

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Desenvolvimento de um sistema de compostagem
para o tratamento de dejetos de suínos**

Marcos Antonio Dai Prá

Pelotas, 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Marcos Antonio Dai Prá

**Desenvolvimento de um sistema de compostagem
para o tratamento de dejetos de suínos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: produção animal).

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Xavier

Co-orientador: Dr. Gustavo J. M. M. Lima

Pelotas, 2006

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

P895d Daí Prá, Marcos Antonio

Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos / Marcos Antonio Daí Prá - Pelotas, 2006.

155f. : il.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2006, Eduardo Gonçalves Xavier, Orientador; co-orientador Gustavo J.M.M. Lima.

1. Meio ambiente 2. Suinocultura 3. Dejeito de suínos 4. Adubo orgânico I Xavier, Eduardo Gonçalves (orientador) II Título.

CDD 628.445082

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Xavier

Prof. Dr. Jerri Teixeira Zanusso

Dr. Paulo Armando Victória de Oliveira

Dr. Victor Fernando Büttow Roll

**“É DE INCOMENSURÁVEL IMPORTÂNCIA QUE
TODOS OS SERES HUMANOS DE BOM SENSO
ADQUIRAM UMA COMPREENSÃO ADEQUADA
DOS PERIGOS IMPLÍCITOS NA NOSSA
EXPLORAÇÃO DESENFREADA DOS RECURSOS
NATURAIS”**

DILON RIPLEY

AOS MEUS PAIS
A MINHA ESPOSA
A MINHA FILHA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Perdigão Agroindustrial S/A pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

A UFPEL, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela realização do curso de Pós-Graduação.

Ao Gerente de agropecuária da Regional RS, Edgar Mores pela confiança na realização do projeto.

Ao Professor Eduardo Gonçalves Xavier, pela orientação e estímulo dispensado, e principalmente pela coragem de encarar o desafio.

Ao Pesquisador Egídio Arno Konzen pelo incentivo e sugestões para o enriquecimento do projeto.

Ao Pesquisador Paulo Armando Victória de Oliveira pelo apoio e conhecimentos repassados.

Ao Doutorando Érico Kunde Corrêa pelo auxílio na redação da dissertação e incentivo ao conhecimento.

Aos colegas do Serviço Rural Perdigão pelo empenho na condução dos experimentos e coleta de material nas unidades experimentais.

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Animal Ana Elice Furtado e André Silva, e a funcionária do laboratório de Química e Fertilidade do Solo Rosane Maria Morales Guidotti pela indispensável colaboração prestada.

A colega Débora Cristina Lopes pelo auxílio na realização das análises.

Aos colegas de curso, Cléber, Francisco, Fernanda, Marines e Vanessa pelos momentos de estudo e amizade.

RESUMO

DAI PRÁ, Marcos Antonio. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A criação de animais em sistemas confinados, como é o caso da suinocultura, induz a um acúmulo de dejetos em pequenas áreas. A atividade ainda possui o agravante de que os dejetos são manejados na forma líquida, trazendo dificuldades para os produtores na armazenagem, tratamento, e principalmente, no transporte e distribuição nas lavouras. Neste contexto, o grande desafio para a suinocultura consiste no desenvolvimento de processos que, reduzam o potencial poluente e valorizem o dejetos para uso agrônômico. A compostagem, como forma de tratamento para os dejetos de suínos, pode ser uma alternativa viável para gerenciar os efluentes desta importante atividade agropecuária. Deste modo, foi conduzido um estudo em condições de campo em 16 granjas de produtores de suínos, no sistema de integração com a Perdigão Agroindustrial S/A Regional RS no Sistema Vertical Terminador (SVT), onde os produtores recebem os animais na saída da creche e realizam as fases de crescimento e terminação. As granjas estavam distribuídas nos municípios de Parai, Montauri, Marau, Casca, Camargo, Vila Maria e Serafina Corrêa, durante o período de janeiro a julho de 2005. O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, com os seguintes tratamentos: Tratamento 1-substrato composto por serragem, Tratamento 2-substrato composto por maravalha, Tratamento 3-substrato composto por cama de aviário e Tratamento 4-Sistema convencional de tratamento de dejetos. Os tratamentos foram distribuídos às unidades experimentais (granjas) de maneira aleatória, onde cada tratamento teve quatro repetições. As granjas de número 1 a 4 receberam o tratamento 1; as de número 5 a 8 receberam o tratamento 2; as de número 9 a 12 receberam o tratamento 3; e as de número 13 a 16 receberam o tratamento 4. Foram analisadas as variáveis meteorológicas, temperatura do processo de compostagem, volume de dejetos produzidos e análise físico-química do composto e dos dejetos líquidos. Os dados coletados foram submetidos à análise com o uso de um programa estatístico, sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas através do uso de contrastes ortogonais. Houve efeito de tratamento para as variáveis volume de dejetos e análise físico-química das amostras, entretanto para a variável temperatura de compostagem, não houve efeito significativo. Conclui-se que o sistema muda as características físicas dos dejetos, reduz o volume e concentra nutrientes.

Palavras-chave:

Meio ambiente; resíduos; suinocultura; dejetos de suínos; adubo orgânico.

ABSTRACT

DAI PRÁ, Marcos Antonio. **Development of a composting system for treating swine waste.** 2006. 155 f.

