



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

Ivone Lopes Tumelero
Engenheira Sanitarista

AVALIAÇÃO DE MATERIAIS PARA O SISTEMA DE
CRIAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE CAMA

Dissertação a ser apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador : Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares

Florianópolis/SC
agosto - 1998

**“AVALIAÇÃO DE MATERIAIS PARA O SISTEMA DE CRIAÇÃO DE
SUÍNOS SOBRE CAMAS”**

IVONE LOPES TUMELERO

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental.

Aprovado por:



Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares
(Orientador)



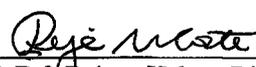
Prof. Dr. Carlos Cláudio Perdomo



Prof. Dr. Paulo Belli Filho



Prof.ª Dr.ª Rejane Helena Ribeiro da Costa
(Coordenadora)



Prof.ª Dr.ª Rejane Helena Ribeiro da Costa

FLORIANÓPOLIS, SC - BRASIL
AGOSTO DE 1998

Aos meus pais, Gabriel de Melo Lopes e
Estácia Sacramento V. Lopes
A toda minha família pelo apoio e
incentivo à minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a meu marido, amigo e companheiro Ivair Tumelero pelo apoio e incentivo durante todo o curso.

Ao Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares, pela orientação.

Ao Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Jr. , pelo incentivo na realização deste trabalho.

Ao Pesquisador Carlos Cláudio Perdomo, pelo apoio e co-orientação dada.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves - EMBRAPA/CNPSA, pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Pesquisador Waldomiro Barioni Jr. , pelo excelente trabalho de análise estatística dos dados.

A todos os professores, funcionários e colegas do Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

A todos os funcionários da EMBRAPA/CNPSA, que de alguma forma ajudaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1- INTRODUÇÃO GERAL	1
2- ESTADO DA ARTE	3
2.1- GENERALIDADES DO ESTUDO	3
2.1.1- Introdução.....	3
2.1.2- Caracterização da região Oeste Catarinense e cidade de Concórdia.....	4
2.1.3- Histórico do complexo agroindustrial.....	8
2.1.4- Principais problemas ambientais da região.....	9
2.1.4.1- Erosão do solo.....	10
2.1.4.2- Poluição por agrotóxicos.....	10
2.1.4.3- Efluentes domésticos e resíduos sólidos urbanos.....	10
2.1.4.4- Efluentes industriais.....	11
2.1.4.5- Dejetos de suínos.....	11
2.2- OS DEJETOS SUÍNOS	12
2.2.1- Introdução.....	12
2.2.2- Algumas características dos dejetos.....	14
2.2.3- Principais soluções adotadas.....	16
2.2.3.1- Esterqueiras e bioesterqueiras.....	16
2.2.3.2- Lançamento no solo como fertilizante.....	18
2.2.3.3- Lagoas e decantadores.....	19
2.2.3.4- Sistema de camas.....	21
2.3- SISTEMA DE CRIAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE CAMA	23
2.3.1- Introdução.....	23
2.3.2- Fatores que afetam o bom funcionamento do sistema.....	25
2.3.3- Variações do sistema de camas.....	28
2.3.4- Destino final do material usado como cama.....	35

2.4- MATERIAIS UTILIZADOS COMO CAMA E SUAS INTERAÇÕES COM OS DEJETOS.....	37
2.5- ASPECTOS LEGISLATIVOS.....	38
3- PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	40
3.1- INTRODUÇÃO.....	40
3.2-DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO.....	41
3.3- MONTAGEM E ACOMPANHAMENTO.....	43
3.4- PROCEDIMENTO DE COLETA DAS AMOSTRAS.....	45
3.5- PREPARO DAS AMOSTRAS.....	46
3.6- ANÁLISES REALISADAS.....	47
3.6.1- Temperatura.....	47
3.6.2- Teor de umidade a 60-65°C.....	47
3.6.3- Matéria orgânica total.....	48
3.6.4- Carbono total.....	48
3.6.5- Nitrogênio total.....	49
3.6.6- Fósforo e Potássio.....	50
3.6.7- Relação carbono/nitrogênio.....	51
3.6.8- Análise estatística.....	51
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1- CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO.....	52
4.2- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	55
4.2.1- Temperatura.....	55
4.2.2- Umidade a 60-65°C.....	58
4.2.3- Matéria orgânica total.....	61
4.2.4- Carbono total.....	63
4.2.5- Nitrogênio total.....	65
4.2.6- Relação carbono/nitrogênio.....	68
5- CONCLUSÃO GERAL E RECOMENDAÇÕES.....	71
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	80
ANEXO 1.....	81
- Tabelas de resultados do experimento.	

ANEXO 2.....	82
- Tabela da produção diária de dejetos (crescimento e terminação);	
- Curva de crescimento dos suínos;	
ANEXO 3.....	83
- Tabela de peso e ganho de peso médio dos suínos no experimento;	
- Número de animais condenados por linfadenite no experimento.	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Mapa de localização da cidade de Concórdia.....	7
Figura 2.2- Desenho esquemático de uma Esterqueira e Bioesterqueira.....	17
Figura 2.3- Desenho esquemático de um trator distribuidor de dejetos.....	18
Figura 2.4- Desenho esquemático de um Decantador e Lagoa de estabilização.....	20
Figura 2.5- Desenho esquemático de uma instalação de sistema de camas.....	22
Figura 2.6- Variação de temperatura na compostagem por pilhas estáticas aeradas.....	36
Figura 3.1a- Vista frontal da instalação onde foi realizado o experimento.....	42
Figura 3.1b- Vista interna da instalação de camas.....	42
Figura 3.2- Montagem do experimento.....	44
Figura 3.3- Revira manual dos materiais das camas.....	44
Figura 3.4- Aspecto das amostras coletadas, após pré-secagem.....	45
Figura 3.5- Preparo e acondicionamento das amostras.....	46
Figura 4.1- Variação da temperatura de cada material durante os 3 lotes.....	57
Figura 4.2- Variação da umidade de cada material durante os 3 lotes.....	60
Figura 4.3- Variação da matéria orgânica de cada material durante os 3 lotes.....	62
Figura 4.4- Variação do carbono total de cada material durante os 3 lotes.....	64
Figura 4.5- Variação do nitrogênio total de cada material durante os 3 lotes.....	67
Figura 4.6- Variação da relação C/N de cada material durante os 3 lotes.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Evolução do número total de suinocultores e integrados no Oeste Catarinense.....	6
Tabela 2.2- Características dos dejetos suínos (crescimento/terminação) manejados em fossas de retenção.....	14
Tabela 2.3- Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos.....	15
Tabela 2.4- Índice de eficiência de liberação dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral, em cultivos sucessivos.....	19
Tabela 2.5- Resultados técnicos comparativos entre os sistemas de cama e convencional.....	29
Tabela 2.6- Concentração média de amônia em ppm no período de engorda - medido por técnica de sensor.....	30
Tabela 2.7- Resultados das camas profundas biológicas.....	31
Tabela 4.1- Características iniciais, finais e índice de variação dos elementos analisados.....	52
Tabela 4.2- Granulometria dos materiais estudados.....	54
Tabela 4.3- Média \pm desvio padrão da temperatura.....	56
Tabela 4.4 Média \pm desvio padrão do % de umidade.....	59
Tabela 4.5- Média \pm desvio padrão do % de matéria orgânica total.....	61
Tabela 4.6- Média \pm desvio padrão do % de carbono total.....	63
Tabela 4.7- Média \pm desvio padrão do % de nitrogênio total.....	66
Tabela 4.8- Média \pm desvio padrão da relação C/N.....	68

RESUMO

Com a intensificação da suinocultura (década de 80), os dejetos suínos passaram a representar grave problema devido à tratamento e manejo inadequados: o aumento da concentração de animais e o desperdício hídrico nas instalações suícolas geram grandes volumes de dejetos. Também o incipiente conhecimento de técnicas de tratamento favoreceu a degradação ambiental no Oeste Catarinense, onde a suinocultura constitui-se em importante fator de desenvolvimento econômico.

A preservação ambiental e o advento da série de normas ISO 14000 têm induzido as empresas a atuarem junto aos suinocultores no sentido destes adequarem suas atividades às exigências legais e a procedimentos ambientalmente aceitáveis.

Tal contexto, aliado à carência de áreas para estocagem e tratamento dos dejetos, levou-me a estudar a aplicação da técnica de criação de suínos sobre cama.

Esta técnica passou a ser estudada devido à ausência de áreas para construção de sistemas de tratamento dos dejetos e a necessidade de preservação ambiental. Consiste de instalação apropriada com solo escavado e compactado, onde o material que constitui a cama é colocado. O tratamento dos dejetos é feito no local de geração, pela degradação da cama através de reações aeróbias com produção de calor, evitando a proliferação de moscas e maus odores: a compostagem da cama é feita diretamente sob os animais. O bom desempenho do processo exige reviras periódicas que ajudam na absorção dos dejetos pelo material e aceleram o processo de degradação.

Visando minimizar a problemática dos dejetos no Oeste Catarinense estudou-se a aplicação da técnica de camas com leito biológico na região, levando-se em consideração a disponibilidade e viabilidade de aplicação dos materiais, bem como o ganho ambiental (tratamento ambientalmente correto, com adequada metodologia de verificação). O trabalho foi realizado na EMBRAPA-CNPSA com os seguintes materiais: maravalha (raspa de madeira), serragem, sabugo de milho moído e casca de arroz. O sistema foi analisado com profundidade da cama de 0,50 metros, com suínos na fase de crescimento ($\cong 25\text{kg}$) à terminação ($\cong 105\text{kg}$), tendo duração de nove meses (3 lotes).

Segundo os resultados, os materiais analisados apresentaram boa capacidade de absorção - exceto a casca de arroz que apresentou resultado inferior ao dos demais.

Relativamente à *temperatura* no sistema, a casca de arroz e o sabugo de milho apresentaram os maiores valores médios (não havendo estatisticamente diferença significativa entre eles, a um $p > 0,05$), seguidos pela maravalha e serragem. Verificou-se que o comportamento da temperatura no sistema foi semelhante ao da compostagem de resíduos domésticos em leiras aeradas. A relação *carbono/nitrogênio* e a *umidade* do sistema apresentaram, respectivamente, os seguintes resultados finais: maravalha =19,50 e 47,99%; serragem =22,40 e 49,83%; sabugo de milho =12,26 e 38,37% e casca de arroz =16,49 e 40,61%. Estes valores indicam que o sistema poderia comportar mais um lote de animais. Com estes resultados, os materiais ainda não apresentam-se estabilizados e necessitam passar por tratamento complementar, que consiste na compostagem em leiras fora do sistema para poderem apresentar-se em condições de serem aplicados na lavoura sem inconveniências ambientais.

ABSTRACT

With the increase of the swine production (decade of 80), the dejections swines started to represent serious problem due to treatment and inadequate handling: the increase of the concentration of animals and the waste hydric in the pigpens generate great bulks of dejections. The incipient knowledge of treatment techniques also favored the environmental degradation in the Santa Catarina West, where the swine production is constituted in important factor of economic development.

The environmental preservation and the coming of the series of norms ISO 14000 has been inducing the companies they act her close to the producers in the sense of these they adapt its activities to the legal demands and procedures acceptable environmentally.

Such context, ally to the lack of areas for stock and treatment of the dejections, took me to study the application of the swine creation on bed technology.

This technique became studied due to the absence of areas for construction of systems of treatment of the dejections and the need of environmental preservation. It consists of installation adapted with dug soil and compacted, where the material that constitutes the bed it is placed. The treatment of the dejections is made in the generation place, for the degradation of the bed through reactions aerobic with production of heat, avoiding the proliferation of flies and bad scents: the composting of the bed is made directly under the animals. The good acting of the process demands you review periodic that help in the absorption of the dejections for the material and they accelerate the degradation process.

Seeking to minimize the problem of the dejections in the Santa Catarina West was studied the application of the technique of beds with biological bed in the area, being taken in consideration the readiness and viability of application of the materials, as well as the environmental gain (treatment correct ambientalente, with appropriate verification methodology). The work was accomplished in EMBRAPA-CNPSA with the following materials: maravalha (it scrapes of wood), serragem, sabugo of corn moido and peel of rice. The system was analyzed with depth of the bed of 0,50 meters, with swines in the phase of growing (25kg) to for finishing (105kg), tends duration of nine months (3 lots).

According to the results, the analyzed materials presented good absorption capacity - except the peel of rice that presented result inferior to the of the others. Relatively to the temperature in the system, the peel of rice and the corn slough presented the largest medium values (not having statistically significant difference among them, at a $p>0,05$), proceeded by the wood shaving and sawdust. It was verified that the behavior of the temperature in the system went similar to the of the composting of domestic residues in aerated pile. The relationship carbon/nitrogen and the humidity of the system presented, respectively, the following finish results: wood shaving =19,50 and 47,99%; sawdust =22,40 and 49,83%; corn slough =12,26 and 38,37% and rice husk =16,49 and 40,61%. This results indicates that the system could behave more a lot of animals. With these results, the materials don't still come stabilized and they need to pass for complemental treatment, that consists in composting of piles out of the system for they could come in conditions of they be applied in the husbandry without environmental inconveniences.

1. *INTRODUÇÃO GERAL*

Os dejetos de suínos não constituíam fator preocupante à qualidade ambiental antes da fase de intensificação da atividade suinícola: a concentração de animais era pequena e o solo das propriedades e os cursos d'água tinham capacidade de absorvê-los. Além do mais, os sistemas de estocagem eram suficientes para comportar o volume produzido, permitindo a estabilização dos dejetos para posterior utilização como adubo orgânico.

Com o desenvolvimento da suinocultura a partir dos anos 80, estimulada pela intensificação das atividades dos grandes frigoríficos, a produção de dejetos tornou-se um grave problema (não somente ambiental como de saúde pública) devido a falta de manejo adequado. O aumento da concentração de animais, aliado ao reduzido controle do sistema de abastecimento de água das instalações suinícolas (bebedouros inadequados provocando desperdício de água), passaram a gerar grandes volumes de dejetos. Além deste fato, o conhecimento incipiente de técnicas de tratamento, entre outros aspectos, criou um quadro favorável à degradação ambiental.

Outro elemento importante neste contexto é o advento da série de normas ISO 14000: os sistemas de parceria têm induzido as empresas a atuarem junto aos suinocultores no sentido de adequarem suas atividades às exigências legais e a procedimentos ambientalmente aceitáveis.

A região oeste do Estado de Santa Catarina é sensivelmente afetada pela intensa degradação ambiental por dejetos de suínos e pela presença de agroindústrias com significativa atividade exportadora. Além disso, a atividade suinícola constitui-se em importante fator de desenvolvimento econômico. Deste modo, a busca de soluções à problemática ambiental é fortemente influenciada pela competitividade de mercado. Tal contexto, aliado à carência de áreas disponíveis para estocagem e tratamento dos dejetos nas propriedades, levou-me a estudar a aplicação da técnica de camas de suínos.

O sistema de criação de suínos em cama é uma técnica de origem japonesa que promove o auto-tratamento dos dejetos no local onde são gerados (baia suína) por meio de processo de compostagem (reações aeróbias com produção de calor). Este sistema requer instalações adequadas que proporcionem boa ventilação ao ambiente, com solo escavado onde coloca-se o material a ser utilizado como cama. A profundidade da cama

pode variar de 0,2 a 1,00 metro dependendo do tempo que se deseja utilizar a cama (podendo ser superior a 1 ano) ou de fatores de ordem econômica. O sistema teve boa aceitação pelos produtores de países que adotam a técnica, principalmente por oferecer vantagens econômicas com relação ao sistema convencional de criação de suínos.

Os materiais freqüentemente utilizados no sistema são a maravalha¹, serragem² e palha de trigo (moída ou não). A utilização dos materiais está associada à disponibilidade dos mesmos na vizinhança dos produtores.

Resultados satisfatórios de aplicação do sistema obtidos em bibliografias pesquisadas, e por ser um método alternativo e ambientalmente adequado de criação de suínos, estimularam o desenvolvimento do presente trabalho, que tem como objetivo *a avaliação de diferentes materiais para uso em sistema de camas. O estudo procura analisar a capacidade de retenção e de degradação dos materiais quando em contato com dejetos suínos.*

Os resultados deste estudo poderão colaborar com a redução do custo na aquisição e manuseio do material da cama, além do benefício advindo do composto orgânico - que poderá ser utilizado na lavoura - e dos ganhos na qualidade ambiental.

Este trabalho foi realizado em parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves (EMBRAPA-CNPSA), sendo desenvolvido neste último órgão, localizado no município de Concórdia. Utilizou-se como materiais de estudo a casca de arroz³, maravalha, sabugo de milho moído⁴ e serragem.

Inicialmente, o trabalho apresenta de forma resumida um panorama do estado da arte, discorrendo sobre as generalidades da área de estudo, os dejetos suínos, o sistema de camas, bem como os aspectos legislativos. Em seguida descreve-se a metodologia utilizada no procedimento experimental e, posteriormente, os principais resultados são apresentados e discutidos. As conclusões são mostradas na quinta parte.

Este trabalho está limitado somente ao estudo dos aspectos físico-químicos do sistema de camas visando o acompanhamento da degradação dos materiais. Não faz parte do estudo os aspectos sanitários do sistema relacionados com a saúde dos animais (analisados paralelamente pelo CNPSA).

¹ material obtido do beneficiamento da madeira (raspa de madeira).

² material obtido do "fio de serra" da madeira.

³ resíduos em moinhos beneficiadores de arroz.

⁴ subproduto da colheita e debulha do milho.

2. *ESTADO DA ARTE*

2.1. *GENERALIDADES DO ESTUDO*

2.1.1. Introdução

A região Oeste Catarinense têm na agroindústria sua principal base econômica, envolvendo considerável contingente humano, seja na condição de produtor, funcionário das indústrias ou prestador de serviços. A presença agroindustrial faz-se nítida em amplo espectro de elementos regionais, como na economia, empregos diretos e indiretos e meio ambiente.

Relativamente aos suinocultores, o sistema de integração promovido pelas agroindústrias induziu à intensificação da atividade, característica da região. A evolução da relação de integração que se estabeleceu entre produtores agrícolas familiares e agroindústrias da região ocorreu em duas fases. A primeira foi marcada por uma convergência relativa de interesses do setor agroindustrial com os produtores. As empresas visavam inserir seus produtos (carne suína e seus derivados) em novos mercados (nacionais e internacionais), conseqüentemente, mais produtores foram incorporados ao sistema. A segunda fase iniciou nos anos 80, onde a agroindústria começou a intensificar a integração formal dos produtores de suínos, reduzindo o número de integrados e aumentando a escala de produção dos mesmos. Tal política provocou o aumento da quantidade de dejetos gerados em cada propriedade, intensificando os problemas ambientais.

No contexto ambiental, a agroindústria foi responsável pela degradação do meio natural em diversos aspectos: exploração intensiva do solo levando à sua erosão e esgotamento, poluição das águas superficiais e de lençóis subterrâneos, proliferação de insetos diversos, odores, etc. Alguns dos problemas citados originam-se tanto da propriedade suinícola como da própria indústria processadora, e o nível da degradação é sensivelmente afetado pelas características da região.

Com relação aos aspectos legais, a atividade suinícola é objeto de reduzida atenção. Dada a complexidade do tratado e a limitada atuação do Poder Público, a aplicação da Legislação Ambiental é deficiente, como por exemplo, como analisar a conformidade do lançamento de efluentes em um rio sem uma análise

laboratorial daquele e sem conhecer-se as características do curso d'água? Deste modo, a otimização de investimentos financeiros e de recursos humanos passa, invariavelmente, pelo conhecimento do ambiente regional. Contudo, as diretrizes traçadas pelos órgãos responsáveis pela questão ambiental (Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Fundação do Meio Ambiente - FATMA e Prefeituras) são perfeitamente aplicáveis, tanto às propriedades produtoras como às indústrias e aos prestadores de serviços.

2.1.2. Caracterização da região Oeste Catarinense e cidade de Concórdia.

A região Oeste Catarinense possui uma população de 1,1 milhão de habitantes e ocupa uma área de 25,3 mil km², estendendo-se desde o Planalto Catarinense até a fronteira com a Argentina, com limites nas latitudes 25° e 28° sul e as longitudes 51° e 54° Oeste (EPAGRI, 1996).

Os 99 municípios desta região estão organizados em 6 associações:

- Associação dos Municípios do Extremo Oeste Catarinense (AMEOSC, com sede em São Miguel d'Oeste);
- Associação dos Municípios do Oeste de Catarinense (AMOSOC, com sede em Chapecó);
- Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI, com sede em Xanxerê);
- Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense (AMAUC, com sede em Concórdia);
- Associação dos Municípios do Meio Oeste Catarinense (AMMOC, com sede em Joaçaba) e
- Associação dos Municípios do Rio do Peixe (AMARP, com sede em Videira).

O solo da região pode ser agrupado em três categorias de acordo com suas características de fertilidade natural, fisiográficas (relevo, profundidade e pedregosidade), material de origem, grau de desenvolvimento, potencialidade de uso e aptidão para culturas anuais.

Deste modo, apresenta-se os seguintes agrupamentos:

- 31,3% podem ser chamados de terras “nobres”, constituídas de solos profundos (> 100 cm), relevo com declives máximos de 20% e pedregosidade máxima moderada (até 3% de pedras);

- 25,7% constituída de solos com relevo forte ondulado (de 20 a 45% de declive) e/ou pouco profundos (de 50 a 100 cm) e/ou pedregosos (de 3 a 15% de pedras);

- 41,5% constituídos de solos rasos (< 50 cm), muito pedregoso a extremamente pedregoso (50% ou mais de pedras), relevo montanhoso (45% ou mais de declive).

O 1,5% restante da área total é ocupado por rios, lâminas d'água, cidades, etc. (Instituto CEPA/SC,1990).

A base do crescimento econômico regional tem sido a produção familiar diversificada, voltada ao mercado e associada à agroindústria. A economia agrícola teve como principais produtos o milho e suínos e, posteriormente, milho, suínos e aves. Também contribuiu significativamente na produção agropecuária regional as culturas de feijão e soja.

A região dispõe cerca de 510,3 mil hectares para cultivo sustentável de milho e observa-se que as menores propriedades agrícolas que apresentam tal cultivo desempenham grande importância: aquelas menores de 20 ha apresentam um potencial total de cultivo de 162,9 mil hectares e as de 20 a 50 ha, de 189 mil hectares. Nestes grupos encontram-se a maioria dos criadores de suínos e aves (EPAGRI, 1996).

