,3	19,2	17,1	18,4
9	23,2	20,7	24,1	19,6	21,8
10	22,4	24,8	21,2	20,1	32,1
11	20,4	21,7	19,8	18,6	28,7
12	22,3	24,2	18,4	19,6	27,2
13	21,3	24,2	18,2	19,3	22,1
14	20,1	22,1	18,6	18,7	21,4
15	19,8	23,2	24,1	20,4	20,6
16	18,8	22,4	21,3	19,2	20,8
17	18	21,4	20,6	20,8	19,7
18	20	21	22,8	19,7	20,2
19	22	23,6	24,1	20,2	19,1

ANEXO 7. Variação média diária de temperatura do composto suíno com diferentes meios de aeração.

Tempo (hs)	Aeração		
	Natural	Revolvizado	Canos perfurados
1	38,4	36,2	28,1
2	43,1	41,7	40,8
3	42,1	46,4	41,5
4	39,1	38,4	34,4
5	33,8	31,2	29,4
6	29,9	27,4	28,1
7	25,4	20,8	21,5
8	20,3	21,4	19,1
9	22,2	23,8	19,9
10	23,1	24,6	22,7
11	21,9	20,7	19,8
12	27,3	22,1	24,8
13	24,3	18,6	19,3
14	21,4	20,6	20,8
15	22,3	21,1	22,4
16	21,3	34,5	20,8
17	30,8	29,8	29
18	25,1	24,1	22,6
19	21,5	20,1	18,5