Dissertation (Master Science) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Raising animals in confinement systems, such as in swine production induces to an accumulation of waste in small areas. Swine waste is usually handled in the liquid form, which makes it difficult the storage, treatment, and mainly the transport and distribution to the crops. Therefore, the greatest challenge for the swine production consists in developing appropriate processes for reducing the pollutants and at the same time adding agronomic value to the swine wasting. Consequently, composting of swine waste should be considered as an alternative. This study was conducted in field conditions in 16 commercial swine farms, integrated to Perdigão Agroindustrial S/A, Rio Grande do Sul Regional, at the Finishing Vertical System (SVT). In the integration the producers raise the pigs from weaning to finishing. The study was carried out in farms located in the following cities: Paraí, Montauri, Marau, Casca, Camargo, Vila Maria and Serafina Corrêa, from January to July, 2005. A completely randomized design was used. The following treatments were studied: Treatment 1 (substrate: sawdust), Treatment 2 (substrate: wood shavings), Treatment 3 (substrate: poultry litter) and Treatment 4 (conventional waste treatment: lagoons), with four replications. The treatments were randomly distributed to the experimental units (farms). Farms numbered 1 to 4 received Treatment 1, farms numbered 5 to 8 received Treatment 2, farms numbered 9 to 12 received Treatment 3 and farms 13 to 16 received Treatment 4. The following variables were measured: temperature of the composting process, volume of waste produced, physiochemical analysis of composting and liquid waste. The collected data were submitted to statistical analysis, and the treatment means were compared by orthogonal contrasts. A treatment effect was found for volume of waste and physiochemical analysis, but no significant effect was obtained for the temperature of composting. In conclusion, composting of swine waste changes the physical properties of the waste, reduces the volume and concentrates nutrients.

Key-words: Swine production; waste; composting; environment.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Limites aceitáveis de contaminantes no composto pela lei DPR.....	28
Tabela 2. Limites de metais pesados no solo e quantidades que podem ser adicionadas anualmente.....	29
Tabela 3. Especificações e tolerâncias permitidas dos fertilizantes organomineral e composto de acordo com a legislação brasileira.....	30
Tabela 4. Poder de retenção e radiação de calor dos diferentes gases por unidade de volume, comparado ao CO ₂	32
Tabela 5. Produção média diária de dejetos por animal nas diferentes fases produtivas dos suínos.....	33
Tabela 6. Caracterização do esterco líquido em sua composição físico-química.....	34
Tabela 7. Quantidade estimada de dejetos líquidos de suínos produzidos diariamente de acordo com o sistema de produção.....	34
Tabela 8. Estimativa de concentração dos diferentes constituintes do dejetos líquido de suínos de acordo com a sua densidade corrigidos para uma temperatura de 15° C.....	36
Tabela 9. Propriedades químicas encontradas na cama de frangos no início do processo de compostagem.....	45
Tabela 10. Composição química média de cama de frangos com quatro lotes criados.....	45
Tabela 11. Composição do lixo domiciliar de acordo com o tempo de compostagem.....	48
Tabela 12. Microorganismos patogênicos nos resíduos e no composto.....	56

Tabela 13.	Resultados de análise de dejetos de suínos em criação convencional e cama sobreposta.....	58
Tabela 14.	Análise de variância para o modelo estatístico utilizado.....	60
Tabela 15.	Contrastes utilizados para a comparação das médias.....	60
Tabela 16.	Número de suínos alojados por granja.....	63
Tabela 17.	Composição das rações para os suínos utilizados no experimento.....	71
Tabela 18.	Médias das observações meteorológicas mensais históricas e observadas para o período de janeiro a agosto de 2005.....	79
Tabela 19.	Temperaturas médias na compostagem.....	80
Tabela 20.	Volume de dejetos produzidos por suíno em m ³ antes de ingressar no sistema de tratamento durante o período experimental.....	83
Tabela 21.	Volume de substrato utilizado por suíno em m ³	84
Tabela 22.	Peso específico dos substratos utilizados no experimento em kg/m ³	84
Tabela 23.	Volume de dejetos produzidos por suíno em m ³ ao final do período experimental.....	86
Tabela 24.	Dejetos produzidos por suíno em kg/m ³ ao final do período experimental.....	86
Tabela 25.	Valor médio para pH por tratamento de acordo com as coletas.....	89
Tabela 26.	Percentual médio de umidade de acordo com as coletas.....	91
Tabela 27.	Percentual médio de matéria seca de acordo com as coletas.....	93
Tabela 28.	Percentual médio de nitrogênio total de acordo com as coletas.....	95
Tabela 29.	Percentual de carbono de acordo com as coletas.....	97
Tabela 30.	Relação C/N de acordo com as coletas.....	98

Tabela 31.	Teor médio de fósforo em g/kg, de acordo com as coletas.....	101
Tabela 32.	Teor médio de potássio em g/kg, de acordo com as coletas.....	102
Tabela 33.	Teor médio de cálcio em g/kg, de acordo com as coletas.....	104
Tabela 34.	Teor médio de magnésio em g/kg, de acordo com as coletas.....	106
Tabela 35.	Teor médio de cobre em mg/kg, de acordo com as coletas.....	108
Tabela 36.	Teor médio de zinco em mg/kg, de acordo com as coletas.....	110
Tabela 37.	Teor médio de ferro em mg/kg, de acordo com as coletas.....	112
Tabela 38.	Teor médio de manganês em mg/kg, de acordo com as coletas.....	114
Tabela 39.	Percentual de matéria orgânica em base seca de acordo com as coletas.....	115
Tabela 40.	Densidade média dos dejetos líquidos de acordo com as coletas.....	117