Estimativas da Associação Brasileira de Criadores de Suínos - ABCS (1993), para 1995 indicavam 20 mil suinocultores, dos quais cerca de 4 mil promoveriam o controle e uso dos dejetos. Embora não dispondo-se de dados oficiais, sabe-se que o número atual de produtores que fazem controle e uso dos dejetos aumentou.

Na tabela 2.1 pode-se observar a evolução do número de suinocultores e integrados às agroindústrias da região.

Tabela 2.1- Evolução do número total de suinocultores integrados no Oeste Catarinense

Anos	Integrados	Total produtores
1980	3.860	67.000
81	4.045	-
82	5.242	-
83	9.396	-
84	12.639	-
85	18.232	45.000
86	26.176	-
87	25.657	-
88	24.056	-
93	-	30.000
94	-	-
95	18.700	20.000
2000	-	10 a 20.000

Fonte: EPAGRI, 1996.

A região Oeste detém atualmente o maior complexo agroindustrial de suínos e aves do Brasil. Inserida nesta região, encontra-se a microrregião de Concórdia, constituída por 11 municípios, dentre os quais destaca-se *Concórdia*.

No norte da microrregião predominam solos rasos de fertilidade natural variável com presença de pedras na superfície, utilizados para o plantio de milho, feijão e demais culturas de subsistência. No sul, predominam os solos de menor profundidade e em desenvolvimento, utilizados para plantio de feijão, milho e outros, bem como para pastagem e silvicultura. Em algumas áreas do sul da microrregião ocorrem os solos profundos, bem drenados, utilizados principalmente para o plantio de soja, milho e trigo, para pastagem e fruticultura (GAPLAN, 1986 e 1991).

Na figura 2.1 mostra-se a localização do município de Concórdia.

2.1.3. Histórico do complexo agroindustrial

A modernização da agricultura deu-se a nível nacional a partir do final dos anos 60, chegando a Santa Catarina e encontrando características favoráveis como:

- a existência de uma produção familiar dinâmica já articulada ao processo de agroindustrialização da atividade suinícola, mesmo que informal;
- um parque agroindustrial em expansão, concentrado nas atividades de produção e industrialização de matérias-primas agrícolas onde hoje destacam-se empresas líderes do setor como SADIA S.A. , CHAPECÓ S.A. , PERDIGÃO S.A. , SEARA/CEVAL S.A. e COOPERCENTRAL S.A. ;
- políticas públicas de financiamento à modernização dos parques industriais instalados no Estado e para modernização da agricultura, provindas do Governo Federal;
- existência de um serviço público de assistência técnica e extensão rural executada pela ACARESC - Associação de Crédito Rural do Estado de Santa Catarina. A Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária-EMPASC e a EMBRAPA/CNPSA, davam suporte à geração e adaptação da tecnologia agropecuária (ACARESC e a EMPASC fundiram-se, originando a EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina).

O grupo SADIA iniciou suas atividades em Concórdia/SC em 1944, operando na comercialização de grãos e, posteriormente, suínos. Mais tarde passou a atuar no abate de suínos e na industrialização. Desde o início suas atenções extrapolavam o mercado local e regional. Assim foi com os produtos da industrialização de suínos (banha e carne), que foram comercializados em mercados dos grandes centros do país, especialmente Rio de Janeiro e São Paulo. No decorrer dos anos 50 e 60, continuou com o incremento dos industrializados (salame, presunto, lingüiça, mortadela, etc.).

A SADIA foi pioneira na implantação do sistema de integração vertical⁵ com o setor agrícola. O início se deu ainda nos anos 50, um sistema de fomento rural, cujo objetivo era incrementar a produção de suínos via introdução de animais e insumos industriais modernos (Mior, 1992).

⁵ sistema no qual o suinocultor concentra-se na produção de suínos e/ou terminados, trabalhando sob a forma de contrato com o integrador. O integrado é responsável pelas instalações, mão-de-obra e venda dos terminados para o integrador. Este último é responsável pela assistência técnica, nutrição e genética.

O grupo PERDIGÃO foi criado em 1934 na cidade de Videira. Atuou inicialmente no ramo comercial, e mais tarde ampliou suas atividades para o ramo industrial através de frigoríficos de suínos. A evolução do grupo deu-se ao longo dos anos 70 e, principalmente, a partir do final da década, quando duplicou em apenas um ano a capacidade de abate de suínos, passando de 500 mil cabeças em 1979 para 1 milhão em 1980.

O grupo CEVAL nasceu em 1972, ligado ao setor de esmagamento, processamento e comercialização interna - mas principalmente externa - de soja e seus derivados. Em 1980, quando adquiriu o controle acionário da Seara Agroindustrial Ltda, diversificou suas atividades econômicas, através da integração vertical, passando a atuar também no setor de carnes suínas e avícolas (Mior, 1992).

As agroindústrias trouxeram benefícios econômicos à região através da geração de empregos. Porém, a intensificação da produção agroindustrial gerou graves problemas ambientais.

2.1.4. Principais problemas ambientais da região

A conquista de novos mercados consumidores de carne suína fez com que os produtores aumentassem o número de animais na propriedade e conseqüentemente a produção de milho. Ao que parece, os produtores e demais agentes envolvidos na expansão da suinocultura não se aperceberam das conseqüências advindas do volume e potencial de poluição dos dejetos, pois os sistemas de tratamento adotados não eram ambientalmente adequados. A busca por empregos gerados pelas agroindústrias, fez com que aumentasse o contingente populacional da região gerando diversos problemas ambientais. A seguir comenta-se alguns dos principais problemas da região segundo EPAGRI (1996).

2.1.4.4.Efluentes industriais

Os principais efluentes industriais da região são originados de abatedouros/frigoríficos e de celulose, os quais freqüentemente são submetidos a sistemas de tratamento de eficiência reduzida e, em seguida, lançados nos rios. A nível de Concórdia, observa-se também diversos problemas de ordem ambiental relacionados à curtumes.

2.1.4.5.Dejetos de suínos

Os sistemas de produção de suínos adotados na região caracterizam-se pelo alto nível de confinamento, resultando em grande volume de dejetos sólidos e líquidos. O aumento do plantel suinícola de Santa Catarina ocasionou uma intensa degradação ambiental representada pela alta carga orgânica lançada nos rios e solo: a maioria dos produtores possuem somente sistemas de estocagem, cujas dimensões são insuficientes para comportar o volume gerado até sua estabilização. Esta deficiência provoca a retirada do material antes do prazo necessário, podendo causar prejuízos ambientais e econômicos quando lançados à lavoura.

Quando lançados em grande quantidade nos rios, os dejetos requerem elevado nível de oxigênio para serem degradados, e esta alta carga orgânica provoca a morte de peixes, bem como favorece a proliferação de mosquitos borrachudos (simulídeos), o que é bastante comum na região Oeste do Estado. Outro fator de considerada importância, porém de menor intensidade, é a quantidade de detergentes e desinfetantes resultantes da limpeza das instalações. Tais despejos são lançados nos rios juntamente com os dejetos, agravando ainda mais a situação devido a formação de espumas na interface ar/água.

A quantidade de dejetos produzidos por uma criação de suínos sofre grande influência das épocas do ano, independente do tamanho do animal. O incremento na quantidade de resíduos durante o verão deve-se ao aumento da produção de urina que é influenciado pela dieta e pela temperatura ambiente, fazendo com que maior quantidade de água seja ingerida pelo animal (Brumm et al, 1980, Konzen, 1983 e Perdomo, 1995).

Segundo Konzen (1983), suínos em crescimento e terminação consomem em geral aproximadamente 5,5 litros de água/animal por dia e produzem de 2 a 2,5% do seu peso vivo de urina.

O volume total de dejetos de uma criação depende ainda do sistema de manejo adotado pelo produtor, bem como da quantidade de água desperdiçada pelos bebedouros e do volume de água utilizado na higienização da instalação (Konzen, 1983, Perdomo, 1995 e Belli, 1995).

A quantidade total de resíduos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, de 8,5 a 4,9% de seu peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100Kg (Oliveira, 1993).

2.2. OS DEJETOS SUÍNOS

2.2.1. Introdução

No Reino Unido são produzidos, a cada ano, 8×10^6 toneladas de dejetos de suínos, que estão relacionados com 10% dos incidentes de poluição por resíduos agrícolas.

Nos Estados Unidos da América, aproximadamente dois terços dos grandes produtores, e cerca da metade dos produtores médios de suínos, operam unidades de criação totalmente intensivas que apresentam problemas de manejo dos resíduos.

Em Hong Kong uma grande ameaça ambiental resulta da produção de 1.500 toneladas/dia de dejetos produzidos por 570 mil suínos, representando aproximadamente 55% da DBO proveniente de resíduos de produção animal.

Em Cuba, o impacto ambiental dos resíduos de suínos é agravado por ser a maioria dos solos muito permeáveis, provocando riscos de contaminação das águas subterrâneas com a sua irrigação, e por serem os corpos receptores, em sua maioria, pequenos rios ou riachos com pouca capacidade de autodepuração (Montalvo, 1995 ⁶ citado por Oliveira, 1997).

⁶ Montalvo, S. Industrial and rural piggeries wastewaters. In: International course. Treatment of agroindustrial residues. Case studies of wastewater treatment. Cidade de México. 1995. 102-117p.

Na Itália, a suinocultura intensiva está concentrada em algumas regiões do Norte, produzindo aproximadamente 20 milhões de metros cúbicos de resíduos por ano. Através de legislação de proteção ambiental, fixou-se o limite de 4 toneladas de peso vivo de animal por hectare de área cultivada, provocando uma interrupção no crescimento da agroindústria zootécnica (Cintoli et al, 1995 ⁷ citado por Oliveira, 1997).

No Brasil os primeiros suínos foram introduzidos no ano de 1532 por portugueses, com predominância de raças provenientes da Península Ibérica (Santiago, 1989⁸ e Gomes et al, 1992⁹ citado por Lopes, 1997). Em 1970 o rebanho era de 6,64 milhões de cabeças (Silva, 1973¹⁰ citado por Oliveira, 1997). Em 1989 o plantel constituía-se de 28 milhões (Oliveira, 1993). Em 1992 era estimado em 33,62 milhões de cabeças (IBGE, 1992), demonstrando desta forma a gravidade do problema, principalmente nas regiões sul e sudeste devido a concentração desta atividade. Os animais são confinados em instalações ao longo das diversas fases de seu ciclo produtivo.

O Estado de Santa Catarina apresentava em 1990 um rebanho de 3,35 milhões de cabeças (Oliveira, 1993), sendo que a maior concentração está na região Oeste do Estado. Segundo Konzen (1983), o suíno adulto produz em média 0,27 m³/ mês de dejetos líquidos. Deste modo a produção de dejetos no Estado era de aproximadamente 30 mil m³/ dia.

Considerando uma produção média de 3,14m³/ano de esterco líquido por suíno, e um rebanho de aproximadamente 2,8 milhões de cabeças, tem-se anualmente no Oeste Catarinense uma produção de 8,8 milhões de m³ de esterco líquido (ABCS, 1993).

A criação de suínos em confinamento requer grande cuidado com os dejetos, pois além do problema ambiental que poderá ser causado pelo acúmulo e manejo inadequado destes, gera a proliferação de moscas que se multiplicam rapidamente.

⁷ Cintoli, R. et al. Ammonium uptake by zeolite and treatment in UASB reator of piggery wastewater. *Wat. Sci. Tech.* V.32, n. 12. 1995.73-81p.

⁸ Santiago, M. D. Determinação do custo de produção de suínos no estado de São Paulo e análise de rentabilidade. Piracicaba. 1989. 152p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

⁹ Gomes, M. F. F. et al. Análise prospectiva do complexo agroindustrial de suínos no Brasil. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA. 1992. 108p.

¹⁰ Silva, P. R. Lagoas de estabilização para tratamento de resíduos de suínos. São Carlos/SP. 1973. 73p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Estes insetos podem carregar agentes causadores de doenças como meningite estreptocócica, de feridas purulentas, de diarreias como cólera e outras desintérias causadas por bactérias ou protozoários, bem como agentes causadores de viroses e verminoses (Paiva, 1995).

2.2.2. Algumas características dos dejetos

O potencial poluidor dos dejetos suínos é elevado quando comparado ao humano: enquanto a Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅ do esgoto doméstico é cerca de 200 a 500 mg/l, a DBO₅ dos dejetos suínos oscila entre 30.000 a 52.000 mg/l, ou seja, em torno de 260 vezes superior. Segundo o Serviço Estadual de Extensão Rural, cerca de 85% das fontes de água do meio rural das regiões produtoras apresentam coliformes fecais oriundos do lançamento de dejetos suínos (Oliveira, 1993).

Na tabela 2.2 podem ser observadas algumas características dos dejetos suínos segundo diferentes autores.

Tabela 2.2- Características dos dejetos suínos (crescimento/terminação), manejados em fossas de retenção.

Elemento componente	Unidade	Média 1	Média 2	Média 3
pH		6,94	-	6,8
Sól. Totais (ST)	%	9,00	5,20	3,3
Sól. Volát./totais (SV)	%	75,05	-	78,79
Nitrogênio total	%	0,60	0,50	0,30
Fósforo	%	0,25	0,17	0,22
Potássio	%	0,12	0,25	0,18
Cálcio	%	0,57	0,24	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO ₅	g/l	52,27	25,00	-
Demanda Química de Oxigênio-DQO	g/l	98,65	52,00	44,00
Sódio	%	0,04	0,06	-
Cobre	mg/l	11,79	45,00	-
Zinco	mg/l	72,36	55,00	-
Ferro	mg/l	216,41	130,00	-

Fonte: Média 1- Konzen (1980), citado por Oliveira (1997)

Média 2- Brionne (1993), citado por Belli (1995).

Média 3- Gosmann (1997).

A tabela 2.2 mostra que as características dos dejetos podem apresentar grandes variações na concentração de seus componentes, dependendo da diluição, da modalidade como são manuseados e armazenados, do tipo de alimentação dos animais e manejo adotado. Observa-se que os parâmetros dos dejetos citados por Belli apresentam valores inferiores aos citados por Oliveira, principalmente no que se refere a DQO e DBO₅, os quais apresentam aproximadamente a metade do valor citado pelo último, porém estes valores são superiores aos citados por Gosmann.

Segundo Scherer (1995), dependendo do sistema de criação, teor de matéria seca presente, coleta e armazenamento do esterco, o valor fertilizante pode apresentar grande variação. Estudos preliminares, com amostras de dejetos de suínos coletadas na região Oeste do Estado e trabalhos desenvolvidos em outros países, mostraram que existe uma relação entre o teor de matéria seca do esterco líquido e a concentração de nutrientes neste, ou seja, quanto maior o teor de matéria seca no esterco, maior será a concentração de nutrientes.

A tabela 2.3 mostra a produção média diária de dejetos suínos. A composição dos dejetos animais está associada ao sistema de manejo adotado, sendo que podem apresentar grandes variações (conforme citado anteriormente).

Tabela 2.3- Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina (kg/dia)	Dejetos Líquidos (litros/dia)
25 - 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas reposição cobrição e gestantes	3,60	11,00	16,00
Porca em lactação com leitões	6,40	18,00	27,00
Macho	3,00	6,00	9,00
Leitões	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Tietjen (1966), Committee of National Pork Producers Council (1981), Loehr (1974), Sancevero et al. (1979) e Konzen (1980), citados por Oliveira (1993).

Segundo Vanderholm (1979), o manejo do resíduo é parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de animais e deve estar incluído no planejamento da construção ou modificação das instalações. A seleção de um sistema de manejo dos dejetos é baseado em muitos fatores, tais como: custo, potencial de poluição do ar e da água, necessidade de mão-de-obra, considerações locais, área disponível para disposição, operação, flexibilidade do sistema e confiabilidade. Não existe o mais simples e melhor sistema para todas as situações, cada qual tem vantagens e desvantagens que devem ser consideradas para um sistema de produção específico.

Variadas técnicas podem ser empregadas visando a minimização dos impactos causados pelos dejetos: esterqueiras, bioesterqueiras, lançamento no solo, lagoas (aeradas ou não), camas etc. Embora de eficiência reconhecida, freqüentemente tais sistemas acabam sendo mal operados ou mantidos. Consequentemente, os efluentes apresentam características em desconformidade com os padrões necessários à manutenção da qualidade ambiental. Nos sistemas convencionais de criação de suínos a quantidade de dejetos produzida é grande, portanto faz-se necessário a existência de grandes instalações para estocagem e tratamento dos dejetos.

2.2.3. Principais soluções adotadas

2.2.3.1. Esterqueiras e bioesterqueiras

Grande parte dos produtores não apresentam sistema de tratamento para os dejetos, possuindo apenas esterqueiras (unidade de estocagem de dejetos). Após esgotada sua capacidade a esterqueira tem que ser esvaziada. Para isso o produtor necessita de trator com distribuidor, o qual nem sempre está disponível no momento necessário. Os dejetos retirados das esterqueiras são lançados nas lavouras, na maioria das vezes de forma indiscriminada.

As esterqueiras são compostas de uma câmara, preferencialmente revestida, com tempo de retenção hidráulica previsto para 90 a 120 dias. Os dejetos frescos são conduzidos em fluxo descendente. A eficiência é menor que da bioesterqueira, e quando

usada somente com dejetos de suínos, quase sempre ocorre putrefação do material (EPAGRI,1995).

As bioesterqueiras tem sido recomendadas pela EPAGRI/SC para o tratamento de dejetos de suínos em pequenas e médias criações. São compostas de dois compartimentos, sendo que no primeiro ocorre uma fase de fermentação anaeróbia da matéria orgânica (câmara de fermentação, tempo de retenção de 45 dias). O segundo compartimento promove um armazenamento do biofertilizante, e possui capacidade de armazenamento de 90-120 dias, perfazendo um tempo de retenção hidráulica total de 135 dias. A câmara de fermentação deve ser dividida em dois compartimentos iguais, o que é obtido através de uma parede cuja altura equivale a 70% da altura das paredes externas (ver figura 2.2). O processo de fermentação anaeróbio pode ser inibido por diversos fatores como: presença de substâncias tóxicas e variações bruscas de temperatura e pH. Os dejetos frescos chegam pelo fundo do primeiro compartimento, passando ao depósito da bioesterqueira a partir do fundo do segundo compartimento.

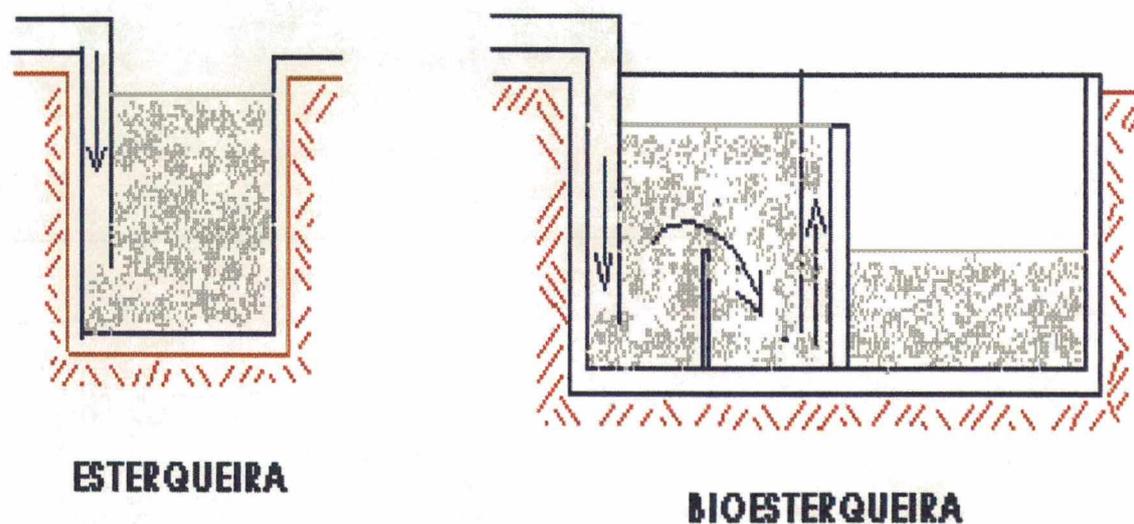


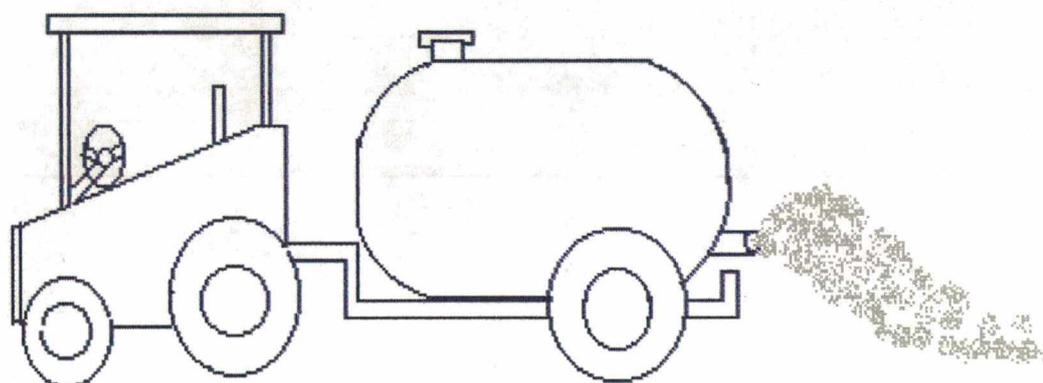
Figura 2.2- Desenho esquemático da Esterqueira e Bioesterqueira.

A bioesterqueira é recomendada principalmente para agricultores que valorizam os dejetos na lavoura como fertilizante havendo, portanto, necessidade de distribuidor.

De acordo com Gosmann (1997), a esterqueira e a bioesterqueira são reatores adequados para armazenamento, não podendo ser considerados sistema de tratamento dos dejetos. Ambos os sistemas apresentam a mesma eficiência na redução/degradação da matéria orgânica e na preservação do poder fertilizante.

2.2.3.2. Lançamento no solo como fertilizante

Os dejetos suínos apresentam nutrientes (ainda que, muitas vezes, em formas não diretamente assimiláveis pelas culturas) que podem ser aproveitados na agricultura como, por exemplo, Nitrogênio, Fósforo e Potássio. De posse desta informação, nota-se que os suinocultores têm intensificado o lançamento deste produto nas lavouras, na maioria das vezes sem observar os critérios técnicos aplicáveis ao caso. A quantidade de dejetos a ser aplicada depende da concentração dos nutrientes, tipo de solo, cultura e proximidade do lençol freático. Para efetuar a distribuição dos dejetos, é necessário um trator distribuidor (figura 2.3).