APENDICE

Tabela 1.	Valores de pH para a primeira coleta.....	127
Tabela 2.	Valores de pH para a segunda coleta.....	127
Tabela 3.	Valores de pH para a terceira coleta.....	128
Tabela 4.	Valores de pH para a quarta coleta.....	128
Tabela 5.	Percentual de matéria seca na primeira coleta.....	129
Tabela 6.	Percentual de matéria seca na segunda coleta.....	129
Tabela 7.	Percentual de matéria seca na terceira coleta.....	130
Tabela 8.	Percentual de matéria seca na quarta coleta.....	130
Tabela 9.	Percentual de nitrogênio total na primeira coleta.....	131
Tabela 10.	Percentual de nitrogênio total na segunda coleta.....	131
Tabela 11.	Percentual de nitrogênio total na terceira coleta.....	132
Tabela 12.	Percentual de nitrogênio total na quarta coleta.....	132
Tabela 13.	Teor de fósforo em g/kg na primeira coleta.....	133
Tabela 14.	Teor de fósforo em g/kg na segunda coleta.....	133
Tabela 15.	Teor de fósforo em g/kg na terceira coleta.....	134
Tabela 16.	Teor de fósforo em g/kg na quarta coleta.....	134
Tabela 17.	Teor de potássio em g/kg na primeira coleta.....	135
Tabela 18.	Teor de potássio em g/kg na segunda coleta.....	135
Tabela 19.	Teor de potássio em g/kg na terceira coleta.....	136
Tabela 20.	Teor de potássio em g/kg na quarta coleta.....	136
Tabela 21.	Teor de cálcio em g/kg na primeira coleta.....	137
Tabela 22.	Teor de cálcio em g/kg na segunda coleta.....	137
Tabela 23.	Teor de cálcio em g/kg na terceira coleta.....	138
Tabela 24.	Teor de cálcio em g/kg na quarta coleta.....	138
Tabela 25.	Teor de magnésio em g/kg na primeira coleta.....	139
Tabela 26.	Teor de magnésio em g/kg na segunda coleta.....	139
Tabela 27.	Teor de magnésio em g/kg na terceira coleta.....	140
Tabela 28.	Teor de magnésio em g/kg na quarta coleta.....	140
Tabela 29.	Teor de cobre em mg/kg na primeira coleta.....	141
Tabela 30.	Teor de cobre em mg/kg na segunda coleta.....	141
Tabela 31.	Teor de cobre em mg/kg na terceira coleta.....	142
Tabela 32.	Teor de cobre em mg/kg na quarta coleta.....	142

Tabela 33.	Teor de zinco em mg/kg na primeira coleta.....	143
Tabela 34.	Teor de zinco em mg/kg na segunda coleta.....	143
Tabela 35.	Teor de zinco em mg/kg na terceira coleta.....	144
Tabela 36.	Teor de zinco em mg/kg na quarta coleta.....	144
Tabela 37.	Teor de ferro em mg/kg na primeira coleta.....	145
Tabela 38.	Teor de ferro em mg/kg na segunda coleta.....	145
Tabela 39.	Teor de ferro em mg/kg na terceira coleta.....	146
Tabela 40.	Teor de ferro em mg/kg na quarta coleta.....	146
Tabela 41.	Teor de manganês em mg/kg na primeira coleta.....	147
Tabela 42.	Teor de manganês em mg/kg na segunda coleta.....	147
Tabela 43.	Teor de manganês em g/kg na terceira coleta.....	148
Tabela 44.	Teor de manganês em mg/kg na quarta coleta.....	148
Tabela 45.	Percentual de umidade na primeira coleta.....	149
Tabela 46.	Percentual de umidade na segunda coleta.....	149
Tabela 47.	Percentual de umidade na terceira coleta.....	149
Tabela 48.	Percentual de umidade na quarta coleta.....	150
Tabela 49.	Percentual de carbono na primeira coleta.....	150
Tabela 50.	Percentual de carbono na segunda coleta.....	150
Tabela 51.	Percentual de carbono na terceira coleta.....	151
Tabela 52.	Percentual de carbono na quarta coleta.....	151
Tabela 53.	Relação C/N na primeira coleta.....	151
Tabela 54.	Relação C/N na segunda coleta.....	152
Tabela 55.	Relação C/N na terceira coleta.....	152
Tabela 56.	Relação C/N na quarta coleta.....	152
Tabela 57.	Percentual de matéria orgânica na primeira coleta.....	153
Tabela 58.	Percentual de matéria orgânica na segunda coleta.....	153
Tabela 59.	Percentual de matéria orgânica na terceira coleta.....	153
Tabela 60.	Percentual de matéria orgânica na quarta coleta.....	154
Tabela 61.	Densidade dos dejetos líquidos na primeira coleta.....	154
Tabela 62.	Densidade dos dejetos líquidos na segunda coleta.....	154
Tabela 63.	Densidade dos dejetos líquidos na terceira coleta.....	154
Tabela 64.	Densidade dos dejetos líquidos na quarta coleta.....	154
Tabela 65.	Produção de dejetos nas unidades experimentais	155

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tanques para tratamento de dejetos no sistema alternativo de compostagem.....	65
Figura 2. Esterqueira convencional revestida com geomembrana de PEAD.....	66
Figura 3. Tanques para tratamento de dejetos recebendo o substrato.....	66
Figura 4. Acondicionamento do substrato nos tanques.....	67
Figura 5. Tanque pronto para receber os dejetos líquidos, onde observa-se o cano de PVC posicionado para iniciar a impregnação.....	67
Figura 6. Impregnação de dejetos líquidos no substrato.....	67
Figura 7. Vista geral do sistema de tratamento de dejetos.....	68
Figura 8. Movimentação do composto com utilização de equipamento adaptado a tomada de força do trator.....	68
Figura 9. Material pronto para ser transferido para a fase 2.....	68
Figura 10. Tanque para realização da fase 2.....	69
Figura 11. Pilha de compostagem na fase 2.....	69
Figura 12. Esquema de impregnação de dejetos e coleta de amostras nas unidades experimentais.....	74
Figura 13. Evolução da temperatura de compostagem, nos diferentes tratamentos, ao longo do experimento.....	81
Figura 14. Evolução da temperatura de compostagem na fase 1 (impregnação).....	82
Figura 15. Evolução da temperatura de compostagem na fase 2 (estabilização).....	82
Figura 16. Volume total de dejetos líquidos gerado por suíno, em m ³ , nos diferentes tratamentos.....	83
Figura 17. Volume de substrato, em m ³ , por suíno utilizado nos diferentes tratamentos.....	84
Figura 18. Peso dos substratos, em m ³ , nos diferentes tratamentos.....	85