DISTRIBUIDOR DE DEJETOS

Figura 2.3- Desenho esquemático de um trator distribuidor de dejetos.

As necessidades nutricionais de uma cultura dificilmente serão supridas de forma equilibrada somente com materiais orgânicos, pois a concentração de N, P_2O_5 e K_2O neles existentes difere das relações comumente requeridas pelo solo. Para se evitar a

adição de alguns nutrientes em quantidades superiores às exigidas, recomenda-se tomar por base o nutriente cuja quantidade será satisfeita com a menor dose de adubo orgânico. A tabela 2.4 apresenta o percentual de transformação da quantidade total de nutrientes (contidos nos adubos orgânicos) que passa para a forma mineral nos sucessivos cultivos após a aplicação.

Tabela 2.4- Índice de eficiência de liberação dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral, em cultivos sucessivos.

Nutrientes	Índice de eficiência		
	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
N	0,5	0,2	-
P ₂ O ₅	0,6	0,2	-
K ₂ O	1,0	-	-

Fonte: EPAGRI, 1996.

De acordo com o Manual de Recomendações de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina sugere-se, para a cultura de milho, dose de até 160 kg de Nitrogênio/ha ($\pm 60\text{m}^3$ de dejetos estabilizado) parcelada em duas vezes quando a semeadura for efetuada logo após a aplicação. Caso contrário, poderá ser feita aplicação de dejetos frescos, devendo-se aguardar aproximadamente 25 dias para que o dejetos estabilize para então promover a semeadura.

Ainda necessita-se de pesquisa nesta área para se verificar o comportamento dos nutrientes no solo e níveis de nitrato nas águas, visando-se ter segurança nas indicações de doses para diferentes tipos de solos.

2.2.3.3. Lagoas e decantadores

O uso de lagoas para o tratamento dos dejetos tem como principal objetivo a redução da carga orgânica contida no efluente. As lagoas devem ser dimensionadas em função da carga orgânica (DBO₅) e tempo de retenção hidráulica. As mais utilizadas são as anaeróbias. A estimativa da eficiência de remoção da DBO₅ é de 83% (Dartora, 1998).

Em trabalho realizado por Medri (1997), foi utilizado para o tratamento dos dejetos suínos um sistema compreendendo: um equalizador, um decantador de fluxo

ascendente com palhetas, duas lagoas anaeróbias, uma facultativa e uma de aguapé. O percentual de remoção de DBO_5 da série de lagoas foi da ordem de 97%.

O tratamento com lagoas requer grandes áreas disponíveis para sua implantação, recomendando-se a utilização deste sistema somente quando existir na propriedade área disponível para este fim.

Para melhorar o desempenho das lagoas, pode-se utilizar decantadores como tratamento preliminar. O decantador separa a parte sólida da líquida dos dejetos, aumentando desta forma a eficiência dos processos posteriores, além do que o material resultante (lodo) pode ser valorizado na lavoura.

Este processo remove aproximadamente 50% do sólido dos dejetos (Dartora,1998). Segundo Medri (1997), é removido 30% da DBO_5 e 42% dos sólidos totais no decantador.

A figura 2.4 representa um decantador de fluxo ascendente com palhetas e uma lagoa de estabilização, utilizados no tratamento dos dejetos.

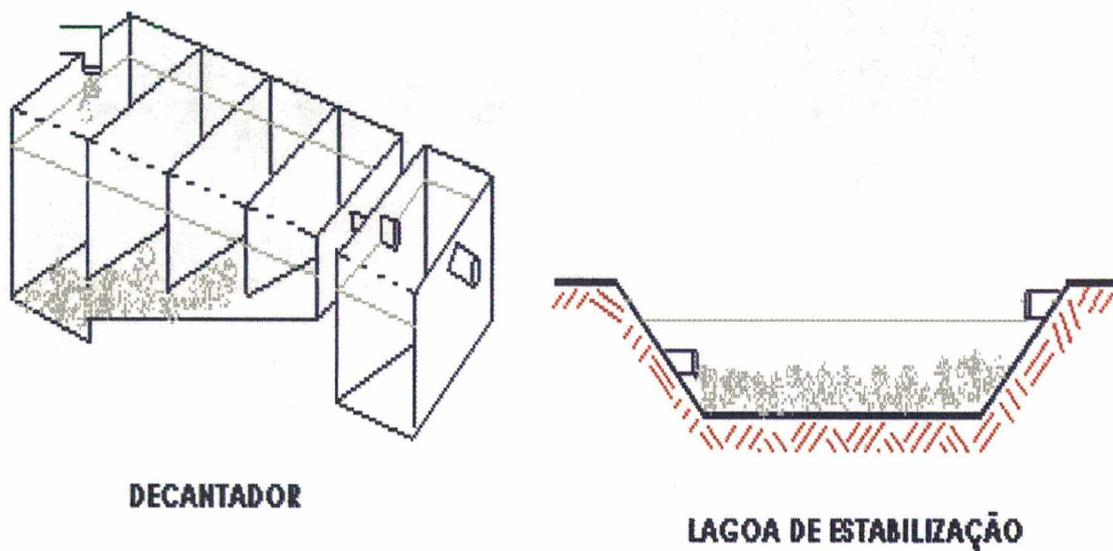


Figura 2.4- Desenho esquemático de um Decantador e uma Lagoa de Estabilização.

2.2.3.4. Sistema de camas

A adoção do sistema de criação de suínos em camas tem como principal objetivo evitar a poluição ambiental. Na mesma instalação onde os suínos são criados, os dejetos são tratados através de processo de degradação biológica aeróbia, fazendo-se necessário para isso reviras periódicas no material.

Em bibliografias pesquisadas fica ressaltada a boa aceitação do sistema entre os produtores, principalmente por apresentar vantagens econômicas com relação ao sistema convencional de criação tais como:

- não necessidade de sistema de estocagem ou tratamento dos dejetos;
- eliminação completa dos dejetos líquidos, retendo os sólidos no material da cama, facilitando o manejo;
- não produção de maus odores e nem proliferação de moscas visto que o processo é aeróbio, caracterizado por altas temperaturas (podendo ser superiores a 60°C);
- menor área de edificação do que no sistema convencional de criação;
- produção de um composto orgânico, aplicável à lavoura.

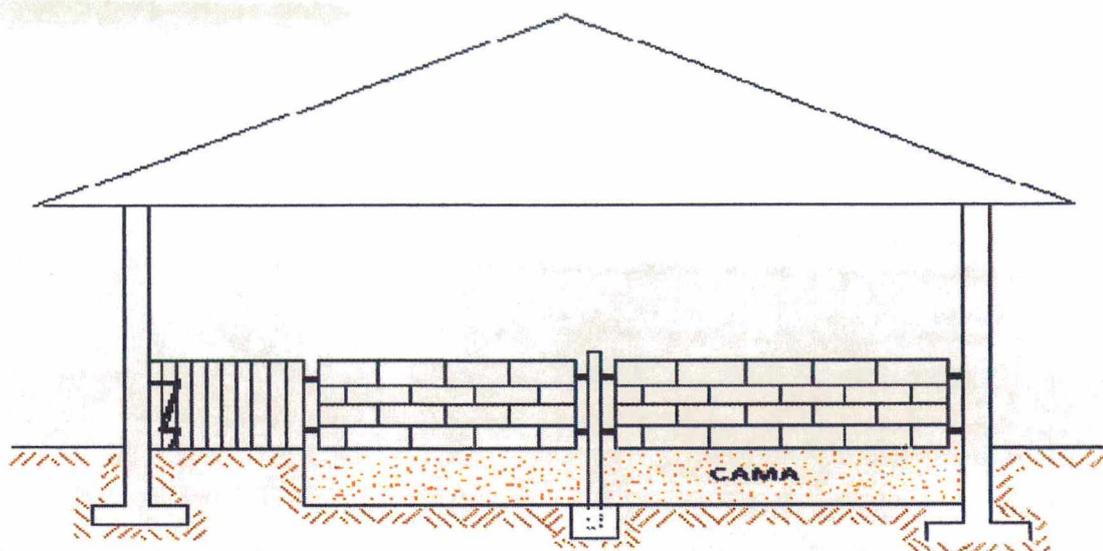
Inicialmente, foi estudado no Japão sistemas de camas com profundidades variando de 0,5 a 1,00 metro, o qual é chamado *sistema de criação de suínos em cama profunda*. Este sistema foi testado em diversas propriedades, onde os pequenos produtores reclamavam da dificuldade em revirar o material (manualmente, com auxílio de um garfo).

Anos mais tarde, tentando-se eliminar o problema de manejo, foi estudado profundidades menores para o sistema, variando de 0,2 a 0,4 metros, ficando conhecido como *sistema de criação de suínos em cama superficial*.

Atualmente existem outras variações do sistema (que são comentadas no item 2.3.3.) como, por exemplo, o sistema denominado cama-metade, onde utiliza-se metade da baia com cama e a outra metade com piso de concreto (Lo, 1992).

Esta técnica desenvolveu-se no extremo oriente e apresenta-se difundida por toda a Europa, sendo estudada e adaptada às condições de cada país. O sistema compreende uma instalação especial, cujo piso consiste em solo escavado e compactado,

onde o material a ser usado como cama é colocado. A figura 2.5 representa uma edificação para criação de suínos em cama.



INSTALAÇÃO PARA CRIAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE CAMA

Figura 2.5 - Desenho esquemático de uma instalação de sistema de camas.

O tempo de permanência do material na cama depende não só das condições climáticas de cada país e do manejo do sistema, como também do regime de alimentação dos animais (Huysman, 1992).

Independente do sistema utilizado (ver ítem 2.3.3), o mesmo tipo de material usado como cama apresenta tempos de permanência diferentes de um país para outro, variando de 3 até 18 meses em camas profundas, e 3 a 4 até 6 a 8 meses em camas superficiais (Shilton, 1994 ; Gadd, 1991).

2.3. SISTEMA DE CRIAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE CAMA

2.3.1. Introdução

Devido a falta de grandes áreas disponíveis para construção de sistemas de tratamento dos dejetos de suínos e a necessidade de preservação e conservação do meio ambiente, desenvolveu-se a técnica de criação de suínos sobre cama. Este sistema visa eliminar por completo os dejetos líquidos e reter os sólidos na camada que constitui a cama, facilitando desta forma o manejo dos mesmos. A técnica inicial baseia-se na aplicação regular de enzimas como fator de crescimento bacteriano (as bactérias são responsáveis pelo processo de degradação da cama).

A poluição ambiental foi o maior motivo para a adoção do sistema de camas. Na Holanda, por exemplo, existe grande preocupação com a poluição do solo e emissão de NH_3 . Naquele país, 40 a 50% da acidificação é causada pela emissão de amônia, cuja principal fonte é agrícola (94%) (Heij & Schneider¹¹, 1991- citado por Oosthoek, 1992). O objetivo do governo, por força da legislação, é reduzir a emissão de NH_3 , até o ano 2000, em 50 a 70% relativamente a 1980 (N.N¹², 1989 citado por Oosthoek, 1992).

Em Hong Kong as legislações de controle de resíduos são bastante severas no que diz respeito ao padrão de qualidade da água para qualquer efluente descarregado de granjas de suínos. A obediência a esses padrões traz dificuldade aos produtores, pois fazendas de plantação são escassas e o método de distribuição no solo (que é o mais econômico) torna-se inviável. Motivos econômicos inviabilizam a aplicação de outros métodos de tratamento na maioria das granjas (Lo, 1992).

Desde os anos 70, granjas japonesas aplicam o método de criação de suínos em cama, com estimativas indicando um número de animais superior a 250 mil (Pig International, 1991 e Lo, 1992). Alguns produtores, contudo, mudaram a concepção da edificação para poderem utilizar mecanização no serviço de manutenção do sistema, reduzindo desta forma o tempo de trabalho necessário para este fim.

¹¹ Heij, G. J. & Schneider. 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.

¹² N. N. 1989. National Milieubeleidsplan. Tweede Kamer. vergaderjaar 1988-89. 21 137. nrs. 1-2. 134p. SDU uitgeverij's - Gravenhage.

Atualmente em estudo no Brasil, este sistema consiste de uma instalação onde não existe paredes de alvenaria nas laterais, mas sim grades metálicas com aproximadamente 1,0 metro de altura e telhado com altura ($\pm 3,30$ m) que proporciona um ambiente bastante ventilado. A instalação deve conter beiral ou arborização ao redor para evitar insolação no material da cama, uma boa ventilação do sistema reduz o calor para os suínos e facilita a remoção de umidade das baias. A localização da instalação é importante para se evitar o bloqueio da corrente de ar através da instalação. Cada baia é dividida apenas por estruturas metálicas móveis (grades) que facilitam o trabalho de revira.

Cada animal ocupa uma área de cama que pode variar de 1 a 1,2 m², podendo ainda o produtor deixar toda a instalação com uma única baia, ou seja, sem divisórias (Huysman, 1992; Theobald, 1992; Gadd, 1991). O material da cama deve receber reviras (misturas) periódicas, para melhorar a absorção dos dejetos, evitando a proliferação de moscas, bem como acelerando o processo de estabilização do material. O sistema deve iniciar no período de inverno devido à liberação de calor do material da cama durante o início do processo de degradação (deste modo os animais dispõem de maior conforto térmico).

Este sistema é mais utilizado na fase de crescimento e terminação de suínos. Os animais são introduzidos com peso entre 18 e 25 kg, permanecendo na cama até atingirem aproximadamente 105 kg, que é o peso de abate (ver anexo 2- curva de crescimento dos suínos).

No sistema de camas os animais apresentam-se praticamente limpos e mansos quando comparados aos do sistema convencional de criação. Não existe desinfecção entre lotes, e o tratamento dos dejetos na cama baseia-se no processo de *compostagem*¹³, onde o calor é produzido e a umidade é acrescentada no sistema através das fezes e urina e, em menor escala, água de desperdício dos bebedouros.

¹³ A compostagem é um processo de decomposição aeróbia onde a ação e a interação dos microrganismos também depende da ocorrência de condições favoráveis, tais como: temperatura, umidade, aeração, pH, tipo de composto orgânico, concentração e tipo de nutrientes disponíveis. Estes fatores ocorrem simultaneamente e a eficiência da compostagem baseia-se na interdependência e no inter-relacionamento destes fatores (Peixoto, 1988).

Segundo Colueke (1991), compostagem é um método de manejo dos resíduos pelo qual a matéria orgânica é biologicamente decomposta, sob condições controladas, a um estado em que pode ser manuseada, estocada e/ou aplicada ao solo sem afetar adversamente o meio ambiente.

Inicialmente o excesso de umidade evapora devido à alta temperatura e é, posteriormente, removido através da ventilação. A eficiência do processo e a quantidade de calor produzido depende de vários fatores, cujos mais importantes são: relação C/N, quantidade de oxigênio, teor de matéria seca (umidade), e temperatura. Quando a temperatura externa cai muito, a cama ganha umidade, prejudicando o processo e causando aparência desagradável da cama e dos animais. A temperatura da cama depende do tipo de material usado (Huysman, 1992).

O processo de compostagem nas camas diferencia-se do processo convencional de compostagem devido ao último ser realizado com o material em forma de leiras (montes ou pilhas), onde a temperatura é controlada de forma a aumentar a eficiência do processo.

Ainda não existe conhecimento suficiente sobre o manejo ideal do sistema de cama devido às influências climáticas e do regime de alimentação dos animais.

2.3.2. Fatores que afetam o bom funcionamento do sistema

Segundo Theobald (1992), para um bom desempenho do sistema é necessário cuidados com a quantidade de aditivo bacteriano, frequência e intensidade de aeração da cama e a qualidade do material. Em outras palavras, é necessário proporcionar condições ambientais adequadas de modo que a decomposição aeróbia aconteça. Esta caracteriza-se por elevação da temperatura, ausência de odores fétidos e curto período de estabilização.

Os principais fatores que afetam a decomposição do material da cama são em regra geral similares aos que norteiam a compostagem tradicional, a saber:

1- Suprimento de oxigênio: o material da cama deve ser mantido com suas partículas soltas de forma a criar interstícios, pelos quais entra o ar. A maior granulometria das partículas fornece mais espaço para o ar, porém reduz a capacidade de armazenar umidade. Um elevado teor de umidade (superior a 60%) reduz o suprimento de ar para a manutenção do processo aeróbio. A ausência de oxigênio torna o processo de

decomposição anaeróbio, caracterizado por baixa temperatura e produção de maus odores.

Em sistemas de profundidade, pode ocorrer decomposição anaeróbia na camada mais profunda da cama (onde existe baixo suprimento de oxigênio), podendo liberar maus odores ao se revirar o material da cama (Lo, 1992). Este problema é minimizado quando aumenta-se a frequência de revira do material ou quando trabalha-se com o sistema superficial. Por este motivo, é importante fazer reviras periódicas eficientes no material, mantendo as condições adequadas para o processo.

Segundo Peixoto (1988) um suprimento adequado de ar ao material a ser compostado, é essencial para fornecer oxigênio e retirar o gás carbônico produzido. O tamanho das partículas, o teor de umidade e o número de reviras influem diretamente na aeração.

2- *Umidade*: a decomposição da matéria orgânica depende, sobretudo, da umidade para garantir a atividade microbiológica (a estrutura dos microorganismos consiste de aproximadamente 90% de água). Para a produção de novas células, a água precisa ser obtida do meio, além do que todo nutriente necessário ao metabolismo celular precisa ser dissolvido em água antes de sua assimilação (Pereira Neto, 1992).

Teores de umidade variando entre 40 e 60% favorecem o processo aeróbio (Merkel, 1981¹⁴ - citado por Goulart, 1997). No momento em que o espaço de ar da cama começa a ser ocupado pela água, e o nível de umidade excede a 70%, faz-se então necessária uma aeração mais adequada do sistema. Umidade acima de 60% contribui para a compactação do material devido ao reduzido suprimento de ar. A partir do momento em que houver falta de oxigênio, o processo aeróbio dará lugar ao anaeróbio e maus odores serão produzidos.

3- *Temperatura*: a temperatura indica o nível de atividade bacteriana. Bactérias aeróbias termofílicas têm seu maior desenvolvimento na faixa de 40 a 65°C (Pereira Neto, 1993). Uma queda na temperatura é resultante de uma redução da atividade microbiológica que ocorre quando a fonte de carbono mais disponível já foi exaurida, ou devido a problemas no sistema (Pereira Neto, 1989).

¹⁴ Merkel, A. J. Managing livestock wastes. Westport: Avi Publishing Company. 1981. 419p.

Este fenômeno acarreta a diminuição do poder “desinfetante” (redução de microorganismos patogênicos) e da evaporação da umidade excessiva da cama. A revira do material faz aumentar a atividade bacteriana e, conseqüentemente, a produção de calor.

4- Mistura (revira) do material: a mistura do material torna-o mais susceptível ao desenvolvimento bacteriano, pois homogeneiza a distribuição dos nutrientes, melhora a oxigenação e aumenta a superfície de contato. Como os suínos defecam nos cantos, ou sempre de um lado da baia (oposto à alimentação), acabam sobrecarregando a área com resíduo fresco úmido, enquanto outros pontos estão demasiado secos. É necessário que o resíduo seja misturado horizontalmente e verticalmente, tornando o leito uniforme e possibilitando uma ótima decomposição.

5- Suprimento de matéria orgânica: microrganismos requerem carbono como fonte de energia para seu desenvolvimento, e nitrogênio para a síntese de proteína. O carbono deve ser fornecido pelo material da cama e o nitrogênio principalmente pelos dejetos suínos. De acordo com Pereira Neto (1993), a taxa ótima de carbono/nitrogênio no início do processo de compostagem é de 30 a 40:1.

A demanda biológica de carbono é maior que a de nitrogênio: contudo, há limite para o excesso de carbono sobre o nitrogênio. Na degradação biológica de materiais celulolíticos, ricos em carbono, a atividade biológica diminui sensivelmente por causa da deficiência de nitrogênio. Por outro lado, a degradação de resíduos com baixo teor de carbono (ricos em nitrogênio) o excesso de nitrogênio é eliminado pela volatilização da amônia, de forma natural a estabelecer o balanço entre os dois elementos (Pereira Neto, 1989).

Ao longo do processo de degradação biológica, os microorganismos absorvem 30 partes de carbono para 1 de nitrogênio sendo que, deste total, parte deste elemento é utilizado como fonte de energia para seu desenvolvimento (1/3), e o restante é transformado em gás carbônico (CO₂) (Pereira Neto, 1985).

6- Ventilação da instalação: é necessário uma boa ventilação da instalação para ajudar a reduzir a produção de calor para os suínos, bem como ajudar na evaporação e remoção da umidade das baias. Portanto, a condição da cama depende também do fluxo ou

ventilação fornecido. A localização e ambiente da construção também influenciam na ventilação, pois estruturas próximas podem bloquear a corrente de ar através da instalação.

2.3.3. Variações do sistema de camas

Estudos com sistema de camas têm mostrado que esse tipo de instalação tem efeitos benéficos à saúde animal, especialmente com problemas de pernas (Souty et al, 1978¹⁵ e Hani et al, 1983¹⁶, citado por Matte, 1993).

O sistema de camas apresenta variações, dependendo das condições climáticas do lugar e econômicas do produtor. Em climas frios, é recomendado o uso do sistema de camas em instalações fechadas com adequada eliminação do odor e gases produzidos pelos animais e material da cama (Matte, 1993).

- Camas profundas

A maioria dos sistemas de cama com profundidade entre 70 e 80 centímetros, foram operados com introdução periódica de aditivos específicos para acelerar o processo de degradação (tornando o leito uniforme).

O sistema de camas foi introduzido na Holanda em 1988, por apresentar vantagem com relação ao aspecto ambiental: o país têm, aproximadamente, 14 milhões de suínos e somente 2 milhões de hectares de área para agricultura. Por este motivo, a prática de lançamento no solo torna-se um problema (Huysman, 1992). Este país passou a estudar o sistema de camas com o intuito de reduzir a emissão de amônia que chega a 35% em criações de animais em instalações fechadas (Hoy, 1992).

¹⁵ Souty, J. C. et al. 1978. Les Porcheries sur litière accumulée pour l'engraissement. (Deep-litter housing in pig fattening units). Journées rech. Porcine en France. 10:323-332.

¹⁶ Hani, H. et al. 1983. Untersuchungen zum einfluss der haltung auf Verbreitung und Schweregrad von Osteochondrosis (oc) bei Mastschweinern: vergleich der haltung im Offenfront-tiefstreustall (of) und auf Tielspaltten-boden (ts). [Influence of housing on incidence and severity of osteochondrosis in fattening pigs: Comparison of housing in open-front deep litter stalls with partly slatted floors]. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 125:453-475.

Em 1990, o Instituto de Pesquisa de Criação de Suínos daquele país iniciou estudo com camas de maravalha e serragem biocontroladas, utilizando semanalmente o aditivo SEF-C (composto enzimático que acelera o processo de degradação da cama). O estudo foi feito com suínos em crescimento e terminação, tendo a duração de 18 meses.

Em algumas granjas as instalações convencionais foram adaptadas para funcionarem como sistema de camas. Duas das 18 granjas estudadas apresentavam ventilação mecânica e 11 possuíam sistema mecanizado de revira do material. Além dos dados relacionados aos animais, como ganho de peso diário e mortalidade, foram também analisados temperatura da cama, tempo de trabalho para revira do material e presença de bactéria salmonella.

Segundo os produtores, é necessário adaptar o sistema à estação do ano para que os animais não sofram, seja com o aumento da temperatura da cama no verão (redução da absorção de alimento), seja com a baixa temperatura no inverno (a temperatura exterior pode alcançar 10° C negativos). Recomenda-se então, iniciar o sistema no inverno visto que as maiores temperaturas são registradas no início do processo de degradação.

A tabela 2.5 mostra os resultados do estudo com cama comparado ao sistema convencional de criação, realizado na Holanda.

Tabela 2.5- Resultados técnicos comparativos entre os sistemas de cama e convencional.

Item	Sistema de cama	Sistema convencional
Ganho diário (g)	686	712
Conversão alimentar	3,01	2,88
Absorção alimentar (kg/dia)	2,10	2,07
Carne magra (%)	52,7	53,2
Qualidade da carcaça	70,8	82,2
Mortalidade (%)	3,6	2,1

Fonte: Huysman et al, 1992.

Os resultados não satisfizeram as expectativas dos produtores, pois como pode-se observar na tabela 2.5, por exemplo, o ganho diário foi menor e o percentual de

mortalidade dos suínos criados em camas foi superior aos criados em sistema convencional (itens estes de extrema importância para o produtor). Estes problemas podem ter ocorrido devido a não adaptação do sistema à época do ano, à dificuldade em fazer corretamente a revirã manual do material ou, ainda, à falta de cuidado na hora de adquirir o material (verificando se estava bem acondicionado). Além disto, suínos criados em cama podem também comer quantidades significativas da cama (a qual contém alto percentual de fibra grosseira), podendo influenciar na nutrição e saúde dos animais e, conseqüentemente, nos resultados técnicos (Huysman et al, 1992).

Em 1991, a Universidade de Leipzig (Alemanha) iniciou estudo comparativo (durante o período de engorda dos animais) entre baias contendo cama de maravalha (com 0,70 m de profundidade utilizando-se aditivo de fermentação) e baia com piso de chapa metálica com armazenagem de esterco líquido sob este piso.

A temperatura ambiente inicial do experimento foi de 22° C e, no final do período de observações, inferior a 17° C. A umidade relativa do ar alcançou uma média de 55 a 65% com o maior nível na baia com cama. O estudo foi realizado em duas etapas, sendo que a avaliação 1 teve duração de 82 dias e a 2 com 108 dias.

A tabela 2.6 mostra os resultados das concentrações de amônia, onde observa-se que a baia com piso de chapa apresenta maior concentração com relação à cama.

Tabela 2.6- Concentração média de amônia, em ppm, no período de engorda - medido por técnica de sensor.

	Cama profunda	Piso de chapa
Avaliação 1		
Número de horas	1946	1961
Média ± desvio padrão	3,2 ± 2,5	6,6 ± 2,2 (p < 0,01)
Avaliação 2		
Número de horas	2116	2512
Média ± desvio padrão	9,6 ± 5,0	10,9 ± 6,3 (p < 0,01)

Fonte: Hoy et al, 1992.

Na França, o Instituto Técnico do Porco (ITP) realizou estudos de otimização técnico-econômico com camas biocontroladas de palha e serragem. Vantagens econômicas a favor da cama fez com que os produtores aceitassem converter antigas instalações em sistemas de cama, pois o preço para a conversão era equivalente à metade do preço para construir nova instalação (Theobald et al, 1992). O material foi colocado na instalação uma semana antes dos animais, e durante o estudo recebeu reviras semanais. No caso da palha, fez-se necessário a adição periódica do material, visto que o mesmo compactava-se rapidamente. Esta cama foi removida ao final de cada lote. No caso da serragem, a cama foi totalmente removida em 5 anos.

A tabela 2.7 mostra os resultados do estudo realizado pelo ITP.

Tabela 2.7- Resultados das camas profundas biológicas.

Estágio da cama	Material da cama	Área (m²/suíno)	Quantidade cama/suíno	Temperatura da cama (° C)
Engorda	Palha	1,21 ± 0,05	60 - 80 kg	35,6 ± 3,2
Engorda	Serragem	1,18 ± 0,07	0,2 - 0,3 m ³	37,0 ± 9,4
Pós-desmame	Palha	0,47 ± 0,22	10 - 30 kg	30,4 ± 5,6
Pós-desmame	Serragem	0,43 ± 0,17	0,12 m ³	41,0 ± 7,9

Fonte: Theobald et al, 1992.

Também foi realizado na França estudo com três tipos de leito profundo (0,80 metros) bio-controlado: serragem, palha inteira e mistura de palha moída com palha inteira. Com relação aos materiais utilizados, a serragem apresentou melhor resultado, encontrando-se seca, sem odor, os suínos totalmente limpos, e a mais ou menos 0,3 metros de profundidade o material apresentava coloração inicial. Nos demais experimentos, observou-se que a mistura de palha moída com palha inteira apresentava-se levemente úmida na superfície e, em profundidade, totalmente seca. Já a palha inteira apresentava aspecto de uma estrumeira, levemente úmida em toda a sua profundidade e com forte odor ao remexer-se o material. Nos dois últimos casos, o melhor resultado apresentado pela mistura palha moída e palha inteira deve-se ao fato de que, reduzindo-se a granulometria do material, aumenta-se a capacidade de absorção do mesmo. Todos os materiais utilizados no estudo foram retirados ao final de cada lote (Chatillon, 1989).

Em 1990 no Japão, mais de 250 mil suínos já eram criados em sistemas de camas de profundidade biocontroladas, constituídas de serragem ou maravalha. Geralmente neste país o sistema comporta 6 lotes com 20 animais/lote, levando 18 meses para que o material seja retirado do sistema. Aditivos similares aos utilizados na cama são adicionados na alimentação dos animais, objetivando a quebra do alimento no intestino para obter maior eficiência alimentar e reduzir o odor do resíduo. Contudo, não foi detectado nenhuma melhoria sensível da condição da cama com o uso de produto bacterial (Lo, 1992).

Em estudos realizados na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves (EMBRAPA - CNPSA), com sistemas de camas (maravalha e palha) sem introdução de aditivos, foram utilizados valores de frequência de revira, taxa de carregamento e profundidade da cama semelhante aqueles usados na França e Japão, obtendo-se resultados não satisfatórios em termos de rendimento dos animais (ganho de peso) e facilidade de operação, principalmente da palha (Perdomo, 1997).

Em Taiwan existem granjas utilizando sistema de camas há 8 anos que funcionam com sucesso (Chau & Lin, 1988¹⁷, citado por Lo, 1992), e existem também resultados desfavoráveis (Ma et al, 1987,88,89¹⁸, citado por Lo, 1992) devido ao intenso calor, dificuldade de controle de doenças e no manejo da cama.

Em algumas granjas de Hong Kong, diariamente fazia-se uma mistura horizontal, com uma pá, dos pontos úmidos para as partes secas, aumentando a eficiência da mistura. As misturas verticais eram feitas semanalmente ou quinzenalmente, usando mecanização (Lo, 1992).

¹⁷ Chau, C. T. & Lin, O. T. (1988) "A Report on the Sawdust Pig Raising Method." Man Cheong Livestock Enterprise and Tainan Government. Taiwan.

¹⁸ Fermenting Agent Diffusion and Promotion Association (1987) "Manual for Raising Pigs using Vitacogen." Japan.

Na tentativa de eliminar o trabalho pesado, a adição periódica de aditivos e facilitar a revira do material nas camas, passou-se a estudar o sistema de criação de suínos em camas superficiais, que são descritas a seguir.

- Camas superficiais

Este sistema foi introduzido no Japão em 1991, utilizando-se como material a serragem ou maravalha, com profundidade variando de 0,25 a 0,40 metros, e sendo removida a cada 4 meses (Gadd, 1991).

Até o final de 1990 na Nova Zelândia, o sistema de criação de suínos era realizado em instalações convencionais. No início de 1991, os produtores resolveram adotar o sistema de camas superficiais. Estudos de otimização do sistema foram realizados de modo a torná-lo eficiente, equilibrando a questão econômica com o bem-estar dos animais e otimizando o número de animais em cada baia, evitando assim o risco de sobrecarga do material da cama.

Quando o número de animais excede a capacidade da cama de assimilar o esterco produzido, cria-se um ambiente indesejável à moradia dos animais devido ao meio ficar saturado também com urina. Após período de estudos, descobriu-se que a taxa de carregamento é influenciada pela altura e frequência de revira do material da cama (Shilton, 1994).

Na tentativa de melhorar o desempenho dos animais criados neste sistema e prejudicados pelo calor excessivo, estudos foram realizados com um sistema alternativo, onde somente metade da baia é ocupada por material constituinte da cama. Este sistema é conhecido como cama-metade.

- Cama-metade ou meia cama

Este sistema pode ser utilizado com meia cama profunda ou meia cama superficial, ficando a critério do produtor a escolha.

Em Hong Kong muitas granjas não possuem sistema de ventilação adequado e o clima é predominantemente morno a quente, sendo recomendado o sistema de cama metade, ou seja, somente metade da baia com cama. Neste sistema os animais geralmente

utilizam o piso para dormirem e o material da cama como área de excremento. A cama profunda em toda a baía somente é recomendada para granjas com excelentes condições (adequado sistema de ventilação e revira do material) e em meses frios (Lo, 1992).

Existem outros métodos alternativos do sistema sendo estudados como, por exemplo, a montagem gradual da cama, iniciando com uma altura de 5 centímetros e sendo acrescentada à medida que mais resíduos são depositados. A cama é mantida a uma profundidade de 10-15cm no verão (30-35 cm para cama-metade) ou 30-35cm no inverno (40-60cm para cama-metade), sendo usado somente por 1 ou 2 lotes. Outra alternativa é trocar, frequentemente, o ponto de excremento para diferentes lados da baía, permitindo que o ponto de excremento tire um período de descanso ou seque antes dos próximos resíduos serem depositados. A troca é normalmente feita a cada semana. Para isso é necessário a utilização de bebedouro alternado e alimentador móvel (Lo, 1992).

Independente do tipo de sistema de camas utilizado, um aspecto negativo é o fato de não haver desinfecção entre lotes, criando o risco de que infecções sejam passadas aos lotes seguintes. Uma estratégia seria substituir a cama depois de cada lote, porém, se isso não for possível por motivos econômicos, pode-se deixar as baias vazias entre os lotes, por um certo tempo, para que o número de patógenos possa ser reduzido (Huysman, 1992). Estudos devem ser realizados neste sentido.

Existe grande preocupação dos produtores de suínos com a saúde dos animais, com a dificuldade de revira manual da cama profunda e com o número de animais por metro quadrado de cama que, comparado ao sistema convencional de criação de suínos é inferior na cama: 1 suíno/m² contra 0,7 suínos/m². O produto final (composto orgânico) não tem grande importância aos produtores: o principal objetivo é a prevenção da poluição (Huysman, 1992; Shilton, 1994; Theobald, 1992).

A mesma preocupação que existe na suinocultura em manter-se a cama por mais de um lote ocorre também na avicultura. Porém, segundo Jorge (1990), trabalhos realizados com cama (de aviário) em reuso, não revelaram efeitos prejudiciais aos lotes seguintes. Ao contrário, ela evidenciou propriedades benéficas para os plantéis, visto que

os lotes nelas criados apresentaram problemas sanitários menos freqüentes e menor mortalidade.

Em análises realizadas com camas de aviários utilizando maravalha, bagaço de cana, casca de café, palhada de arroz e palhada de feijão mostraram que o número de coliformes aumentou durante a fase inicial do experimento e os maiores valores ocorreram entre 17 e 24 dias. A partir daí, decresceram até os 45 dias de criação. A população de coliformes dependeu mais da massa fecal e da umidade acumulada do que dos materiais empregados. Os teores de umidade e de amônia e os coliformes observados não comprometeram os desempenhos zootécnico (ganho de peso e conversão alimentar) e sanitário (mortalidade e condição clínica) das aves (Jorge, 1995).

2.3.4. Destino final do material utilizado como cama

O produto final da cama é uma forma seca e muito mais fácil e agradável de lidar quando comparado com dejetos líquidos. Torna-se um condicionador de solo que contém altos valores nutritivos para o cultivo agrícola. A disposição e transporte do material final é muito mais fácil em comparação com o dejetos natural, o qual está em forma líquida e apresenta um grande volume (Lo, 1992).

Como já foi citado anteriormente, a permanência do material no sistema varia bastante. Caso seja retirado e não apresente-se em condições de ser utilizado na lavoura sem causar problemas ao meio ambiente, isto é, não esteja estabilizado, deve-se submetê-lo a um tratamento complementar. Este tratamento consiste em processo de compostagem aerado, fora do sistema, através de montagem de leiras de comprimento variável e altura a ser determinada de forma que não provoque compactação do material.

A figura 2.6 mostra a variação de temperatura na compostagem de resíduos sólidos urbanos em leiras aeradas, obtida por Pereira Neto(1992).

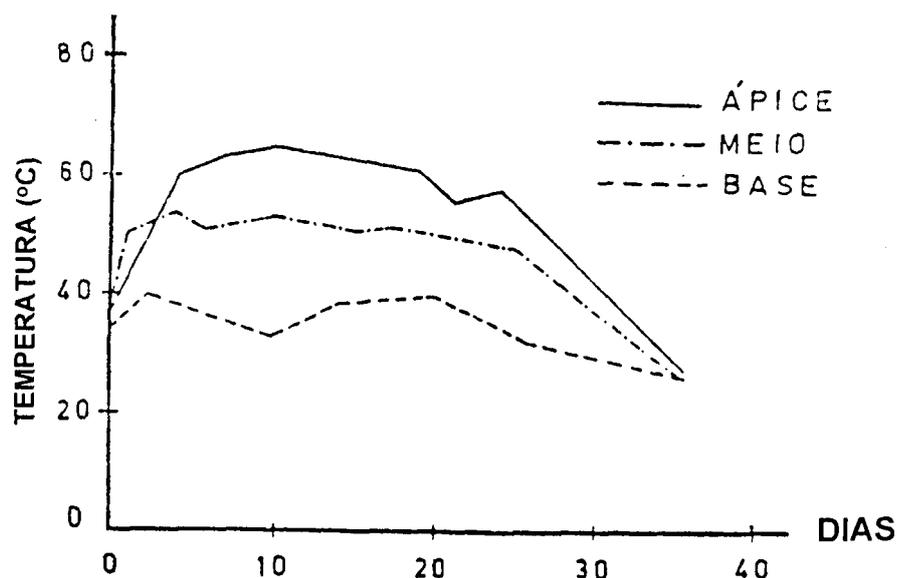


Figura 2.6- Variação de temperatura na compostagem por pilhas estáticas aeradas.

O composto deve apresentar temperaturas próximas à ambiente para ser considerado adequado à aplicação na lavoura. Quando a relação carbono/nitrogênio atinge valores próximos a 18, diz-se que houve uma bioestabilização da matéria orgânica do material. Considera-se que o material está humificado quando esta relação atingir valores inferiores a 12 (Jardim,1995). De acordo com Pereira Neto (1987), a estabilização é alcançada com valor da C/N igual a 15.

Segundo Pereira Neto (1992), a utilização de composto não estabilizado na agricultura pode ter efeitos negativos como:

- a liberação de amônia que poderá danificar as raízes das culturas;
- uma elevada relação C/N (característica de produtos não maturados) que poderá ocasionar redução bioquímica do azoto do solo em consequência da utilização do carbono residual por microorganismos;
- a ocorrência de produção de toxinas inibidoras do metabolismo das plantas e da germinação de sementes.

Nos adubos orgânicos tanto a concentração mineral como o teor de água podem variar muito, principalmente em função da espécie de animal, da alimentação utilizada, da proporção entre as dejeções (fezes + urina), do material usado como cama e do manejo desses materiais orgânicos (Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.1995).

2.4. MATERIAIS UTILIZADOS COMO CAMA E SUAS INTERAÇÕES COM OS DEJETOS

Os materiais a serem utilizados no sistema de camas devem possuir preferencialmente boa capacidade de absorção, serem biodegradáveis e na sua maioria a fonte de carbono no processo, bem como serem facilmente encontrados na região.

Segundo Ávila (1992), *maravalha* é um material constituído por partículas de tamanho aproximado de 3 centímetros, produzidas pelo beneficiamento de madeiras como pinheiro, pínus, bracatinga, canela, cedro, etc. Este material apresenta uma boa capacidade de absorção. Já a *serragem* é um material constituído por pequenas partículas de madeiras, obtidas do “fio de serra”, apresenta boa capacidade de absorção e disponibilidade (principalmente na região sul do Brasil). O *sabugo de milho triturado*, é um subproduto da colheita mecânica e da debulha do milho. O preparo de 1 m³ corresponde a 25 % do custo da mesma quantidade de maravalha, sendo que o sabugo é considerado como sobra na propriedade. Apresenta boa capacidade de absorção e disponibilidade nas regiões sul, sudeste e centro-oeste. A *casca de arroz* é um material considerado como resíduo em moinhos beneficiadores de arroz, com grande disponibilidade principalmente no Rio Grande do Sul, Goiás e Maranhão. Apresenta uma baixa capacidade de absorção.

As interações dos materiais com os dejetos ocorrem de acordo com a capacidade de absorção, a qual depende das características físico-químicas de cada material. Ao entrar em contato com os dejetos líquidos, o material absorverá uma maior ou menor quantidade de dejetos, dependendo de sua porosidade, tamanho das partículas e existência ou não de elemento que o torne permeável.

2.5. ASPECTOS LEGISLATIVOS

A suinocultura é considerada uma atividade potencialmente poluidora segundo Portaria Intersetorial 01/92 de 27/10/97 (FATMA / Secretaria Estadual da Tecnologia Energia e Meio Ambiente).

Com relação ao que se aplica na suinocultura, podemos abordar os aspectos da legislação federal, estadual e municipal.

Em nível federal, a Constituição Brasileira de 1988 aborda a questão ambiental em diversos artigos, dentre eles o Art. 23 e o 225. O primeiro cita que é competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, bem como preservar as florestas, a fauna e a flora. O Artigo 225 afirma que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencialmente à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Em nível estadual ressalta-se a Legislação Ambiental Básica do Estado (Lei 5.793 de 15/10/80) e a Lei 6.320 de 20/12/83 (Dispõe sobre normas gerais de saúde, estabelece penalidades e dá outras providências). A Legislação Ambiental do Estado de Santa Catarina é aplicável à questão da suinocultura notadamente quando define padrões de lançamento de efluentes (artigo 19): pH (entre 6 e 9), materiais sedimentáveis (até 1,0 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff) e ausência de materiais flutuantes; são alguns dos padrões. DBO e coliformes, entre outros parâmetros, são delimitados em função da classificação do corpo receptor (classe I, classe II, classe III ou classe IV).

A Lei Estadual 6.320 (utilizada pelos serviços de Vigilância Sanitária) cita, no Artigo 38, que toda pessoa está proibida de descarregar, lançar ou dispor de quaisquer resíduos, industriais ou não, sólidos, líquidos ou gasosos, que não tenham recebido adequado tratamento, determinado pela autoridade de saúde, em especial do órgão responsável pelo meio ambiente. Regulamentações da lei acima citada permitem a criação de suínos, bovinos, ovinos, aves e equínos, desde que as pocilgas, estábulos, cocheiras, aviários e instalações congêneres sejam situados em zona rural, obedeçam as

exigências de normas regulamentares específicas sobre estabelecimentos industriais, comerciais e agropecuários. As pocilgas deverão estar localizadas a distâncias mínimas das habitações, dos limites dos terrenos vizinhos e das margens de estradas. As regulamentações também citam que toda pessoa é proibida de causar poluição e/ou provocar contaminação de qualquer natureza em recursos hídricos, tais como os mananciais de superfície e subterrâneos, bem como qualquer outra unidade que componha o sistema de abastecimento público de água.

Em nível municipal, os Municípios que possuem Plano Diretor normalmente tecem as mesmas considerações constantes na Legislação Estadual, ocasionalmente acrescidas de algum conteúdo. No caso de Concórdia, a Lei Complementar N° 27/91 (que institui o Código de Postura) cita, em seu artigo 120, que é proibida a criação ou engorda de porcos no perímetro urbano ou sede municipal. Pelo artigo 50 fica proibida qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente (solo, água e ar) causada por substância sólida, líquida, gasosa ou em qualquer estado de matéria, que direta ou indiretamente: I) crie ou possa criar condições nocivas ou ofensivas à segurança e ao bem-estar público; II) prejudique a flora e a fauna; III) contenha óleo, graxa ou lixo; IV) prejudique o uso do meio ambiente para fins domésticos, agropecuários, recreativos, de piscicultura e para outros fins úteis ou que afetem a sua estética; V) lance qualquer tipo de detrito nos cursos d'água.

Deste modo, observa-se que, embora responsável por significativa parcela da poluição ambiental verificada na região Oeste Catarinense, inexistente no País *legislação específica* para a atividade suinícola, ainda que as legislações existentes apresentem conteúdos aplicáveis a suinocultura.

3. *PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL*

3.1. *INTRODUÇÃO*

Estudos da técnica de criação de suínos em camas foram realizados no sentido de adaptação desta às condições locais de cada país, sendo utilizados materiais como serragem e palha. No presente trabalho foram testados materiais alternativos como: casca de arroz, maravalha, sabugo de milho moído e serragem, verificando seus desempenhos na absorção dos dejetos.