Figura 19.	Volume de dejetos produzidos por suíno, em m ³ , nos diferentes tratamentos.....	86
Figura 20.	Peso específico dos dejetos produzidos por suíno, em m ³ , nos diferentes tratamentos.....	87
Figura 21.	Evolução do pH durante o período experimental.....	90
Figura 22.	Evolução do percentual de umidade durante o período experimental.....	92
Figura 23.	Evolução do percentual de matéria seca durante o período experimental.....	94
Figura 24.	Evolução do percentual de nitrogênio durante o período experimental.....	96
Figura 25.	Evolução do percentual de carbono durante o período experimental.....	97
Figura 26.	Evolução da relação C/N durante o período experimental.....	99
Figura 27.	Evolução do teor médio de fósforo durante o período experimental.....	101
Figura 28.	Evolução do teor médio de potássio durante o período experimental.....	103
Figura 29.	Evolução do teor médio de cálcio durante o período experimental.....	105
Figura 30.	Evolução do teor médio de magnésio durante o período experimental.....	107
Figura 31.	Evolução do teor médio de cobre durante o período experimental.....	109
Figura 32.	Evolução do teor médio de zinco durante o período experimental.....	111
Figura 33.	Evolução do teor médio de ferro durante o período experimental.....	113
Figura 34.	Evolução do teor médio de manganês durante o período experimental.....	114
Figura 35.	Evolução do percentual de matéria orgânica durante o período experimental.....	116

Figura 36.	Evolução da densidade dos dejetos durante o período experimental.....	117
-------------------	---	------------

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	IX
APÊNDICE.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
SUMÁRIO.....	XVII
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1. Produção de suínos no mundo e no Brasil.....	23
2.2. Impacto ambiental dos dejetos de suínos.....	24
2.2.1. Impacto sobre os mananciais de água.....	24
2.2.2. Impacto no solo.....	25
2.2.3 Impacto na atmosfera.....	30
2.3. Manejo e tratamento dos dejetos de suínos.....	32
2.3.1. Produção e característica dos dejetos.....	32
2.3.2. Tratamento dos dejetos.....	37
2.3.3. Custo econômico da distribuição dos dejetos.....	40
2.3.4. Uso como adubo orgânico.....	42
2.4. Compostagem como forma de tratamento e reciclagem dos dejetos.....	47
2.4.1. Caracterização da compostagem.....	47
2.4.2. Fatores que afetam a compostagem.....	49
2.4.2.1. Temperatura.....	49
2.4.2.2. Umidade.....	50
2.4.2.3. Relação C/N.....	51
2.4.2.4. Aeração.....	52
2.4.2.5. pH.....	53
2.4.2.6. Granulometria.....	54
2.4.3. Método de compostagem.....	55
2.4.3.1. Microorganismos envolvidos.....	55
2.4.3.2. Taxa de incorporação de dejetos.....	56
2.4.4. Uso do composto como adubo.....	57
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	59

3.1. Local e época.....	59
3.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	59
3.3. Material experimental.....	61
3.3.1. Substratos.....	61
3.3.1.1. Serragem.....	61
3.3.1.2. Maravalha.....	61
3.3.1.3. Cama de aviário.....	61
3.3.2. Características das granjas.....	61
3.3.3. Número de animais alojados.....	62
3.3.4. Tratamento de dejetos.....	63
3.3.4.1. Coleta de amostras.....	69
3.3.5. Animais.....	70
3.3.6. Dietas.....	70
3.3.7. Manejo dos dejetos.....	72
3.3.7.1. Granjas de número 1 a 12.....	72
3.3.7.2. Granjas de número 13 a 16.....	72
3.3.8. Envio das amostras para análise físico-química.....	73
3.3.8.1. Tratamentos 1, 2 e 3.....	73
3.3.8.2. Tratamento 4.....	73
3.3.9. Cronograma de impregnações de dejetos e coletas, nas unidades experimentais.....	74
3.3.10. Variáveis analisadas.....	74
3.3.10.1. Tratamentos 1, 2 e 3.....	74
3.3.10.1.1. Observações meteorológicas.....	74
3.3.10.1.2. Temperatura de compostagem.....	75
3.3.10.1.3 Estimativa do volume final e peso específico do composto.....	75
3.3.10.1.4. Análise físico-química.....	76
3.3.10.2. Tratamento 4.....	77
3.3.10.2.1. Estimativa do volume de dejetos líquidos produzidos.....	77
3.3.10.2.2. Análise físico-química.....	78
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79

4.1. Observações meteorológicas.....	79
4.2. Temperatura de compostagem.....	80
4.3. Volume e peso específico dos dejetos produzidos.....	83
4.4. Análises físico-químicas.....	88
4.4.1. Variáveis relacionadas com a compostagem.....	88
4.4.1.1. pH.....	88
4.4.1.2. Umidade.....	90
4.4.1.3. Matéria seca.....	92
4.4.1.4. Nitrogênio.....	94
4.4.1.5. Carbono.....	96
4.4.1.6. Relação C/N.....	98
4.4.2. Variáveis relacionadas com a adubação orgânica.....	100
4.4.2.1. Fósforo.....	100
4.4.2.2. Potássio.....	102
4.4.2.3. Cálcio.....	103
4.4.2.4. Magnésio.....	105
4.4.2.5. Cobre.....	107
4.4.2.6. Zinco.....	109
4.4.2.7. Ferro.....	111
4.4.2.8. Manganês.....	113
4.4.2.9. Matéria orgânica.....	115
4.4.3. Densidade dos dejetos no tratamento 4.....	116
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
6. CONCLUSÃO.....	119
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
8. APÊNDICE.....	127

1. INTRODUÇÃO

A perda global de diversidade biológica pode ser atribuída como um produto oriundo de dois fenômenos. O primeiro decorrente do aumento dos níveis populacionais, que forçaram a transformação de áreas não perturbadas em terras usadas para a agricultura. O segundo, poluentes agrícolas e industriais aplicaram uma pressão seletiva, nova e estreitamente uniforme sobre as espécies, alterando de maneira drástica o equilíbrio da biosfera. Neste sentido, a suinocultura também é considerada uma atividade que degrada o meio ambiente. Assim, o grande desafio para a atividade agropecuária, em especial para a suinocultura, é o desenvolvimento de sistemas de produção que sejam altamente competitivos sem afetar, adversamente, os recursos ambientais, principalmente o solo e a água.

De acordo com Odum (1988), em seu enunciado sobre ecossistema, os organismos vivos e seu ambiente não vivo (abiótico) estão inseparavelmente inter-relacionados e interagem entre si. Assim, sistema ecológico ou ecossistema pode ser definido como qualquer unidade que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto numa determinada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas. Tal nível de organização deve ser a preocupação primária para que a sociedade inicie a implementação de soluções holísticas para os problemas que estão aparecendo ao nível do bioma e da biosfera (ODUM 1988).

Atualmente a atividade antropogênica tem aumentado progressivamente a geração de resíduos orgânicos, os quais necessitam de alguma forma ser reincorporados aos sistemas naturais vigentes, de uma forma harmônica, evitando impactos ambientais profundos. Portanto, o conhecimento da dinâmica da matéria orgânica e de outras substâncias presentes ou adicionadas ao solo, desempenha um papel chave sobre a possibilidade de reaproveitamento energético dos resíduos provenientes da atividade humana nas áreas agrícolas, industriais ou urbanas (POWER REIS et al., 2003).

De acordo com LUCAS JUNIOR et al. (2003), a questão ambiental passa a ser encarada sob a ótica da impossibilidade de se conciliar o desenvolvimento de uma nação, sem um aumento significativo no uso de recursos hídricos e energéticos, e na geração de resíduos, agravando-se o aspecto relativo ao

aumento de poluição. Neste contexto, os diversos setores da produção animal começam a se organizar, para atender a dois requisitos, com o objetivo de que seus produtos possam competir e para que tenham boa aceitação no mercado. O primeiro requisito dispõe sobre as questões legais como a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. O segundo requisito são as exigências dos consumidores que desejam alimentos que tenham sido produzidos atentando para a preservação ambiental.

A necessidade de planejamento ambiental é algo aceito tanto pelo meio empresarial urbano como pelo meio agropecuário. Neste sentido, os profissionais que atuam na atividade devem capacitar-se para planejar o uso de recursos naturais e situar as atividades, tanto na propriedade rural como na região em que ela está inserida, de forma a controlar os efluentes emitidos, realizando a adequação das instalações e o sistema de reciclagem ou tratamento dos resíduos (LUCAS JUNIOR et al., 2003).

Tomando como exemplo o manejo das bacias hidrográficas, observa-se que, ao longo do tempo, não houve uma preocupação com a conservação dos rios e nascentes, de forma a que se pudesse ter uma exploração sustentável. Sempre houve uma falsa idéia de que as águas potáveis jamais se esgotariam e, por isso, podiam ser exploradas indefinidamente. Este foi o comportamento geral da geração passada e, atualmente, pode-se observar o decréscimo na qualidade ambiental das bacias hidrográficas. Para reverter este quadro, há necessidade de se manejar corretamente os resíduos, preservar e recuperar as matas ciliares e investir na melhoria da qualidade e da quantidade das águas (LOPES, 1999).

A suinocultura já tem bem encaminhadas as mais importantes questões relativas à produção, como genética, manejo, nutrição e outras. A sustentação ambiental da atividade, no entanto, permanece como uma das suas mais cruciais questões pendentes (SCHERER et al., 1996).

O modelo suinícola, praticado no Brasil, é uma atividade que se baseia no confinamento dos animais, e na aplicação de tecnologias que permitem o melhor desempenho possível, mas impactam de maneira negativa e profunda o equilíbrio do ecossistema natural (DARTORA et al., 1998).

Os produtores de suínos, em geral, mantêm a maior parte do ciclo produtivo de seus animais em confinamento total, levando com isso à concentração de um grande número de animais em pequenas áreas que geram grandes volumes de dejetos. Em função disso, a suinocultura é rotulada como uma atividade de grande potencial poluidor pelos órgãos de fiscalização ambiental (LINDNER, 1995).

Para atingir a almejada sustentabilidade da suinocultura foram desenvolvidos vários métodos para o gerenciamento dos resíduos da atividade. Cabendo destacar o uso de esterqueiras, bioesterqueiras, produção sobre cama, lagoas de tratamento, decantadores, peneiras, biodigestores, entre outros. Cada um dos sistemas apresenta aspectos positivos e negativos, sendo que, na maioria dos casos o custo com a sua implantação e manutenção, ultrapassa a capacidade de investimento do produtor. Assim, foi desenvolvido um sistema alternativo para a minimização do impacto ambiental, causado pela atividade suinícola, denominado de sistema de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos.