A escolha dos materiais para o estudo baseou-se na disponibilidade dos mesmos, que podem ser facilmente encontrados em quase todo o Estado. De acordo com a EPAGRI, a produção de milho em 94 e 95 foi de 3,65 milhões de toneladas; em 96, de 2,96 milhões de toneladas, e a previsão para 97 era de 3,48 milhões de toneladas. Já a produção de arroz em 96 foi de 739 mil toneladas, e a previsão para 97 era de 774,7 mil toneladas em uma área cultivada de 154.600 ha. O material residual destas colheitas podem ser empregados no sistema de camas. A serragem e a maravalha são obtidas em inúmeros estabelecimentos madeireiros e moveleiros existentes no Estado.

Foi realizado teste de absorção com os materiais, colocando-os em recipientes de volume conhecido e fundo perfurado. Em seguida acrescentou-se dejetos, lentamente, até que o líquido escorresse através dos furos do recipiente.

Foram analisados, semanalmente, os seguintes parâmetros dos materiais: temperatura, teor de umidade a 60-65°C, matéria orgânica total, carbono total, nitrogênio total e relação carbono/nitrogênio. O fósforo e o potássio foram analisados somente no início e final do experimento. Os parâmetros relacionados à saúde dos animais foram analisados pelo CNPSA.

3.2. DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO

O experimento foi montado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves (EMBRAPA / CNPSA), localizado no Distrito de Tamanduá, Município de Concórdia - SC, durante o período de março a novembro de 1997.

Este estudo foi realizado em duas instalações onde cada uma apresentava o total de quatro baias. Foram utilizados como materiais de cama a maravalha, a serragem, o sabugo de milho moído e a casca de arroz, todos com profundidade de 0,50m. A taxa de carregamento (metro quadrado de área ocupada por cada animal) foi de 1,2 m²/ suíno e a frequência de revira do material foi semanal.

Paralelamente a este estudo foi desenvolvido experimento piloto do sistema de camas superficiais, onde trabalhou-se com os mesmos materiais (com exceção da serragem), frequência de revira e taxa de carregamento, em profundidades de 0,20; 0,30 e 0,40 metros para cada material.

Este experimento teve a duração de aproximadamente 3 meses (um lote), sendo analisados os mesmos parâmetros do experimento em baias. Foi introduzido em cada material a quantidade de dejetos (fezes + urina) produzidos diariamente por 1 (um) suíno na fase de crescimento/terminação de acordo com a tabela 1 (anexo 2).

Nas figuras 3.1a e 3.1b pode-se observar as edificações (vista externa e interna) onde realizou-se o experimento com camas.



Figura 3.1a- Vista frontal da instalação onde foi realizado o experimento



Figura 3.1b- Vista interna da instalação de camas

3.3. MONTAGEM E ACOMPANHAMENTO

O experimento foi montado em duas edificações de 5 metros de comprimento e 5 metros de largura (25 m²), contendo quatro baias (cada uma), as quais eram divididas por estruturas metálicas (grades) com aproximadamente 1 (um) metro de altura. As instalações apresentavam altura de telhado de aproximadamente 3 (três) metros e continham beiral para evitar que os materiais ficassem expostos à insolação e à umidade proveniente de precipitações.

Cada material foi estudado durante 3 lotes (lote é o período de permanência dos animais na cama durante a fase de crescimento/terminação). Cada lote teve a duração de aproximadamente 3 meses.

Os animais foram introduzidos ao sistema logo após aos materiais, ou seja, não houve um período para que qualquer excesso de umidade contido nos materiais pudesse ser eliminado.

Foram introduzidos 20 suínos/lote em cada baia (perfazendo um total de 480 animais no estudo), com peso médio de 25 kg (aproximadamente 60 dias), permanecendo na cama até o final da fase de terminação, quando atingem o peso de abate (aproximadamente 105 kg).

Os materiais foram revirados (homogeneizados) manualmente uma vez por semana utilizando-se um garfo como auxílio.

Após o final de cada lote, a cama permaneceu sem animais por uma semana, visto que neste sistema não existe desinfecção entre lotes como no sistema convencional de criação de suínos.

Nas figuras 3.2 e 3.3 observa-se respectivamente a montagem das camas nas instalações, e a revira manual do material.

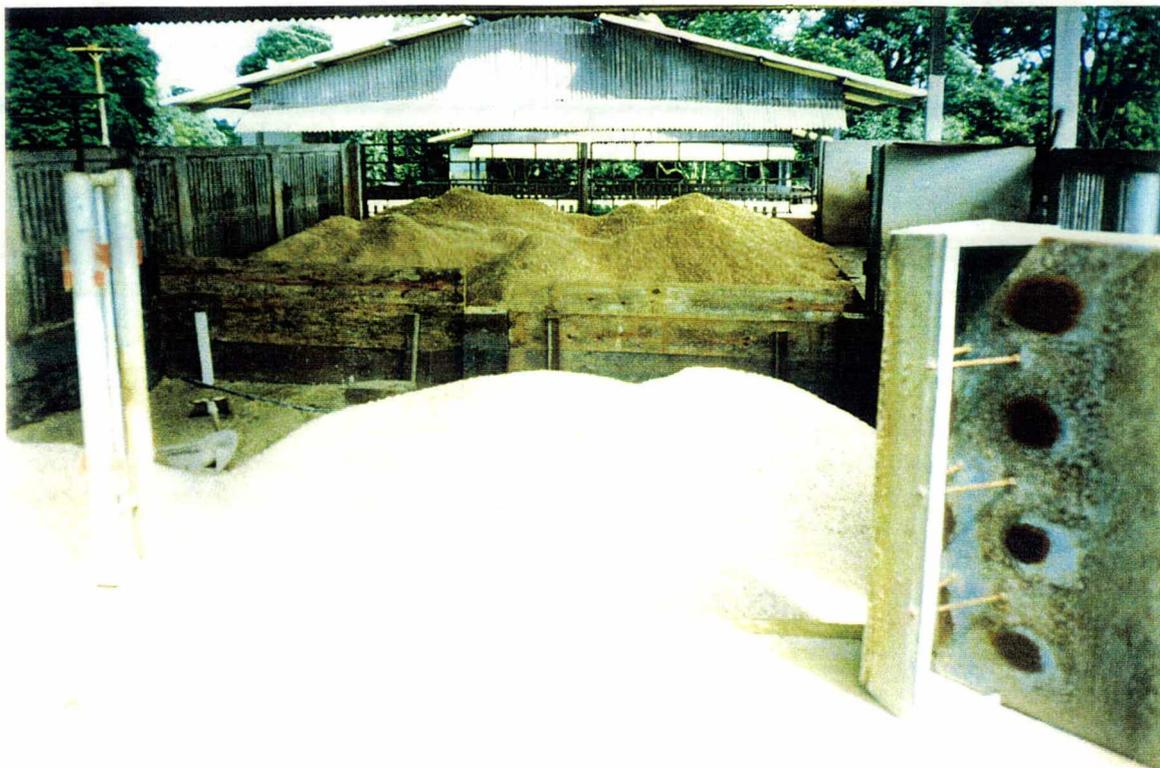


Figura 3.2- Montagem do experimento.

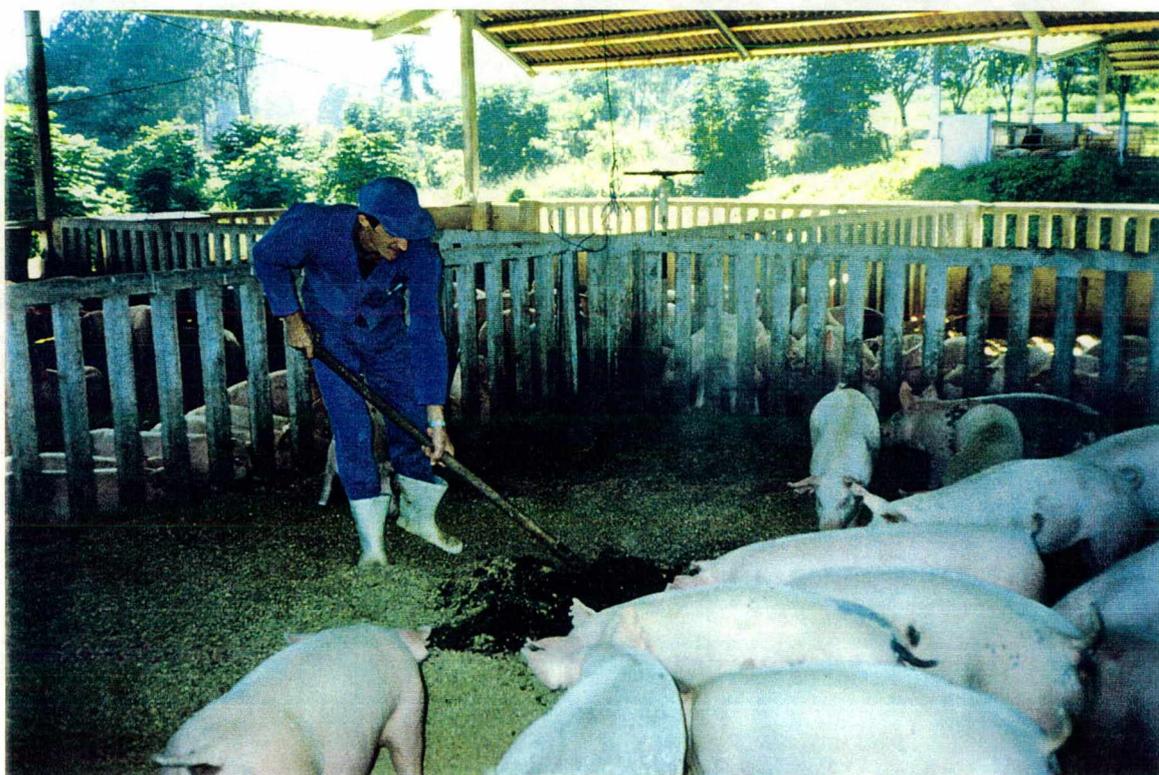


Figura 3.3- Revira manual dos materiais das camas.

3.4. PROCEDIMENTO DE COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras do experimento foram coletadas semanalmente nas 8 (oito) baias das duas instalações. A coleta foi realizada em 5 pontos aleatórios de profundidades diferentes, que variavam desde a superfície até aproximadamente 0,50 metros. Nas camadas superiores, o material foi coletado com as mãos e nas camadas mais profundas, utilizou-se o auxílio de uma pá.

Cada material foi coletado com repetição, ou seja, continha duas amostras. Após a coleta as amostras foram homogeneizadas e introduzidas em bandejas previamente pesadas e identificadas. Os conjuntos (amostra + bandeja) foram pesados e encaminhados à estufa a 60-65°C para pré-secagem.

A figura 3.4 representa as amostras coletadas e acondicionadas após a pré-secagem.



Figura 3.4- Aspecto das amostras coletadas após pré-secagem.

3.5. PREPARO DAS AMOSTRAS

Após a pré-secagem durante 24 horas, as amostras foram deixadas para esfriar ao ar ambiente e em seguida pesadas. Feito isto, encaminhou-se à sala de entrada de amostras para protocolar. Realizado o protocolo, as amostras foram encaminhadas à sala de preparo onde foram moídas e acondicionadas em sacos plásticos. Estes recipientes foram devidamente identificados com etiquetas contendo o número do protocolo, tipo de amostra, data de coleta, responsável pelo experimento e as análises a serem realizadas. Somente então as amostras passavam à sala de análises, onde estas foram realizadas. Na figura 3.5 observa-se o preparo e acondicionamento das amostras.



Figura 3.5- Preparo e acondicionamento das amostras.

3.6. ANÁLISES REALIZADAS

3.6.1. Temperatura (°C)

É de suma importância a leitura da temperatura, pois no processo de decomposição microbiológica este parâmetro é o mais indicativo do equilíbrio biológico (e reflete a eficiência do processo).

A leitura da temperatura no experimento foi realizada três vezes ao dia (9:00, 15:00 e 21:00h) utilizando-se aparelho Termopar de leitura digital com precisão de duas casas decimais.

3.6.2. Teor de umidade a 60-65°C (%)

É essencial promover-se a secagem do material a 60-65°C para cessar os processos fermentativos da amostra, os quais poderiam ocorrer alterando a composição da mesma. A pré-secagem facilita o preparo da amostra (moagem), que tem como objetivo tornar o material mais homogêneo. A secagem a 60-65°C não modifica as características da amostra.

Para determinação da umidade utilizou-se a metodologia usada por Kiehl (1985). Em bandeja previamente pesada (p_1) coletou-se a amostra natural e pesou-se novamente (p_2). Em seguida levou-se à estufa (60-65°C), com ventilação forçada, por 24 horas. Após este período, deixou-se esfriar ao ar ambiente e pesou-se em seguida (p_3).

$$\% \text{ Umidade a } 60-65^\circ\text{C} = 100 - (p_3/p_4) \times 100$$

onde: $p_2 - p_1 = p_4$ e $p_3 - p_1 = p_5$

3.6.3. Matéria orgânica total (%)

A matéria orgânica é indispensável para a manutenção microbológica (pois serve como fonte de carbono), sendo seu comportamento acompanhado durante o período de estudo.

Para a determinação da matéria orgânica total utilizou-se a metodologia usada por Kiehl (1985) (método da perda por combustão). Em cadinho previamente seco a 110°C e deixado para esfriar em dessecador, pesou-se 5g de cada amostra pré-seca e levou-se à estufa a 110°C por 3 horas. Após este período retirou-se os cadinhos, deixando-os esfriar em dessecador, para pesá-los. Feito isto, levou-se os cadinhos à mufla a 550°C por 1 hora. Retirados da mufla, esfriaram em dessecador e foram pesados novamente.

$$\% \text{ Mat. Org. Total} = (am_{110^{\circ}\text{C}} - am_{550^{\circ}\text{C}}) \times (100 - U_{60-65^{\circ}\text{C}}) / \text{peso da amostra}$$

onde, am = amostra seca a temperatura indicada

3.6.4. Carbono total (%)

O carbono é um dos mais importantes macronutrientes no processo de decomposição biológica, do mesmo modo que o nitrogênio. Porém, a demanda biológica de carbono é maior que a de nitrogênio. A partir do teor de matéria orgânica total pode-se calcular o percentual de carbono total existente na amostra usando-se os fatores 1,8 ou 0,55, de acordo com Kiehl (1985).

$$\% \text{ Carbono Total} = \% \text{ Mat. Org. Total} \times 0,55$$

3.6.5. Nitrogênio total (%)

O acompanhamento da degradação de cada material usado como cama foi realizado através da análise da relação carbono/nitrogênio. Por este motivo o acompanhamento dos níveis de nitrogênio é de grande importância.

Sua determinação foi realizada de acordo com a metodologia utilizada pela EMBRAPA / CNPSA, pelo método Kjeldahl em 3 etapas:

1- Digestão da amostra

Pesou-se aproximadamente 0,2g da amostra em papel para proteína, introduzindo-a em tubo de digestão/destilação Tecator, onde previamente foi adicionado aproximadamente 1,0g de mistura digestora (sulfato de cobre e selênio metálico). Adicionou-se ao tubo 7,5ml de H₂SO₄ p.a . concentrado, levando-o imediatamente ao digestor, previamente aquecido a 400°C, por 30-35min. Retirou-se os tubos do aquecimento deixando-os esfriar, com auxílio de exaustor, até parar a produção de vapor (10-15min).

2- Destilação da amostra

Conectou-se o tubo de digestão, com a primeira amostra a ser destilada, na entrada de soda cáustica - NaOH do Destilador Kjeltex, não esquecendo de pôr o erlenmeyer com indicador de ácido bórico sobre a plataforma, suspendendo-o. Fechou-se a porta do aparelho para iniciar a destilação. Após o término deste processo, retirou-se o tubo e o erlenmeyer, repetindo o processo para as demais amostras.

3- Titulação

Introduziu-se um ímã no erlenmeyer, que foi colocado sobre a plataforma do titulador automático. Adicionou-se gradativamente o ácido padronizado (ácido sulfúrico 10N), até a coloração da amostra passar de verde para lilás. Anotou-se a quantidade de ácido gasta na titulação para o branco e a constante do ácido a ser utilizada, em seguida fazendo-se os cálculos.

$$\% N = \frac{(V_a - V_b) \times F1 - (V_s \times F2) \times N \times 100}{P}$$

Onde: V_a = volume de H_2SO_4 utilizado; V_b = volume de H_2SO_4 consumido pelo branco;
 $F1$ = fator de correção do H_2SO_4 ; V_s = volume de NaOH gasto na titulação;
 $F2$ = fator de correção do NaOH; N = normalidade do ácido;
 P = massa da amostra em gramas.

3.6.6. Fósforo e Potássio (%)

Com a finalidade de conhecermos a quantidade de nutrientes contidos inicialmente em cada material, e podermos verificar no final do experimento quanto foi perdido ou acrescido, analisou-se estes elementos (P e K).

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia utilizada pela EMBRAPA/CNPSA. Pesou-se aproximadamente 1g da amostra pré-seca, em cadinho de porcelana previamente pesado. Levou-se o cadinho com a amostra à mufla, aquecendo-se lentamente até atingir 550-600°C, por 3 horas. Após este período, deixou-se esfriar a amostra ao ar ambiente. Solubilizou-se a amostra em chapa quente com ácido clorídrico (HCl -50% 3N), tendo-se o cuidado de não deixar ferver. Após diminuir o volume da solução, acrescentou-se 10ml de água deionizada e aguardou-se que o volume reduzisse novamente. Filtrou-se a amostra em balão de 100ml e completou-se o volume com água deionizada. Pipetou-se 5ml do balão de 100ml passando-os para um balão de 50ml, completando o volume com água deionizada. Fez-se a leitura no Fotômetro de chama B262 Micronal. Dependendo da concentração da amostra, prepara-se ou não outras diluições.

Para a leitura do Fósforo, pipetou-se 10ml da amostra (contida no balão de 50ml) em tubo de ensaio e acrescentou-se 4ml da mistura de Vanadato de amônia (NH_4VO_3 , 25%) e Molibdato de amônia [$(NH_4)_6MO_7O_{24}$, 5%]. Em seguida fez-se a leitura em Espectrofotômetro (colorímetro) UV-190 Shimadzu.

3.6.7. Relação carbono/nitrogênio

O tempo que o material leva para atingir sua estabilização é determinado através do acompanhamento da relação carbono/nitrogênio. A relação C/N é um parâmetro que se obtém através de cálculo, dividindo-se o teor de carbono total encontrado na amostra pelo teor de nitrogênio total da mesma. Esta relação deve ser representada sempre por número inteiro.

$$\text{C/N} = \% \text{ Carbono Total} / \% \text{ Nitrogênio Total}$$

3.6.8. Análise estatística

Os dados das variáveis Carbono Total, Umidade, Nitrogênio Total, Temperatura, Matéria Orgânica e relação C/N foram submetidos à análise de variância através do procedimento “GLM” (Modelo Linear Generalizado) do Statistical Analysis System (SAS, 1994 R6.12). Nas comparações entre médias para os efeitos de material, lote, galpão e interação material e lote, adotou-se o “teste t” ao nível de significância de 5%. Onde: Galpão representa um bloco; Lote representa repetição; Baía representa repetição que contém o material que é igual a tratamento.

O modelo estatístico é dado por:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + M_j + G*M_{ij} + L_k + M*L_{jk} + e_{ijkl}$$

onde: Y: é o efeito da variável resposta;

μ : é o efeito da média geral;

G: é o efeito de galpão;

M: é o efeito de material;

G*M: é o erro para testar material e galpão;

L: é o efeito de lote;

M*L: é o efeito da interação material e lote, e;

e_{ijkl} : é o erro geral supostamente NID $(0, \sigma^2)$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

Os materiais apresentaram aproximadamente os seguintes valores de absorção: sabugo de milho 375 litros/m³; maravalha 280 litros/m³ e a casca de arroz, de 160 litros/m³. Não foi realizado o teste com a serragem devido ao material apresentar-se excessivamente úmido quando adquirido.

A tabela 4.1 representa as características iniciais, finais e o percentual de aumento ou redução dos elementos analisados nos materiais usados como cama. A tabela 4.2 fornece a granulometria de cada material estudado.

Tabela 4.1 - Características iniciais, finais e índice de variação dos elementos analisados.

Material	U _i (%)	U _f (%)	V (%)	C _i (%)	C _f (%)	V (%)	N _i (%)	N _f (%)	V (%)
Casca de arroz	9,97	40,61	307,27	39,37	16,84	-57,24	0,46	1,02	120,65
Maravalha	10,51	47,99	356,57	46,17	17,85	-61,35	0,09	0,93	933,33
Sabugo de milho	7,30	38,38	425,69	47,31	22,34	-52,79	0,54	1,84	240,74
Serragem	54,80	49,83	9,07	23,35	17,93	-23,21	0,13	0,80	515,39
Material	Mo _i (%)	Mo _f (%)	V (%)	C/N _i	C/N _f	V (%)	K _i (%)	K _f (%)	V (%)
Casca de arroz	70,87	30,31	-57,24	85,59	16,49	-80,74	0,30	1,32	338,33
Maravalha	83,11	32,12	-61,35	513,0	19,50	-96,20	0,06	1,49	2375,0
Sabugo de milho	85,16	40,20	-52,79	87,61	12,26	-86,07	0,58	1,71	194,83
Serragem	42,03	32,28	-23,21	179,6	22,41	-87,53	0,06	1,26	2000,0

C - carbono; U - umidade; N - nitrogênio; MO - matéria orgânica; K - potássio;

Tabela 4.1- (continuação)

Material	P _i (%)	P _f (%)	V (%)	D _i (%)	D _f (%)	V (%)
Casca de arroz	0,083	0,82	887,95	125,18	622,60	397,36
Maravalha	0,005	0,88	17400,00	111,00	507,40	357,10
Sabugo de milho	0,053	0,91	1607,55	271,00	483,50	78,41
Serragem	0,005	0,67	13300,00	338,00	424,30	25,53

P- fósforo; D- massa específica.

Os índices de variação foram obtidos estatisticamente através da fórmula:

$$\text{Índice \%} = (V_f - V_i / V_i) \times 100$$

onde: V_i é o valor inicial de cada elemento analisado;

V_f é o valor de cada elemento analisado no final do experimento.