O presente trabalho teve como objetivo o estudo de um sistema de tratamento dos dejetos de suínos na forma líquida, em um composto sólido estabilizado, visando à redução do volume produzido na atividade suinícola, à valorização agronômica do composto e também o desenvolvimento de uma alternativa de tratamento, voltada para a sustentabilidade da suinocultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de suínos no mundo e no Brasil

A China é hoje o maior produtor mundial de carne suína, produzindo cerca de 43,2 milhões de toneladas (50,9% do total mundial). O Brasil é o único país da América Latina, incluído na lista dos 10 maiores produtores mundiais de carne suína, tendo esta colocação melhorada ano após ano. A análise de diversos estudos realizados permite concluir que a taxa de crescimento da produção de suínos pelos países desenvolvidos tem diminuído nos últimos anos, em relação aos índices obtidos nos países em desenvolvimento. Esses mesmos dados permitem realizar uma estimativa, onde, em 2010, teríamos uma situação favorável aos países em desenvolvimento, estando estes com cerca de 60% da produção mundial. Durante o período de 1995 a 2001, o crescimento na produção de carne suína no Brasil foi de 55,9%, contra 28,1% na China, 9,1% na Comunidade Européia e 7,3% nos Estados Unidos (ROPPA, 2002).

A suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista econômico e social, uma vez que se constitui em ferramenta de fixação do homem no campo, e instrumento de geração de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva. O rebanho suíno nacional é estimado em 34 milhões de cabeças, concentrando na região Sul cerca de 13 milhões de cabeças representando, aproximadamente, 38% do rebanho nacional (ANUALPEC, 2002).

O rebanho suíno brasileiro tem a sua maior representação numérica, econômica e tecnológica na região Sul. Seguem, pela ordem, as regiões Sudeste, Centro Oeste, Nordeste e Norte. Tendo em vista o tamanho continental do Brasil e a influência européia de criação de suínos, na região Sul se concentra a maior parte das indústrias e, por conseqüência, uma tecnologia de ponta. As regiões Sudeste e Centro Oeste também têm-se destacado na suinocultura brasileira, haja visto os grandes investimentos que estão sendo implantados em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul principalmente. A suinocultura presente nas regiões Norte e Nordeste, que detém um rebanho grande, têm uma importância social e econômica expressiva para os seus Estados (ACSURS, 2006).

2.2 Impacto ambiental dos dejetos de suínos

2.2.1 Impacto sobre os mananciais de água

O problema do despejo de dejetos nos recursos hídricos processo muito comum nas regiões produtoras de suínos, resulta em rápido aumento populacional das bactérias, e na extração do oxigênio (O_2) dissolvido na água para o seu crescimento. As bactérias são as principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Sendo os dejetos liberados em um curso de água com uma boa quantidade de O_2 dissolvido, as bactérias aeróbias ou facultativas têm um incremento em sua população, acelerando o processo de decomposição, consumindo O_2 e originando dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), deste modo diminuindo, consideravelmente, a possibilidade de sobrevivência da fauna aquática (DARTORA et al., 1998).

As restrições ambientais que a suinocultura sofre em países da Europa - Alemanha França Dinamarca e Holanda - têm feito com que estes países reduzam a produção de carne suína. No Brasil, com a aplicação das leis de crimes ambientais, muitas granjas têm sido interditadas, por não se enquadrarem na atual legislação, indicando que não há mais como adiar o assunto e se faz urgente encontrar caminhos eficientes para a solução deste grande problema (SCHERER et al., 1996).

Na China, país de dimensões continentais, o problema se apresenta de maneira semelhante ao que ocorre no Brasil. Com o advento da suinocultura intensiva, houve um aumento da concentração de animais em pequenas áreas, gerando grande produção de dejetos com insuficiente espaço de lavoura para a reciclagem dos mesmos. Em função disso, houve um aumento da poluição ambiental, incluindo odores desagradáveis, eutroficação em rios e lagos, proliferação de insetos e contaminação microbiana em águas profundas (IMBEHA, 1998).

As águas doces superficiais são muito importantes como fonte de água potável para as populações, e também como *habitat* para a vida vegetal e animal. O aporte de íons fosfato para estas águas funciona normalmente como nutriente determinante do crescimento de algas, ou seja, quanto mais abundante o suprimento do íon, maior será o crescimento de algas. Quando uma vasta massa

de algas morre, ocorre a sua decomposição por oxidação, ocorrendo a depleção do O₂ dissolvido na água, sendo toda a fauna e flora negativamente afetada (BAIRD, 2002).

A poluição, provocada pelo manejo inadequado dos dejetos de suínos, cresce em importância a cada dia, seja por uma maior consciência ambiental dos produtores, como também pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral (DIESEL et al., 2002). Ao mesmo tempo em que a suinocultura foi responsável pela expansão do setor agroindustrial na região Oeste Catarinense, destacando-se como uma atividade de grande importância para o desenvolvimento agrícola regional, cabe-lhe também a responsabilidade por grande parte da poluição dos mananciais de água (SCHERER et al., 1996).

A poluição ambiental, causada por dejetos, é um problema que se vem agravando na suinocultura moderna. Diagnósticos recentes têm demonstrado um alto nível de contaminação dos rios e lençóis de água superficiais que abastecem tanto o meio rural como o urbano.

ODUM (1988), quando trata dos ecossistemas de água doce, afirma que apesar de as águas superficiais (rios, lagos e fontes), aparentemente situarem-se distantes dos lençóis profundos, estão intimamente ligadas e interagindo com estes, e que qualquer poluição na superfície afetará estas águas tão importantes para o planeta.

2.2.2 Impacto no solo

Os dejetos de suínos, até a década de 70, não se constituíam em fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-los, ou os mesmos eram utilizados como adubo orgânico (CORRÊA, 1998).