Percebe-se que o material final de cada cama teve suas características alteradas pelo acréscimo de dejetos, ou seja, a cama funciona como um acumulador de nutrientes. Este fato fica evidente quando observa-se a densidade do material final. Somente os valores de carbono total, matéria orgânica total e da relação carbono/nitrogênio decresceram ao longo do experimento, isto deve-se ao fato de que o elemento carbono que é proveniente da matéria orgânica contida em cada material, está sendo consumido ao longo do tempo e a relação carbono/nitrogênio diminui com o nível de degradação dos materiais.

Tabela 4.2- Granulometria dos materiais estudados.

Peneiras	% Retido						Prato
	4,00mm	2,00mm	1,19mm	0,60mm	0,30mm	0,15mm	
Material							
Casca de arroz	0,20	53,82	41,91	3,29	0,29	0,14	0,35
Maravalha	13,08	15,52	24,79	28,77	12,59	4,09	1,17
Sabugo de milho	30,32	29,76	16,37	13,60	4,45	1,91	3,59
Serragem	0,84	1,93	7,02	47,70	29,55	11,15	1,81

De acordo com a tabela 4.2 os materiais sabugo de milho e maravalha apresentaram os maiores valores granulométricos de suas partículas. Esta granulometria, conforme foi observado à campo, favoreceu a aeração destes materiais.

Quanto menor for o tamanho das partículas do material a ser degradado, maior será a área superficial sujeita ao ataque microbiológico, e menor será o período de estabilização. Porém partículas muito pequenas podem dificultar a aeração do material e causar compactação do mesmo devido ao excesso de umidade.

A serragem apresentou o menor valor granulométrico de suas partículas. Foi necessário, portanto, um maior cuidado na aeração deste material para que não ocorresse compactação na cama, pois partículas pequenas absorvem mais rapidamente a umidade, ao mesmo tempo em que o espaço de ar entre elas é reduzido. Conseqüentemente, fez-se necessário promover-se reviras eficientes para a remoção da umidade em excesso.

A casca de arroz apresentou o maior percentual de suas partículas com valores granulométricos entre 1,19 a 2,00 mm.

4.2. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise estatística dos resultados foi realizada com os valores obtidos nas duas instalações onde realizou-se o experimento. Pelo teste de Tukey, estatisticamente não houve diferença significativa entre os galpões 1 e 2 a uma probabilidade de 5% ($P > 0,05$), com relação aos parâmetros analisados. Portanto, foram analisadas as médias dos resultados entre os dois galpões. Todos os resultados estão expressos em matéria natural.

De acordo com a tabela de produção média diária de dejetos suínos na fase de crescimento/terminação (ver tabela 1, anexo 2), até o final do experimento (9 meses) o sistema de camas absorveu aproximadamente 1.100,00 kg de dejetos/m² de cama, perfazendo um total de aproximadamente 22 mil kg de dejetos (fezes + urina)/baia.

4.2.1. Temperatura

A temperatura é um importante indicador da atividade microbiológica. O desenvolvimento de temperaturas termofílicas (40 - 65°C) no processo de degradação dos materiais das camas é consequência da atividade microbiológica durante o processo de oxidação da matéria orgânica.

Durante o experimento a temperatura atingiu média das mínimas de 18,77°C na cama de serragem, e média das máximas de 52,58°C na cama de casca de arroz (ver tabela 1, anexo 1). Verifica-se na tabela 4.3 que o maior valor médio geral de temperatura foi obtido durante o segundo lote do experimento (quando a atividade microbiológica já está em plena atuação), voltando a decrescer no terceiro lote. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre a cama de casca de arroz e a de sabugo de milho, as quais apresentaram os maiores valores médios entre os três lotes. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o primeiro e segundo lote na cama de maravalha, significando que a atuação microbiológica neste material atuou de forma mais homogênea que nos demais. O desvio padrão apresentou os menores valores durante o

segundo lote, pois é neste período que o processo apresenta maior estabilidade com relação a atuação microbiológica.

Tabela 4.3- Média \pm desvio padrão (σ) da temperatura em °C

Material	Temperatura			Média geral ¹
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
	Média \pm σ	Média \pm σ	Média \pm σ	
Casca de arroz	38,55 \pm 14,32 ^B	46,60 \pm 2,96 ^A	37,02 \pm 6,02 ^C	40,73 ^a
Maravalha	42,28 \pm 7,41 ^A	41,44 \pm 4,23 ^A	32,81 \pm 3,91 ^A	38,85 ^b
Sabugo de milho	39,99 \pm 10,55 ^B	44,19 \pm 6,18 ^A	37,48 \pm 8,28 ^C	40,57 ^a
Serragem	41,30 \pm 6,03 ^A	39,22 \pm 5,00 ^B	31,96 \pm 3,04 ^C	37,49 ^b
Média geral ²	40,54 ^B	42,87 ^A	34,81 ^C	39,46

¹ a, b, c, = Letras minúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² A, B, C = Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se na figura 4.1 que, no início do processo de degradação aeróbia das camas, o material a ser estabilizado encontra-se com temperatura próxima à ambiente.

O processo de decomposição dos materiais inicia com a atuação da flora mesofílica, resultando na liberação de energia sob a forma de calor (que fica parcialmente retido no material). Eleva-se, deste modo, a temperatura interna do material. Com isso, a colônia mesofílica multiplica-se rapidamente, aumentando a atividade de degradação que será prosseguida pela flora termofílica - a qual supre a atividade da flora anterior. A partir deste período ocorre um decréscimo na temperatura, mesmo mantendo-se a aeração: isto significa que a flora termofílica já atuou significativamente, ou seja, grande parte da fonte de carbono já foi degradada, coincidindo com o que diz Pereira Neto (1989).

Microrganismos mesofílicos voltam a atuar novamente no material dando continuidade à degradação de substâncias mais resistentes, como a celulose e lignina. O

decréscimo de temperatura continua até que valores muito próximos à temperatura ambiente sejam alcançados, ocorrendo então a estabilização do material e posteriormente sua humificação.

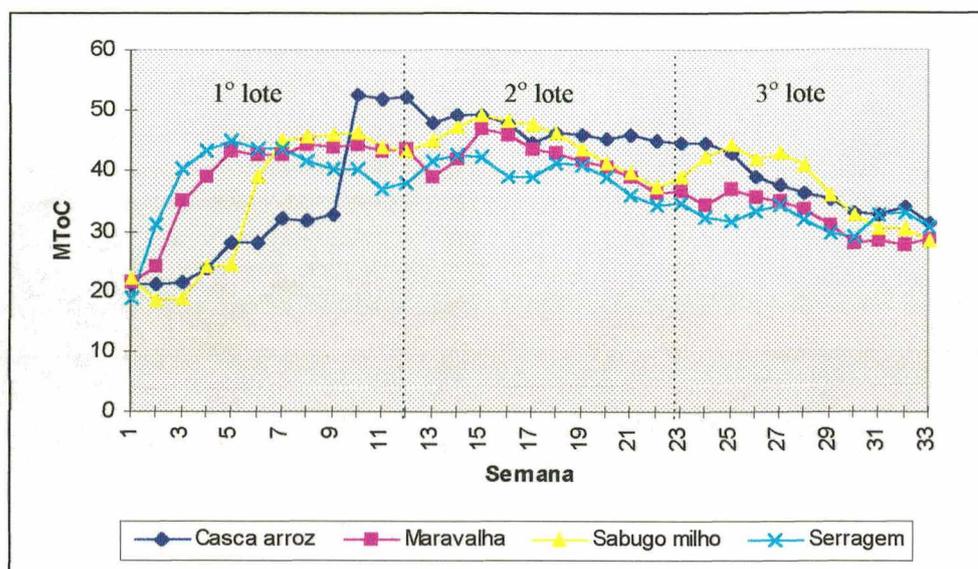


Figura 4.1- Variação da temperatura de cada material durante os 3 lotes.

Verifica-se na figura 4.1 que durante o segundo lote os materiais apresentaram os maiores valores de temperatura. É neste período que ocorre a maior eliminação de microorganismos patogênicos, pois segundo Pereira Neto (1992), temperaturas de 55 a 60°C mantidas por um período médio de 1 hora é suficiente para eliminar organismos patogênicos como bactérias, vírus, fungos, protozoários, etc.

Como era esperado, independente do tipo de material, o comportamento da temperatura no sistema de camas foi semelhante ao da temperatura no processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos em leiras estáticas aeradas obtido por Pereira Neto (1997), visto que os fatores que norteiam o tratamento dos dejetos no sistema de camas são similares aos da compostagem tradicional.

Ao final do experimento (terceiro lote), os materiais das camas apresentavam os seguintes valores médios de temperatura: casca de arroz = 31,58 °C; maravalha = 28,72 °C; sabugo de milho = 28,63 °C e serragem = 30,94 °C.

4.2.2. Umidade a 60-65°C

A umidade no experimento apresentou valores entre 20,51 % na cama de casca de arroz e 55,74 % na cama de maravalha (ver tabela 2, anexo 1). A tabela 4.4 mostra o valor médio e desvio padrão obtidos em cada lote, bem como em todo o período de estudo para os diferentes materiais. A média geral entre os valores de umidade dos materiais foi maior no segundo e terceiro lotes, visto que a quantidade de fezes e urina já depositados (ver anexo 2) é superior com relação ao primeiro lote. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os dois últimos lotes.

Entre os materiais testados, as camas de maravalha e serragem apresentaram os maiores valores de umidade em média geral, seguidos das camas de casca de arroz e sabugo de milho, as quais também não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$) sendo seus comportamentos semelhantes durante todo o período de estudo, conforme pode-se observar na tabela 4.4. Observa-se também que a diferença existente ($p \leq 0,05$) durante o primeiro lote da serragem em relação aos demais materiais, foi devido ao excesso de umidade no material quando adquirido. A partir do segundo lote o comportamento da serragem foi igual estatisticamente ($p > 0,05$) ao da maravalha. Estatisticamente não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o segundo e terceiro lote para as camas de casca de arroz, sabugo de milho e serragem.

Os desvios-padrões foram maiores no primeiro lote, em proporções significativas. Tal fato deve-se à características do sistema que, neste período, ainda não apresentam uniformidade com relação à distribuição de umidade por todo o material. As variações devem-se a particularidades no manejo do sistema. No primeiro lote a umidade do material é pequena e, apesar da realização de reviras (realizadas em dias alternados da semana), não consegue-se uma homogeneização do material. Algumas reviras foram feitas próximo ao dia de coleta. Isto fez com que se tivesse amostras mais úmidas em uma semana e menos úmidas em outras, visto que as coletas foram realizadas em dias fixos.

Tabela 4.4- Média \pm desvio padrão (σ) do % de Umidade.

Material	Umidade (%)			Média geral $\pm \sigma$ ¹
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	
Casca de arroz	29,38 \pm 9,31 ^{bB}	38,04 \pm 6,91 ^{bA}	37,85 \pm 5,58 ^{bA}	34,83 \pm 8,48 ^b
Maravalha	32,42 \pm 8,05 ^{bC}	44,31 \pm 6,42 ^{aB}	49,70 \pm 7,22 ^{aA}	41,91 \pm 10,34 ^a
Sabugo de milho	30,23 \pm 9,25 ^{bB}	37,13 \pm 5,62 ^{bA}	36,86 \pm 5,75 ^{bA}	34,53 \pm 7,81 ^b
Serragem	40,65 \pm 7,47 ^{aB}	42,89 \pm 7,41 ^{aA}	45,90 \pm 8,31 ^{aA}	43,08 \pm 7,94 ^a
Média geral $\pm \sigma$ ²	33,16 \pm 9,55 ^B	40,59 \pm 7,19 ^A	42,58 \pm 8,62 ^A	38,57 \pm 9,50

¹ a, b, c, = Letras minúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² A, B, C = Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Conforme pode-se observar na figura 4.2, a tendência natural da umidade é crescer ao longo do tempo, pois dejetos estão sendo acrescentados. No caso da serragem, ao invés disto, houve inicialmente uma queda no valor devido ao material apresentar-se bastante úmido quando adquirido. Além disso, ao ser introduzido no sistema, perdeu umidade devido à ventilação natural da instalação e à atuação microbiológica, a qual produz calor.

A umidade é essencial à atividade microbiológica, pois os microorganismos necessitam de água para assimilação dos nutrientes contidos nos materiais das camas. Portanto, durante o primeiro lote do experimento a degradação dos materiais aconteceu de forma mais lenta que nos demais lotes, devido ao baixo teor de umidade. Segundo Pereira Neto (1992), baixos teores de umidade ($< 40\%$) inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização do material. Altos teores ($> 65\%$) fazem com que a água ocupe os espaços vazios dos materiais, impedindo a livre passagem do oxigênio (o que causará anaerobiose ao meio). Segundo Forshell (1993), existe grande diferença no teor ótimo de umidade entre vários materiais, os quais dependem da estrutura física dos mesmos.

A partir do segundo lote a variação da umidade tornou-se menor, pois os materiais apresentavam-se uniformes e os microorganismos (bactérias aeróbias) encontravam condições ambientais adequadas para desenvolverem-se (umidade entre 40 a 60%), coincidindo com o que diz Merkel (1981) que teores de umidade variando entre 40 e 60% favorecem o processo aeróbio de degradação.

Os valores de umidade ao final do terceiro lote do experimento foram de 47,99% para a maravalha, 49,83% para a serragem, 38,38% para o sabugo de milho e 40,61% para a casca de arroz.

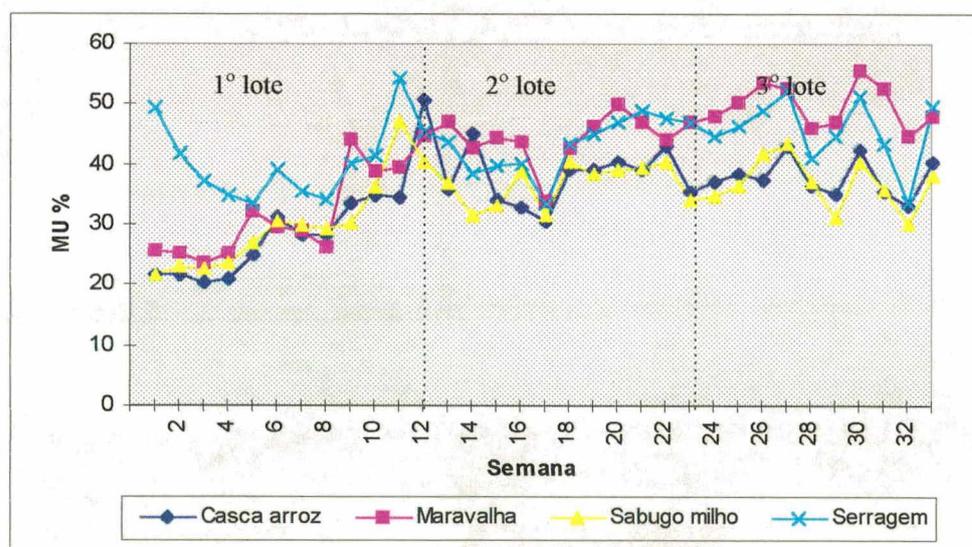


Figura 4.2- Variação da umidade de cada material durante os 3 lotes.

Os valores de umidade mostrados na figura 4.2 não representam o total de umidade depositado nas camas, pois ao longo do processo de degradação biológica dos materiais, parte da umidade é consumida pelos microorganismos.

O teor de umidade nos materiais pode ser influenciado pela aeração, porosidade e estrutura dos mesmos, ou seja, uma maior aeração do material poderá reduzir seu teor de umidade.

4.2.3. Matéria orgânica total

A matéria orgânica exerce efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A matéria orgânica no sistema apresentou valor máximo de 71,18% na cama de maravalha, e mínimo de 30,31 % na cama de casca de arroz (ver tabela 3, anexo 1). Como pode-se observar na tabela 4.5, os valores médios da matéria orgânica foram maiores no primeiro lote, diminuindo progressivamente ao longo dos outros dois, este comportamento foi semelhante para todos os materiais. Em média geral, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o segundo e terceiro lote. Isto deve-se, essencialmente, à decomposição dos materiais das camas.

Com relação aos materiais estudados, em média geral as camas de casca de arroz, maravalha e serragem não apresentaram diferença significativa entre si, diferenciando-se da cama de sabugo de milho, a qual apresentou maior valor médio geral devido à sua característica inicial de possuir valor elevado de matéria orgânica em relação aos demais.

Tabela 4.5- Média \pm desvio padrão (σ) do % de Matéria Orgânica

Material	Matéria orgânica total			Média geral $\pm \sigma$ ¹
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	
Casca de arroz	51,86 \pm 8,86 ^{bA}	37,94 \pm 4,74 ^{bB}	36,74 \pm 5,98 ^{bB}	42,60 \pm 9,79 ^b
Maravalha	59,09 \pm 10,51 ^{aA}	38,53 \pm 3,93 ^{bB}	34,16 \pm 4,36 ^{bC}	44,33 \pm 13,16 ^b
Sabugo de milho	60,34 \pm 10,22 ^{aA}	46,19 \pm 4,00 ^{aB}	45,66 \pm 4,36 ^{aB}	51,16 \pm 9,84 ^a
Serragem	49,50 \pm 9,41 ^{bA}	38,59 \pm 4,67 ^{bB}	37,76 \pm 6,33 ^{bB}	42,28 \pm 9,00 ^b
Média geral $\pm \sigma$ ²	55,16 \pm 10,67 ^A	40,31 \pm 5,47 ^B	38,58 \pm 6,79 ^B	45,10 \pm 11,10

¹ a, b, c, = Letras minúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² A, B, C = Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Durante o primeiro lote, observa-se na tabela 4.5 que a maravalha e o sabugo de milho não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$). No segundo lote a cama de sabugo de milho diferenciou-se estatisticamente ($p \leq 0,05$) das demais camas. Esta diferença também existiu durante o terceiro lote do experimento.

Na figura 4.3 observa-se que a serragem apresenta comportamento atípico nas duas primeiras semanas: este fato deve-se ao excesso de umidade inicial do material (citada anteriormente). Percebe-se que a maior variação aconteceu durante o primeiro lote, passando a diminuir mais lentamente a partir do segundo lote. O comportamento da matéria orgânica é semelhante para os diferentes materiais, com uma pequena diferença no sabugo de milho - que a partir do segundo lote decresce com menor intensidade que os demais, fato este explicado no item 4.2.4.

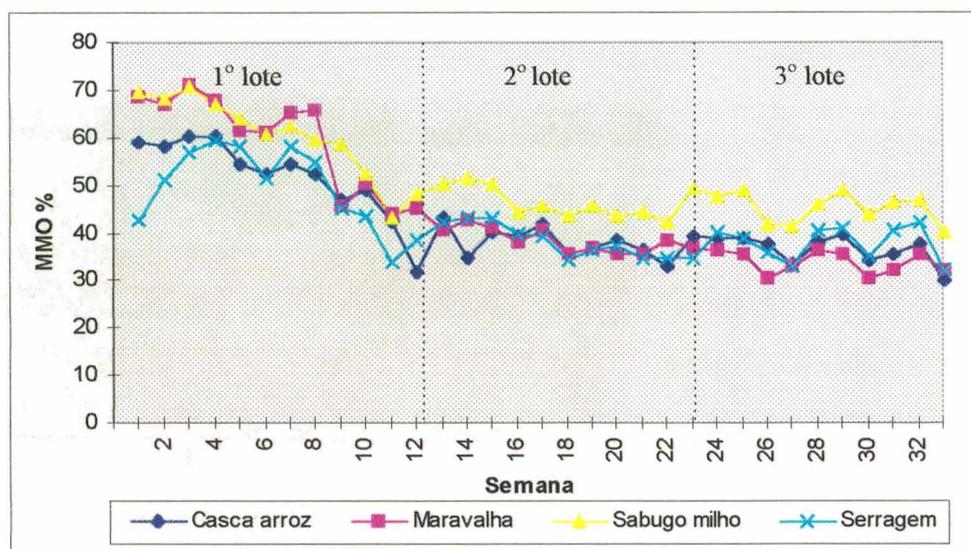


Figura 4.3- Variação da matéria orgânica de cada material durante os 3 lotes.

Ao final do experimento, os materiais apresentavam os seguintes teores de matéria orgânica: casca de arroz 30,31%; maravalha 32,12%; sabugo de milho 40,20% e serragem 32,28%.

4.2.4. Carbono total

O carbono é um dos principais elementos no processo de degradação biológica. O crescimento e a diversificação da colônia microbiológica no material a ser degradado depende da concentração de nutrientes, os quais fornecem material para a síntese protoplasmática e suprem a energia necessária para o crescimento celular.

No sistema, o carbono apresentou valor máximo de 39,54 % na cama de maravalha, e mínimo de 16,84 % na cama de arroz (ver tabela 4, anexo 1). A tabela 4.6 mostra que os maiores valores médios de carbono foram obtidos durante o primeiro lote, diminuindo progressivamente ao longo dos demais, a medida que ia sendo consumido. Em média geral, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o segundo e terceiro lotes, visto que a distribuição de nutrientes apresentava-se uniforme nos materiais.

Tabela 4.6- Média \pm desvio padrão (σ) do % de Carbono Total.

Material	Carbono total			Média geral $\pm \sigma$ ¹
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	
Casca de arroz	28,81 \pm 4,92 ^{bA}	21,08 \pm 2,64 ^{bB}	20,41 \pm 3,32 ^{bB}	23,67 \pm 5,44 ^b
Maravalha	32,83 \pm 5,84 ^{aA}	21,41 \pm 2,18 ^{bB}	18,98 \pm 2,42 ^{bC}	24,63 \pm 7,31 ^b
Sabugo de milho	33,52 \pm 5,68 ^{aA}	25,66 \pm 2,22 ^{aB}	25,37 \pm 2,42 ^{aB}	28,42 \pm 5,46 ^a
Serragem	27,50 \pm 5,23 ^{bA}	21,44 \pm 2,60 ^{bB}	20,98 \pm 3,52 ^{bB}	23,49 \pm 5,00 ^b
Média geral $\pm \sigma$ ²	30,65 \pm 5,93 ^A	22,40 \pm 3,04 ^B	21,43 \pm 3,77 ^B	25,05 \pm 6,17

¹ a, b, c, = Letras minúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² A, B, C = Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os menores valores do desvio padrão foram obtidos durante o segundo lote, pois é durante este período que se tem amostras mais homogêneas devido às características dos materiais.