O desenvolvimento da suinocultura intensiva causou a produção de grandes quantidades de resíduos, os quais são lançados ao solo, na maioria das vezes, sem critério e sem tratamento prévio, transformando-se em uma grande fonte poluidora dos mananciais de água. O sistema de produção de suínos, no Sul do Brasil, propicia elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenagem, distribuição e poluição ambiental (DARTORA et al., 1998).

A noção de resíduo não existe na natureza. Esta afirmação é fundamentada pelos grandes ciclos naturais em que, comumente, o papel do decompositor é transformar e/ou incorporar, completamente, as matérias descartadas pelos outros componentes do sistema, sem alterar o equilíbrio natural. Sendo assim, o resíduo como elemento negativo, causador de degradação ambiental, é de origem antrópica e apareceu, em geral, quando a capacidade de absorção natural pelo meio no qual está inserido é ultrapassada (BIDONE, 2001).

O destino dos metais pesados e de outros compostos orgânicos tóxicos são a sua deposição e soterramento em solos e sedimentos, sendo que os metais pesados se acumulam, frequentemente, na camada superior do solo, onde são disponíveis para as plantas. Os materiais húmicos têm grande afinidade pelos cátions dos metais pesados, de maneira que os extraem da água que passa através deles por meio de processos de troca iônica formando complexos insolúveis em água (BAIRD, 2002).

A presença de metais pesados, em grandes quantidades nos dejetos, é decorrente da sua alta concentração nas rações, onde são adicionados em excesso para suprir a baixa taxa de absorção dos suínos. Nas áreas de suinocultura intensiva, os dejetos são adicionados ao solo, e devido a sua alta reatividade com os grupos funcionais da matéria orgânica e argilominerais, a tendência é de acúmulo. No momento em que é atingida a capacidade de retenção dos metais pelo solo, estes podem atingir camadas mais profundas, chegando inclusive ao lençol freático (MATTIAS et al., 2004).

O acúmulo de metais pesados leva a uma reação intensa com os constituintes coloidais e biológicos, tanto na camada superficial do solo, como dissolvidos na água. Na eventual absorção por microorganismos ou vegetais, pode apresentar altos riscos à saúde humana e ao ecossistema (AMARAL SOBRINHO, 1999).

MATTIAS et al. (2004), em trabalho realizado em solo, com o objetivo de analisar a movimentação vertical de cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn), sob a aplicação de dejetos líquidos de suíno, concluíram que a lixiviação de metais pesados é dependente dos atributos do solo, como teor de matéria orgânica e argila, e que aplicações de doses elevadas de dejetos podem favorecer a

movimentação dos metais por excederem a capacidade suporte do solo, especialmente do Zn.

SCHERER et al. (2004), analisando a mobilidade dos micronutrientes catiônicos dos dejetos de suínos, observaram que o Zn apresentou teores mais elevados nas camadas de solo de 0 a 10 cm de profundidade, decrescendo rapidamente, em camadas mais profundas, indicando pouca mobilidade desse elemento no perfil do solo. O Zn adicionado é retido, primeiramente, nas cargas negativas das superfícies dos colóides do solo, formando ligações mais estáveis, tornando-se menos móvel e pouco disponível para as plantas. Em relação ao Cu, os maiores teores foram encontrados nas camadas de 30 a 50 cm, indicando que parte do mineral adicionado foi translocado complexado para camadas mais profundas, sendo a causa mais provável a presença dos ácidos orgânicos, formados durante a decomposição da matéria orgânica. Em função dessa maior mobilidade, deve haver uma maior preocupação com a adição de Cu na ração animal por seu efeito acumulativo no solo, por ser um elemento que pode causar risco ambiental.

Medidas de redução de componentes limitantes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e metais pesados, devem ser implementadas através de modificações nas dietas dos suínos (FLOTATS, 2000).

Segundo LIMA E NONES (1999), apud DIESEL et al. (2002), existem aspectos importantes relacionados à nutrição animal que poderão reduzir o potencial poluente dos dejetos e assegurar maior sustentabilidade aos sistemas de produção. Os fatores que se destacam são a melhora da eficiência alimentar dos animais, o uso de nutrientes na ração, de acordo com as exigências dos animais, o emprego da técnica de restrição alimentar para suínos em terminação, a redução dos níveis de cloreto de sódio, fazendo com que haja uma utilização mais racional da água e, finalmente, o uso de promotores de crescimento, como o Cu e o Zn, na forma quelatada para reduzir a excreção.

Na Itália, de acordo com SHARMA et al. (1996), existem duas leis sobre compostagem, onde é definido o conceito, bem como as características básicas dos resíduos brutos, composto produzido e condições do solo para a distribuição do mesmo. A primeira das leis é a que regula a Disposição dos Resíduos (DPR 915/82) com sucessivas alterações no ano de 1984, e a segunda é a que regula o Controle dos Fertilizantes (Lei Nacional 748/84).

De acordo com a legislação italiana para DPR 915/82, composto é o produto obtido do processo biológico aeróbico dos resíduos sólidos urbanos, de materiais orgânicos fermentáveis, oriundos de atividades agropecuárias ou de sua mistura. O composto deve ser aceito agronomicamente, cujos limites permissíveis de contaminantes são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Limites aceitáveis de contaminantes no composto pela lei DPR.

Parâmetros	Unidade	Limite aceitável
Sementes de invasoras	-	ausente
pH	-	6 – 8,5
Arsênio	mg/kg	10
Cádmio	mg/kg	10
Cromo III	mg/kg	500
Cromo IV	mg/kg	10
Mercúrio	mg/kg	10
Níquel	mg/kg	200
Chumbo	mg/kg	500
Cobre	mg/kg	600
Zinco	mg/kg	2.500

Fonte: Adaptado de Sharma et al. (1996).

Tabela 2. Limites de metais pesados no solo e quantidades que podem ser adicionadas anualmente.