O comportamento do carbono nos diferentes materiais, foi idêntico ao da matéria orgânica, visto que este elemento provém da mesma, ou seja, no primeiro lote não houve diferença ($p > 0,05$) entre a cama de maravalha e sabugo de milho, as quais diferenciaram-se das demais ($p \leq 0,05$). Durante o segundo e terceiro lotes as camas de casca de arroz, maravalha e serragem não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), diferenciando-se da cama de sabugo de milho.

A cama de sabugo de milho apresentou ao final do experimento o maior valor médio geral, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) entre as camas de casca de arroz, maravalha e serragem, como mostra a tabela 4.6.

Na figura 4.4, pode-se observar que no início do experimento o carbono é consumido lentamente, pois os microorganismos começam a desenvolver-se gradativamente à medida que mais dejetos é acrescentado ao sistema. Com a introdução contínua de nutrientes por meio dos dejetos, o consumo de carbono aumenta rapidamente, provocando uma queda acentuada durante o primeiro lote.

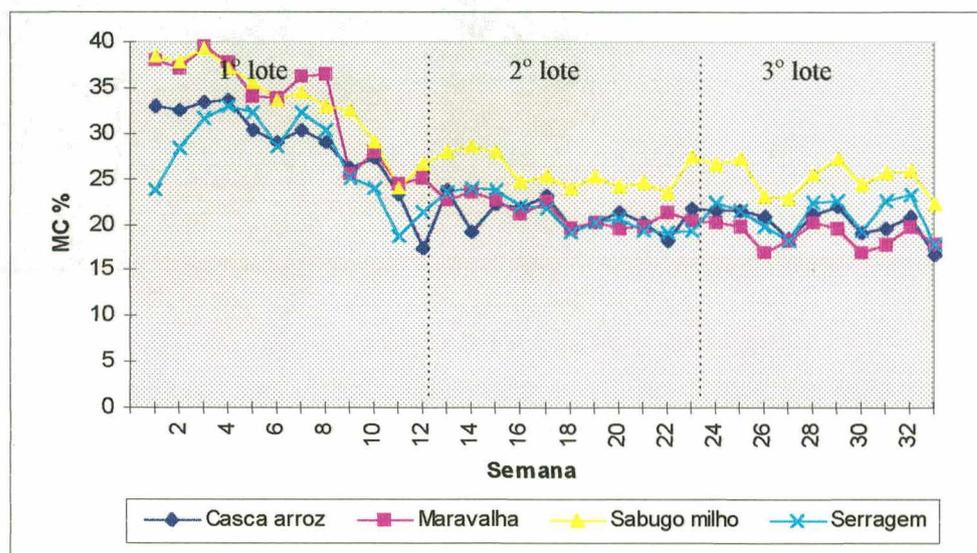


Figura 4.4- Variação do carbono total de cada material durante os 3 lotes.

Observa-se também na figura 4.4 que os valores de carbono foram diminuindo progressivamente ao longo do experimento. Percebe-se que na cama de sabugo de milho o decréscimo no valor de carbono ao final do primeiro lote passa a ser menor que nos

demais materiais, isto justifica-se devido a característica inicial do material que apresenta elevado teor de nitrogênio com relação aos demais materiais (ver tabela 5, anexo 1), o qual aumenta com a introdução diária de dejetos. Portanto há necessidade de os microorganismos realizarem um equilíbrio entre os elementos carbono e nitrogênio, isto faz com que o consumo de carbono aconteça de forma mais lenta.

À medida que aumenta a atuação microbiológica no material para degradá-lo, a quantidade de carbono diminui sensivelmente até a estabilização do material.

Ao final do terceiro lote, as camas apresentaram os seguintes valores de carbono: 16,84% na casca de arroz, 17,85% na maravalha, 22,34% no sabugo de milho e 17,93% na serragem.

O carbono total nos materiais das camas foi diminuindo ao decorrer do experimento, coincidindo com o que diz Villani (1993) e Goulart (1997), segundo os quais o carbono total decresce com o grau de maturação do material.

4.2.5. Nitrogênio total

Este elemento, assim como o carbono, é essencial ao desenvolvimento microbiológico, pois é utilizado na síntese de proteínas.

Durante o experimento o nitrogênio apresentou valor mínimo de 0,19 % na cama de serragem, e máximo de 2,07 % na cama de sabugo de milho (ver tabela 5, anexo 1). Os valores médios do nitrogênio total foram crescentes ao longo do estudo para todos os materiais (a média geral passou de 0,72% no primeiro lote para 1,10% no terceiro). Tal fato deve-se, principalmente, à introdução diária deste elemento através dos dejetos suínos.

Em relação ao comportamento dos materiais, verifica-se na tabela 4.7 que no primeiro lote todos os materiais apresentaram diferença entre si ($p \leq 0,05$), sendo que a cama de sabugo de milho apresentou o maior teor de nitrogênio, seguido da casca de arroz, maravalha e serragem. No segundo e terceiro lotes os materiais apresentaram comportamento semelhantes, ou seja, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as camas de maravalha e serragem, as quais diferenciaram-se ($p \leq 0,05$) das camas de casca de arroz e de sabugo de milho. Em média geral, a cama de sabugo de milho

apresentou o maior percentual de nitrogênio, sendo seguido pela casca de arroz e, após, pela maravalha e serragem. As duas últimas não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$). Os valores do desvio padrão foram menores durante o segundo lote, que corresponde ao período de maior estabilidade do processo.

Tabela 4.7- Média \pm desvio padrão (σ) do % de Nitrogênio Total.

Material	Nitrogênio total			Média geral $\pm \sigma$ ¹
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	
Casca de arroz	0,72 \pm 0,17 ^{bc}	0,93 \pm 0,15 ^{bb}	1,04 \pm 0,19 ^{ba}	0,89 \pm 0,22 ^b
Maravalha	0,62 \pm 0,19 ^{cb}	0,77 \pm 0,14 ^{ca}	0,81 \pm 0,16 ^{ca}	0,73 \pm 0,18 ^c
Sabugo de milho	1,03 \pm 0,26 ^{ac}	1,35 \pm 0,13 ^{ab}	1,67 \pm 0,25 ^{aa}	1,34 \pm 0,35 ^a
Serragem	0,50 \pm 0,15 ^{dc}	0,74 \pm 0,08 ^{cb}	0,89 \pm 0,18 ^{ca}	0,71 \pm 0,22 ^c
Média geral $\pm \sigma$ ²	0,72 \pm 0,27 ^C	0,94 \pm 0,27 ^B	1,10 \pm 0,39 ^A	0,92 \pm 0,36

¹ a, b, c, = Letras minúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² A, B, C = Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A tendência natural do nitrogênio é crescer ao longo do experimento à medida que mais dejetos vão sendo acrescentados, porém a figura 4.5 não representa o total de nitrogênio que foi introduzido ao sistema, visto que este elemento é consumido ao decorrer do estudo. Observa-se que durante o primeiro lote ocorre um grande aumento no valor do nitrogênio, pois está sendo acrescentado diariamente e sendo pouco consumido devido a existência de pequeno número de microorganismos. À medida que o leite torna-se uniforme (a partir do segundo lote), o aumento do nitrogênio acontece lentamente, pois seu consumo também é maior, visto que existe um elevado número de microorganismos atuando no sistema.

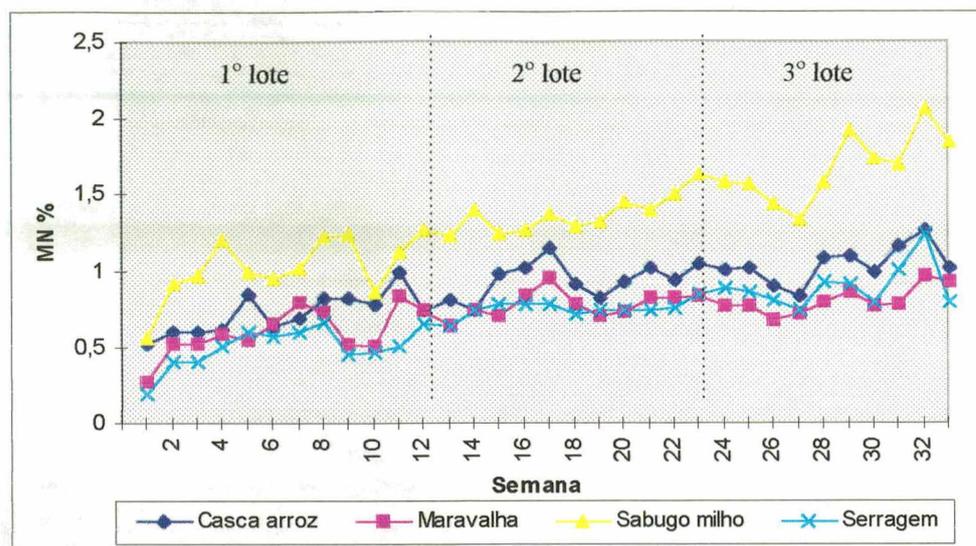


Figura 4.5- Variação do nitrogênio total de cada material durante os 3 lotes.

A cama de sabugo de milho apresentou valor de nitrogênio superior aos demais materiais. Enquanto nestes últimos o nitrogênio cresce lentamente a partir do segundo lote, no sabugo de milho este acréscimo é mais acentuado devido ao acúmulo deste elemento no material. Isto justifica-se, pois a quantidade de carbono no material é menor que a de nitrogênio. Segundo Pereira Neto (1989), durante o processo de degradação, os microorganismos absorvem 30 partes de carbono para 1 de nitrogênio, sendo que o excesso deste último elemento vai sendo eliminado através da volatilização da amônia, até que seja estabelecido o equilíbrio entre os dois elementos. Talvez, por este motivo percebeu-se durante o experimento, odor de amônia na cama de sabugo de milho.

A tentativa de equilíbrio entre os elementos carbono e nitrogênio faz com que a relação carbono/ nitrogênio do material apresente um baixo valor, porém, não significa que o material apresenta-se estabilizado, apenas sua degradação torna-se mais lenta até que todo o nitrogênio em excesso seja eliminado. Pode-se perceber pela aparência do material que a estabilização ainda não foi alcançada.

Os resultados de nitrogênio no experimento coincidem com os citados por Pereira Neto (1989) e Goulart (1997), segundo os quais ocorre um acúmulo deste elemento durante o processo de compostagem das camas.

4.2.6. Relação Carbono/Nitrogênio

Esta relação indica a quantidade de carbono que já foi ou ainda está para ser degradada, bem como o nível de desenvolvimento da fauna bacteriana. Uma relação carbono/nitrogênio elevada demanda maior tempo até a estabilização do material.

Durante todo o período de estudo, a relação carbono/nitrogênio apresentou valor máximo de 137,72 na cama de maravalha, e mínimo de 12,26 na cama de sabugo de milho (ver tabela 6, anexo 1).

Verifica-se na tabela 4.8 que, em média geral, a relação carbono/nitrogênio apresentou diferença significativa entre lotes ($p \leq 0,05$), ou seja, ocorreu decréscimo ao longo do tempo.

Tabela 4.8- Média \pm desvio padrão (σ) da Relação Carbono/Nitrogênio.

Material	Relação Carbono/Nitrogênio			Média geral $\pm \sigma$ ¹
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	Média $\pm \sigma$	
Casca de arroz	42,59 \pm 14,21 ^{bA}	22,92 \pm 3,43 ^{abB}	19,84 \pm 2,78 ^{abB}	29,05 \pm 13,62 ^b
Maravalha	60,40 \pm 27,38 ^{aA}	28,36 \pm 5,06 ^{abB}	23,98 \pm 2,98 ^{abB}	38,23 \pm 23,37 ^a
Sabugo de milho	35,56 \pm 14,04 ^{bA}	19,24 \pm 2,50 ^{bbB}	15,44 \pm 2,24 ^{bbB}	23,91 \pm 12,42 ^c
Serragem	61,32 \pm 25,93 ^{aA}	29,04 \pm 3,79 ^{abB}	23,77 \pm 2,47 ^{abB}	39,02 \pm 23,18 ^a
Média geral $\pm \sigma$ ²	49,87 \pm 23,76 ^A	24,89 \pm 5,52 ^B	20,76 \pm 4,36 ^C	32,53 \pm 19,78

¹ a, b, c, = Letras minúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² A, B, C = Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Durante o primeiro lote do experimento, os maiores valores da relação C/N foram registrados nas camas de maravalha e serragem, as quais não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$), seguidas das camas de casca de arroz e sabugo

de milho, as quais também não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$). O comportamento dos materiais foi semelhante do segundo para o terceiro lote, isto é, estatisticamente não houve diferença ($p > 0,05$) entre a cama de maravalha e a de serragem, as quais diferenciaram-se das demais ($p \leq 0,05$).

Em média geral, a serragem e a maravalha apresentaram os maiores valores da relação carbono/nitrogênio, sendo seguidas da casca de arroz e sabugo de milho. Os maiores valores de desvio padrão foram obtidos durante o primeiro lote, devido à maior variação da relação carbono/nitrogênio neste período. Isto ocorreu em função da não-uniformidade de distribuição de nutrientes e microrganismos nos materiais das camas.

Observa-se na figura 4.6 que a relação carbono/nitrogênio teve comportamento semelhante para os diferentes materiais e ao longo do experimento, diminuindo sensível e progressivamente. Tal fato deve-se ao aumento da atividade microbiológica ao longo do processo, até que seja cessada a fonte de energia para os microrganismos.

Igualmente aos demais elementos analisados, as maiores variações na relação carbono/nitrogênio ocorreram durante o primeiro lote, porém a partir do segundo o sistema apresenta-se mais estável no que refere-se à uniformidade de distribuição dos nutrientes, e atuação microbiológica.

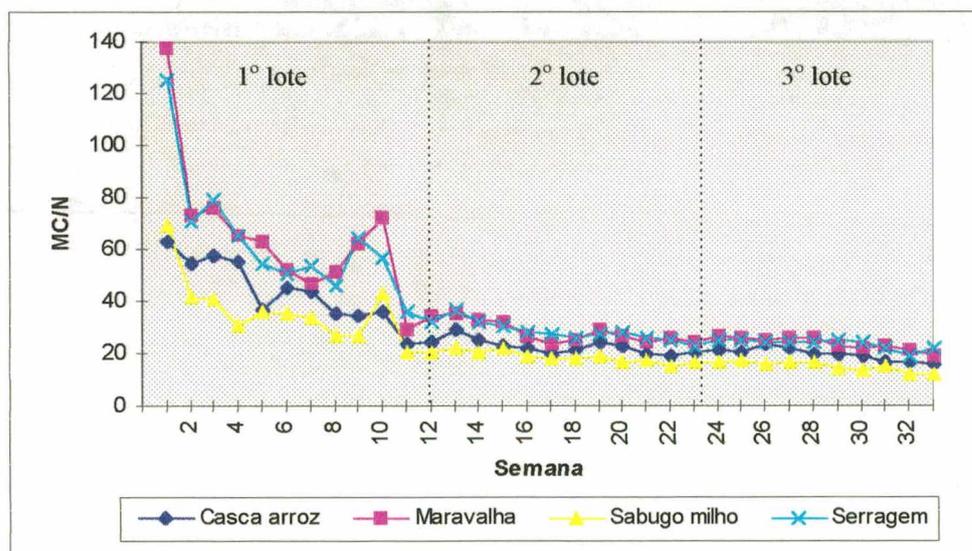


Figura 4.6- Variação da relação C/N de cada material durante os 3 lotes.

No final do experimento (3º lote) obteve-se os seguintes valores da relação carbono/nitrogênio: casca de arroz 16,49; maravalha 19,50; sabugo de milho 12,26 e serragem 22,41. O baixo valor da relação C/N na cama de sabugo de milho não significa

que esta apresenta-se estabilizada. Isto ocorre devido ao excesso de nitrogênio presente no material (este excesso é naturalmente eliminado pelos microorganismos, de forma a manter o equilíbrio da relação, como citado anteriormente).

Resultados semelhantes em todos os parâmetros analisados neste estudo, também foram obtidos no experimento piloto do sistema de cama superficial. Observou-se que a altura não interferiu no comportamento dos materiais: o que difere é apenas o tempo de estabilização dos mesmos, ou seja, quanto menor a altura da cama, menor é seu tempo de estabilização.

Resultados opostos foram obtidos por Goulart (1997) em sistema de cama de maravalha, onde a relação carbono/nitrogênio sofreu um acréscimo ao invés de diminuir. Tal verificação deveu-se à ocorrência de reposição de material no sistema, pois ao retirar o material do mesmo ao final do segundo e terceiro lotes, e efetuar compostagem em leiras aeradas, foi verificado um decréscimo desta relação, coincidindo com os resultados aqui obtidos e com o que dizem Pereira Neto (1987) e Keller (1991), que ocorre redução na relação carbono/nitrogênio com o grau de maturação do material durante a compostagem.

Na compostagem da maravalha em leiras aeradas (material retirado após 2º lote da cama) estudada por Goulart (1997), após 115 dias o material apresentava temperatura próxima a 30°C. Já o material retirado após o terceiro lote, depois de 30 dias de compostagem, apresentava temperatura próxima a 40 °C. Estes resultados ressaltam a conclusão de que a maravalha seguramente comportaria mais um lote de animais, visto que o material ao final de três lotes não apresenta-se estabilizado, podendo ter sua permanência prolongada no sistema.

Segundo avaliação pelo CNPSA, os animais criados no sistema durante o experimento apresentaram bom desempenho em todas as camas com os seguintes ganho de peso médio: casca de arroz = 65,42 kg; maravalha = 65,90 kg; sabugo de milho = 65,03 kg e serragem = 66,33 kg (ver tabela 1, anexo 3) . Ocorreu problema de doença nos animais durante o primeiro lote na cama de serragem (ver tabela 2, anexo 3). Este fato pode ter ocorrido devido à falta de cuidado na aquisição do material, o qual apresentava-se excessivamente úmido, proporcionando condições favoráveis à instalação de microorganismos patogênicos, principalmente durante o primeiro lote, visto que a temperatura do material somente é elevada (40-60°C) a partir do final deste período.

5. CONCLUSÃO GERAL E RECOMENDAÇÕES

A poluição ambiental por dejetos suínos na Região Oeste de Santa Catarina é um problema relativamente recente, que apresenta estreita relação com o desenvolvimento agroindustrial e com as características físicas da região (principalmente o relevo acidentado). O crescimento da atividade agroindustrial induz à intensificação da produção de suínos, porém não oferece tecnologias ambientalmente adequadas ao manejo do crescente volume de dejetos. Como consequência, observa-se uma generalizada poluição hídrica (alta carga orgânica e presença de coliformes) que, somada aos problemas de resíduos sólidos, erosão do solo, agrotóxicos, efluentes industriais e outros, têm agravado o problema ambiental nesta região.

A legislação ambiental vigente têm sua aplicação dificultada por vários fatores, entre os quais: falta de estrutura dos órgãos fiscalizadores, inadequação de seus conteúdos à realidade regional e problemas de ordem técnica e econômica (difusão de tecnologias, dificuldade econômica do produtor, etc.)

Os sistemas de produção atualmente utilizados na região necessitam de estruturas específicas para tratamento dos dejetos, o que nem sempre é possível por razões econômicas ou disponibilidade de área. Neste contexto, o sistema de camas insere-se como mais uma alternativa, possibilitando o tratamento dos dejetos “in loco”, facilitando o manejo e eliminando o custo de instalações de tratamento. Necessita, porém, de instalação adequada e de observar-se corretamente todos os procedimentos para um bom desempenho do processo.

O experimento apresentou dificuldades, principalmente na revira manual dos materiais devido a profundidade da cama. Isto ocasionou amostras não-homogêneas durante o primeiro lote (onde ocorreram as maiores variações dos parâmetros analisados no sistema). Em média geral, o desvio padrão dos dados analisados apresentou os menores valores durante o *segundo lote do experimento* para todos os materiais e em todos os parâmetros analisados (com exceção da relação C/N). Este foi o período de maior estabilidade do sistema.

De um modo geral, os materiais das camas apresentaram comportamento semelhante ao longo do estudo. A caracterização inicial e final dos materiais estudados

mostrou que o sistema acumula os nutrientes contidos nos dejetos. A caracterização final do experimento assegura que, o sistema de camas com profundidade de 0,50 metros comportaria mais um lote de animais em todas as camas, perfazendo um total de 4 (quatro) lotes. Isto justifica-se pois, ao final do terceiro lote a fonte de carbono nas camas ainda não tinha sido exaurida, a temperatura das mesmas era superior à ambiente e a relação carbono / nitrogênio não apresentava valores que consideram o material estabilizado.

Com relação ao tempo de permanência dos materiais no sistema, a maravalha, a serragem e a casca de arroz são materiais mais resistentes à decomposição microbiológica, quando comparados ao sabugo de milho. Porém o sabugo de milho apresenta teor elevado de nitrogênio com relação aos demais materiais, isto faz com que sua degradação seja mais lenta, equivalendo-se à dos demais materiais. Deste modo, o tempo de permanência dos materiais na cama será praticamente o mesmo.

Do ponto de vista ambiental, os materiais estudados no sistema podem ser utilizados como cama, pois apresentaram bom desempenho no que refere-se a absorção dos dejetos, com exceção da casca de arroz. Este material, desde o início do experimento (por não absorver bem os dejetos), proporcionou a proliferação de moscas, principalmente durante o primeiro lote. Portanto, ao ser utilizado como cama, a casca de arroz poderá provocar infiltração dos dejetos líquidos através do solo, podendo causar poluição deste e do lençol subterrâneo.

Recomenda-se então, que seja feita uma boa compactação no solo antes deste material ser introduzido no sistema. Sendo portanto observado o cuidado com a casca de arroz, todos os materiais estudados são recomendados para o sistema de camas, pois apresentaram também, bom desempenho dos animais (segundo análise do CNPSA).

Levando-se em conta a disponibilidade na região, custo de aquisição e características dos materiais, a cama de sabugo de milho apresenta vantagem com relação as demais, visto que sua capacidade de absorção é maior, seu tempo de estabilização é praticamente igual aos dos demais materiais e pode ser encontrado em quase todas as propriedades dos produtores de suínos, pois os mesmos normalmente possuem lavoura de milho, sendo que o sabugo é considerado como resíduo.

O sistema de criação de suínos em camas, quando comparado a outros sistemas de criação, mostrou-se eficiente no tratamento dos dejetos. Durante o período de estudo (9 meses), o experimento com camas (oito baias) absorveu aproximadamente 176 mil kg de dejetos (fezes + urina), os quais deixaram de ser estocados, tratados em outros sistemas ou ainda, de serem lançados nos rios, evitando-se deste modo problemas ambientais. *Este sistema é uma alternativa de produção de suínos sem geração de dejetos líquidos (visto que estes ficam armazenados na cama e tornam-se um composto orgânico, perfeitamente aplicável à lavoura, sem causar problemas ambientais).*

Recomenda-se, porém, mais estudos nesta área, principalmente ao que se refere a análise biológica das camas e a influência do tipo de alimentação dos animais no tempo de permanência dos materiais no sistema. Outras variações do sistema também devem ser objeto de estudo como por exemplo a *meia cama*, *cama superficial* ou ainda a cama profunda, porém com frequência de revira e taxa de carregamento ($m^2/$ animal) diferentes das utilizadas neste trabalho, de forma a se conseguir uma completa adaptação da técnica às condições econômicas e climáticas locais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS-ABCS. Suinocultura no Brasil.** Estrela-RS,1993.
- ÁVILA, V. S. et al. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante.** Circular Técnica nº16 - EMBRAPA/CNPSA, 1992.
- BELLI FILHO, P. Stockage et odeurs des dejections animales cas du lisier de porc.** Tese de Doutorado. Université de Rennes. França, 1995.181p.
- BRASIL. Constituição Federal.** Brasília, DF, 1988.
- BRUMM, M. C. et al. Effect of season and pig size on swine waste production.** Transactions of the ASAE, v. 23, n. 1, 1980.
- CHATILLON, G. Environnement : La bataille du lisier.** Porc Magazine nº 216, Octobre,1989. 72-75p.
- COLUEKE, C. G. Principles of composting.** In: Biocycle guide to the Art & Science of composting. Emmaus, Pennsylvânia , J. G. Press,1991. 14-37p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do solo- Núcleo Região Sul, 3ª. edição. Passo Fundo,1995. 223p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções 1984-1986.** Secretaria Especial do Meio Ambiente. Brasília, DF, 1986.
- _____. Resoluções 1984 -1991.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 4ª Edição. Brasília, DF, 1992.

- _____. **Resolução N° 05/93**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Brasília, DF, 1993.
- DARTORA, V. et al. Boletim Informativo Pesquisa & Extensão - BIPERS. **Manejo de dejetos de suínos**. EMBRAPA / EMATER-RS, ano 7, n° 11, março 1998. 41p.
- EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995. 106p.
- _____. **O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 247p.
- FORSHELL, L. P. **Composting of Cattle and Pig Manure**. J. Vet. Med. B 40, 1993. 634 - 640p.
- FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Legislação Ambiental do Estado de Santa Catarina**. FATMA. Florianópolis - SC, 1981.
- GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENADORIA GERAL - GAPLAN. **Municípios Catarinenses**. Dados básicos vol. 3, 1986.
- _____. Atlas do Estado de Santa Catarina, 1991.
- GADD, J. **Japanese Fermentation Floors**. Pig International, november 1991. 16-22p.
- GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com Bioesterqueiras e Esterqueiras para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC. Florianópolis, 1997. 126p.
- GOULART, R. M. **Processo de compostagem: alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos de suínos**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 1997. 127p.

- HOY, S. et al. **Results from continuous measurements of ammonia in keeping fattening pigs on deep litter with additives in comparison with housing slatted floor.** Research Institute for Pig Husbandry. Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Edited by J. A. M. Voermans. Rosmalen-Netherlands. September, 1992. 37-50p.
- HUYSMAN, C. N. et al. **Experiences on 18 farms with pigs on deep litter.** Research Institute for Pig Husbandry. Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Edited by J. A. M. Voermans. Rosmalen-Netherlands. September, 1992. 1-7p.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário estatístico do Brasil.** 50^a ed. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Concórdia. Dados relativos ao ano de 1993.
- INSTITUTO CEPA/SC. **Estudo preliminar dos solos do Oeste Catarinense; classes de irrigação, classes para aptidão agrícola.** Florianópolis, 1990^a 111p.
- JARDIM, N. S. et al. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** 1^a edição, 277p. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 1995. 278p.
- JORGE, M. A. **Cama de frangos de corte: como fazer dela sua aliada na prevenção de enfermidades.** Conferência de Ciência e Tecnologia Avícola. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola. Belo Horizonte -MG, junho 1990. 21 - 28p.
- JORGE, M. A. et al. **Coliformes, umidade e produção de amônia em cinco tipos de cama de frango.** Conferência de Ciência e Tecnologia Avícola. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola. Curitiba -PR, setembro 1995. 133 - 134p.
- KELLER, P. **Proper degree of stability.** Biocycle 1. 1991. 178-179p.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização de dejetos de suínos**. EMBRAPA/CNPSA. Concórdia -SC, 1983. Circular técnica 6, 32p.

LO, C. Y. Y. **Application and practice of the pig-on-litter system in Hong Kong**. Research Institute for Pig Husbandry. Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Edited by J. A. M. Voermans. Rosmalen-Netherlands. September, 1992. 11-21p.

LOPES, R. L. **Suinocultura no Estado de Goiás: aplicação de um modelo de localização**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997. 95p.

MATTE, J.J. **A note on the effect of deep-litter housing on growth performance of growing-finishing pigs**. Can. J. Anim. Sci. September, 1993. 643 - 647p.

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.

MIOR, L. C. **Empresas agroalimentares, produção agrícola familiar e competitividade no complexo carnes de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, 1992. 400p.

MIRANDA, C. R. et al. **Observações sobre o sistema de criação de suínos sobre leito de cama nas fases de crescimento e terminação**. Anais. VIII Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos. Foz do Iguaçu - PR, 1997. 415-416p.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. EMBRAPA/CNPSA, 1993. 188P.

- OLIVEIRA, P. A. V. **Manejo da água, influência no volume de dejetos produzidos**. Suinocultura Industrial, 1995.
- OLIVEIRA, R. A. **Efeito da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura**. Dissertação de Doutorado - São Carlos -SP, 1997. Vol. I e II. 357p.
- OOSTHOEK, J. et al. **The emission of ammonia and other nitrogen compounds from deep litter systems for fattening pigs: a field study**. Research Institute for Pig Husbandry. Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Edited by J. A. M. Voermans. Rosmalen-Netherlands. September, 1992. 51-56p.
- PAIVA, Doralice P. **Moscas e seu controle integrado na suinocultura**. Suinocultura Industrial, 1995.
- PEIXOTO, J. O. **Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica**. Engenharia Sanitária, 1: 1988. 15-18p.
- PERDOMO, C. C. **Uso racional da água no manejo de dejetos de suínos**. Seminário Mineiro sobre Manejo e Utilização de Dejetos de Suínos. Anais. Ponte Nova-MG, 1995.
- PERDOMO, C. C. et al. **Efeito do tipo de cama sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação**. Anais. VIII Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos. Foz do Iguaçu - PR, 1997. 421-422p.
- PEREIRA NETO, J. T. et al. **Sistema de Compostagem por pilhas estáticas aeradas: Uma proposição ao tratamento do lixo urbano e lodos de esgotos**. 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Maceió - AL, agosto 1985.

PEREIRA NETO, J. T. **On the treatment of municipal refuse sewage sludge using aerated static pile composting.** A low technology approach. s 1. Universidade de Leeds, 1987. 376p.

_____. **Conceitos modernos de compostagem.** Revista Engenharia Sanitária- ABES nº 2, abril/junho 1989. 23p.

_____. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos: aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos.** Publicação técnica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa -Portugal, 1992. 23p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA. **Lei Complementar Nº 27 /91.** Concórdia, SC, 1991.

SANTA CATARINA. Secretaria da Saúde. **Lei Nº 6.320 / 83.** Florianópolis, 1983.

_____. Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente. **Portaria Intersectorial Nº 01 / 92.** Florianópolis, 1992.

SHILTON, A. **Shallow Beds : mean simpler waste management.** Pig International, august 1994. 15-16p.

THEOBALD, O. et al. **Biological deep litter for pigs in France.** Research Institute for Pig Husbandry. Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Edited by J. A. M. Voermans. Rosmalen-Netherlands. September,1992. 8-10p.

VANDERHOLM, D. H. **Handling of manure from different livestock and management systems.** Journal of Animal Science, v. 48, n. 1, 1979. 113 - 120p.

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

ANEXOS

ANEXO 1

Tabelas de Resultados do Experimento

RESULTADOS DO EXPERIMENTO

Tabela 1- Temperatura média dos materiais

Temperatura °C				
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Sabugo de milho	Serragem
1	21,3	21,66	22,31	18,77
2	21,27	24,23	18,71	31,04
3	21,58	35,28	19,06	40,37
4	23,72	39,2	24,28	43,31
5	28,24	43,36	24,6	45,18
6	28,26	42,75	38,97	43,9
7	32,04	42,69	45,07	43,86
8	31,88	44,31	45,6	41,92
9	32,81	44,08	46,16	40,53
10	52,58	44,31	46,46	40,58
11	52,06	43,43	44,02	37,26
12	52,42	43,64	43,56	38,01
13	48,06	39,11	45,09	41,61
14	49,35	42,01	47,42	42,77
15	49,39	47,16	49,5	42,47
16	47,97	46,03	48,3	38,96
17	44,73	43,71	47,82	39,09
18	46,39	43,12	46,31	41,48
19	46,23	41,76	43,67	40,98
20	45,53	40,69	41,35	39,05
21	45,97	39,13	39,86	36,29
22	45,21	36,53	37,5	34,54
23	44,62	36,86	39,04	34,67
24	44,88	34,37	42,55	32,39
25	43,22	37,02	44,33	31,73
26	39,22	35,84	42,17	33,52
27	37,9	35,22	43,02	34,45
28	36,54	33,85	41,07	32,03
29	35,6	31,03	36,17	29,79
30	33,17	28,17	32,85	29,23
31	32,98	28,36	30,48	32,75
32	34,05	27,9	30,45	33,08
33	31,58	28,72	28,63	30,94

Tabela 2- Umidade média dos materiais

Umidade %				
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Sabugo de milho	Serragem
1	21,69	25,71	21,83	49,61
2	21,64	25,30	23,10	42,03
3	20,51	23,66	22,68	37,19
4	21,21	25,28	23,81	34,96
5	25,09	32,25	26,99	33,65
6	31,48	29,58	30,64	39,17
7	28,40	29,14	30,06	35,58
8	28,28	26,29	29,35	34,32
9	33,71	44,26	30,24	40,07
10	35,10	39,04	36,29	41,42
11	34,66	39,56	47,16	54,30
12	50,77	45,00	40,68	45,52
13	35,99	47,25	36,91	43,81
14	45,06	42,82	31,78	38,50
15	34,17	44,45	33,46	39,89
16	32,98	43,95	39,03	40,11
17	30,64	33,99	31,51	33,77
18	39,11	42,81	40,61	43,37
19	39,32	46,56	38,61	45,22
20	40,51	49,96	39,25	47,26
21	39,33	47,02	39,66	49,27
22	43,30	44,26	40,50	47,74
23	35,60	47,14	34,39	47,18
24	37,40	48,15	35,03	44,95
25	38,63	50,28	36,67	46,53
26	37,61	53,83	41,92	49,10
27	43,29	52,90	43,67	52,56
28	36,43	46,06	37,13	41,27
29	35,25	47,16	31,44	44,73
30	42,62	55,74	40,41	51,50
31	35,71	52,77	35,99	43,41
32	33,27	44,69	30,47	33,88
33	40,61	47,99	38,38	49,83

Tabela 3- Matéria orgânica total média dos materiais

Matéria orgânica total %				
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Sabugo de milho	Serragem
1	59,23	68,51	69,38	42,70
2	58,42	66,95	68,25	51,11
3	60,31	71,18	70,88	57,00
4	60,52	68,00	67,03	59,38
5	54,63	61,43	63,97	58,22
6	52,32	61,10	60,55	51,61
7	54,61	65,43	62,33	58,13
8	52,28	65,75	59,51	54,75
9	47,09	45,84	58,65	45,14
10	49,03	50,46	52,35	43,44
11	42,29	44,13	43,09	33,84
12	31,63	45,23	48,13	38,71
13	42,94	40,80	50,17	42,30
14	34,74	42,58	51,53	43,21
15	40,26	41,10	50,39	43,01
16	39,31	37,98	44,38	39,75
17	41,78	40,71	45,73	39,48
18	35,49	35,55	43,41	34,55
19	36,76	36,77	45,68	36,53
20	38,52	35,55	43,74	37,40
21	36,61	35,70	44,46	34,94
22	33,02	38,59	42,40	34,76
23	39,33	36,85	49,43	34,88
24	38,85	36,54	47,88	40,37
25	38,82	35,63	49,08	38,94
26	37,90	30,73	41,72	35,90
27	33,38	33,01	41,41	33,10
28	38,01	36,58	46,11	40,64
29	39,66	35,49	49,08	41,09
30	34,50	30,61	44,07	35,10
31	35,61	32,46	46,47	40,82
32	37,80	35,81	46,88	42,25
33	30,31	32,12	40,20	32,28

Tabela 4- Carbono total médio dos materiais

Carbono total %				
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Sabugo de milho	Serragem
1	32,91	38,06	38,55	23,72
2	32,46	37,19	37,92	28,39
3	33,51	39,54	39,38	31,67
4	33,62	37,78	37,24	32,99
5	30,35	34,13	35,54	32,35
6	29,07	33,95	33,64	28,67
7	30,34	36,35	34,63	32,30
8	29,04	36,53	33,06	30,42
9	26,16	25,47	32,59	25,08
10	27,24	28,03	29,09	24,14
11	23,49	24,52	23,94	18,80
12	17,57	25,13	26,74	21,51
13	23,86	22,67	27,87	23,50
14	19,30	23,66	28,63	24,01
15	22,38	22,83	28,00	23,90
16	21,84	21,10	24,66	22,09
17	23,21	22,62	25,41	21,93
18	19,72	19,75	24,12	19,20
19	20,42	20,43	25,38	20,30
20	21,40	19,75	24,30	20,78
21	20,34	19,83	24,70	19,41
22	18,35	21,44	23,56	19,31
23	21,85	20,47	27,46	19,38
24	21,59	20,30	26,60	22,43
25	21,57	19,80	27,27	21,63
26	21,06	17,07	23,18	19,95
27	18,55	18,34	23,01	18,39
28	21,12	20,32	25,62	22,58
29	22,04	19,72	27,27	22,83
30	19,17	17,01	24,48	19,50
31	19,78	18,03	25,82	22,68
32	21,00	19,90	26,04	23,47
33	16,84	17,85	22,34	17,93

Tabela 5- Nitrogênio total médio dos materiais

Nitrogênio total %				
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Sabugo de milho	Serragem
1	0,53	0,28	0,56	0,19
2	0,60	0,53	0,91	0,40
3	0,60	0,53	0,97	0,40
4	0,61	0,59	1,20	0,51
5	0,85	0,55	1,00	0,60
6	0,64	0,66	0,96	0,57
7	0,69	0,80	1,02	0,60
8	0,83	0,73	1,23	0,67
9	0,82	0,52	1,24	0,46
10	0,78	0,51	0,86	0,47
11	0,99	0,84	1,12	0,51
12	0,74	0,74	1,27	0,66
13	0,81	0,64	1,23	0,64
14	0,75	0,74	1,40	0,75
15	0,98	0,71	1,25	0,78
16	1,02	0,84	1,27	0,79
17	1,15	0,96	1,37	0,79
18	0,92	0,78	1,29	0,72
19	0,83	0,71	1,32	0,74
20	0,93	0,73	1,45	0,74
21	1,02	0,83	1,40	0,74
22	0,94	0,82	1,50	0,76
23	1,05	0,84	1,63	0,85
24	1,01	0,77	1,58	0,89
25	1,02	0,77	1,57	0,86
26	0,90	0,68	1,44	0,81
27	0,84	0,72	1,34	0,75
28	1,08	0,80	1,58	0,93
29	1,10	0,87	1,92	0,91
30	0,99	0,77	1,74	0,80
31	1,17	0,78	1,70	1,01
32	1,27	0,97	2,07	1,24
33	1,02	0,93	1,84	0,80

Tabela 6- Relação C/N média dos materiais

Relação carbono/nitrogênio				
Semana	Casca de arroz	Maravalha	Sabugo de milho	Serragem
1	63,26	137,72	68,95	125,08
2	54,79	72,73	41,74	70,64
3	57,32	76,25	40,80	79,34
4	55,06	65,17	31,08	65,31
5	36,67	63,18	36,03	54,31
6	45,59	52,23	35,35	51,14
7	44,21	46,91	34,10	54,06
8	35,33	51,27	27,18	45,78
9	34,73	62,47	26,66	64,37
10	35,81	72,41	43,01	56,85
11	24,10	29,24	20,79	36,40
12	24,27	34,44	21,04	32,59
13	29,50	35,32	22,66	36,85
14	25,55	33,01	20,53	32,31
15	23,13	32,30	22,53	30,88
16	22,16	26,65	19,47	28,56
17	20,32	23,66	18,62	27,72
18	21,47	25,45	18,78	26,53
19	24,49	29,33	19,51	27,63
20	23,11	27,25	16,87	28,24
21	19,97	24,46	17,70	26,36
22	19,57	26,21	15,72	25,36
23	20,92	24,68	16,83	23,35
24	21,23	26,55	16,96	25,40
25	21,15	26,27	17,62	25,14
26	23,48	25,27	16,14	24,68
27	22,00	25,85	17,24	24,65
28	20,26	25,79	16,62	24,67
29	20,04	23,17	14,26	25,05
30	19,08	22,24	14,10	24,69
31	16,85	23,30	15,14	22,45
32	16,72	21,19	12,64	19,01
33	16,49	19,50	12,26	22,41

ANEXO 2

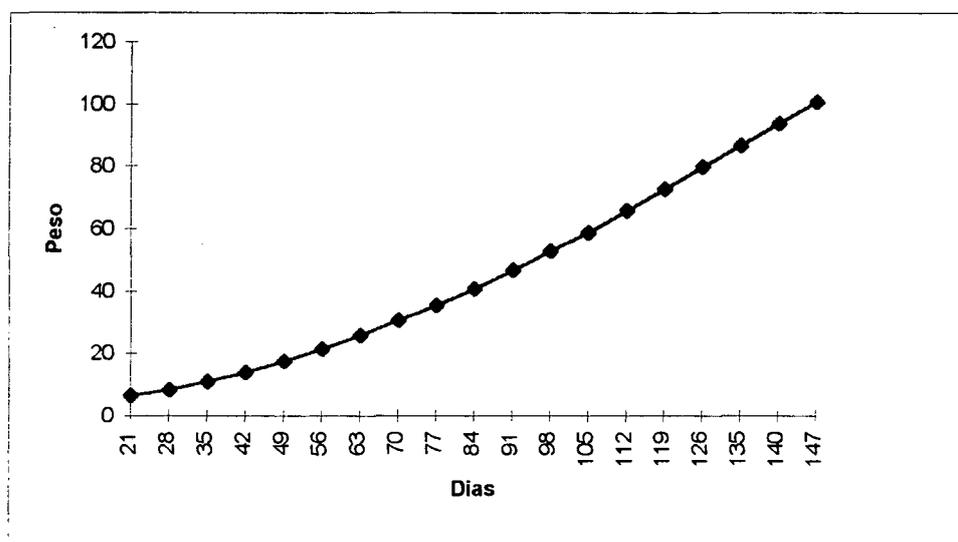
- **Tabela da produção diária de dejetos (crescimento e terminação);**
- **Curva de crescimento dos suínos;**

Tabela 1- Produção diária de dejetos nas fases de crescimento e terminação.

Fase (dias)	Peso vivo (kg)	%	Produção (kg)	
			1/3 Fezes	2/3 Urina
56	21,60	8	0,58	1,15
63	26,00	8	0,69	1,39
70	30,70	8	0,82	1,64
77	35,50	8	0,95	1,89
84	41,00	8	1,09	2,19
91	47,00	8	1,25	2,51
98	53,00	8	1,41	2,83
105	59,00	8	1,57	3,15
112	66,00	8	1,76	3,52
119	73,00	8	1,95	3,89
126	80,00	5	1,33	2,67
135	87,00	5	1,45	2,90
140	94,00	5	1,57	3,13
147	101,00	5	1,68	3,37

Fonte: EMBRAPA/ CNPSA (NUTRON)

Gráfico 1- Curva de crescimento dos suínos



ANEXO 3

- **Tabela de peso e ganho de peso médio dos suínos no experimento;**
- **Número de animais condenados por linfadenite no experimento.**

Tabela 1- Pesos e Ganho de peso médio dos suínos no experimento.

Material	Lote	Galpão	Peso inicial médio (kg)	Peso final médio (kg)	Ganho de peso médio (kg)
Maravalha	1	1	24,4	91,4	67,0
Maravalha	1	2	24,8	96,4	71,6
Maravalha	2	1	25,5	88,4	62,9
Maravalha	2	2	29,6	92,8	63,2
Maravalha	3	1	22,4	83,8	61,3
Maravalha	3	2	25,1	94,4	69,4
Serragem	1	1	24,4	92,8	68,5
Serragem	1	2	24,8	95,4	70,6
Serragem	2	1	25,5	90,1	64,6
Serragem	2	2	29,6	90,2	60,6
Serragem	3	1	22,4	87,3	64,9
Serragem	3	2	25,1	93,9	68,8
Sabugo de milho	1	1	24,4	89,4	65,0
Sabugo de milho	1	2	24,8	94,8	70,1
Sabugo de milho	2	1	25,5	86,4	60,8
Sabugo de milho	2	2	29,7	91,1	61,4
Sabugo de milho	3	1	22,4	86,7	64,2
Sabugo de milho	3	2	25,1	93,8	68,7
Casca de arroz	3	1	24,4	93,0	68,6
Casca de arroz	3	2	24,8	91,8	67,0
Casca de arroz	3	1	25,5	89,9	64,4
Casca de arroz	3	2	29,6	89,2	59,6
Casca de arroz	3	1	22,4	86,2	63,8
Casca de arroz	3	2	25,0	94,1	69,1

Tabela 2- Número de animais condenados por linfadenite no experimento

Material	nº total de animais	nº de animais condenados	%
Maravalha	120	0	0
Serragem	120	24	20
Sabugo de milho	120	0	0
Casca de arroz	120	2	1,6

Os animais na cama de serragem apresentaram problemas de linfadenite. Segundo Miranda (1997) e Perdomo (1997), em estudos anteriores realizados pelo CNPSA com cama de maravalha os animais também apresentaram problemas de linfadenite. Isto pode ter ocorrido devido a falta de cuidado na aquisição e manejo do material.