Parâmetros	Máxima concentração no solo (mg/kg solo seco)	Quantidade máxima aplicável (g/ha/ano)
Arsênio	10	100
Cádmio	3	15
Cromo III	50	2.000
Cromo IV	3	15
Mercúrio	2	15
Níquel	50	1.000
Chumbo	100	500
Cobre	100	3000
Zinco	300	10.000

Fonte: Adaptado de Sharma et al. (1996).

Fertilizante orgânico pode ser definido de acordo com KIEHL (1985), como sendo todo produto de origem vegetal ou animal que, aplicado ao solo em determinadas quantidades, em épocas e formas adequadas, proporciona melhorias de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, podendo atuar também como um corretivo de acidez. Além disso, é um complexante de elementos tóxicos e uma fonte de nutrientes às plantas, garantindo a produção de colheitas compensadoras, com produtos de boa qualidade, sem causar danos ao solo, à planta ou ao ambiente.

Na legislação brasileira, o decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, regulamenta os fertilizantes organominerais e os compostos. Complementam este decreto a portaria nº. 31, de 8 de junho de 1982 (que aprova os métodos analíticos oficiais para análise), e a portaria nº. 1, de 4 de março de 1983, que fixam especificações, garantia e tolerância dos produtos. Os valores aceitáveis são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Especificações e tolerâncias permitidas dos fertilizantes organomineral e composto de acordo com a legislação brasileira.

Nutriente	Organo mineral		Composto	
	Mínimo	Tolerado	Mínimo	
Matéria orgânica total %	15,0	13,5	40,0	36,0
Nitrogênio total %	*	*	1,0	0,9
Umidade %	20,0	22,0	40,0	44,0
Relação C/N	-	-	18/1	21/1
pH	6,0	5,4	6,0	5,4
P ₂ O ₅	*	*	-	-
K ₂ O	*	*	-	-
NPK %	6,0	5,0	-	-

* Conforme registro no rótulo

- Não especificado

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

2.2.3 Impacto na atmosfera

A produção de suínos acarreta um outro problema grave nas regiões produtoras, que é o odor desagradável dos dejetos. Isso ocorre devido à evaporação dos compostos voláteis, que causam efeitos prejudiciais ao bem-estar humano e animal. Os contaminantes do ar mais comuns nos dejetos são a amônia, o metano, os ácidos graxos voláteis, o ácido sulfídrico, o etanol, o propanol, o dimetil sulfidro e o carbono sulfidro. A emissão de gases pode causar graves prejuízos às vias respiratórias do homem e dos animais, bem como a formação de chuva ácida através de descargas de amônia na atmosfera, além de contribuir para o aquecimento global da terra (LUCAS et al., 1999).

A terra é coberta por uma camada de gases, que são relativamente abertos à penetração de radiação solar de onda curta, sendo que a parcela desta energia, irradiada de volta para o espaço na forma de onda longa, é determinada pela concentração de diversos gases na atmosfera. Dentre os principais gases que absorvem ondas longas cabe citar o dióxido de carbono (CO₂) o metano (CH₄), o clorofluorcarbono (CFC) e o óxido nitroso (N₂O). Estes são os chamados

gases de efeito estufa, uma vez que absorvem radiação de onda longa e permitem que o calor seja irradiado novamente para a terra, criando um efeito de aquecimento conhecido como aquecimento global da terra (LUCAS JUNIOR et al., 2003).

Efeito estufa tem sido relacionado ao aumento da concentração de gases na atmosfera, os quais têm a capacidade de reter a radiação infravermelho (energia calorífica) emitida pela superfície da terra (PILLON, 2001).

Inúmeras são as previsões de que o efeito estufa afetará o clima de todo o planeta ao longo dos próximos anos. O termo efeito estufa significa um aumento médio global da temperatura em função do aumento de gases na atmosfera, oriundos principalmente das atividades humanas (BAIRD, 2002).

As principais atividades agrícolas responsáveis pela geração de gases de efeito estufa, em especial o metano, é a pecuária, através da fermentação entérica dos ruminantes, e a agricultura através do manejo de resíduos animais utilizados como adubo, e principalmente o cultivo de arroz irrigado (PILLON, 2001). O CH_4 é mais efetivo do que o CO_2 na absorção da radiação solar na superfície da terra. A concentração global deste gás tem aumentado a uma taxa de 1% ao ano, sendo 80% de origem biogênica, produzido em condições de anaerobiose. O CH_4 é produzido por bactérias metanogênicas, que podem ser fermentativas, redutoras ou acetogênicas (SIQUEIRA et al., 1994).

Os principais gases emitidos pelos sistemas de criação de suínos são o CO_2 o CH_4 e os gases de N (NH_4 , N_2O e N_2). Estudos de qualidade do ar indicam que as emissões dos sistemas de tratamento de dejetos de suínos têm alto potencial de afetar negativamente a qualidade do ar local, regional e até globalmente. As emissões de gases representam uma grande preocupação para a manutenção da qualidade do ar, devido aos seus efeitos prejudiciais na qualidade ambiental, no desconforto e na saúde humana (OLIVEIRA et al., 2003).

FUKUMOTO et al. (2003) conduziram um estudo com o objetivo de avaliar as emissões de NH_3 , N_2O e CH_4 , em compostagem de dejetos de suínos com sistema de aeração forçada em pilhas de diferentes escalas de tamanho. Os resultados indicaram uma tendência significativa para o aumento de emissão de N_2O e CH_4 em pilhas de maior escala de tamanho, devido ao fato de se criarem maior número de sítios anaeróbicos e com maior extensão.

A emissão de gases ocorrida durante o processo de compostagem é um fator valioso a ser considerado. A mistura do substrato aos dejetos e a conseqüente absorção da umidade é um importante elemento no controle das perdas de N por volatilização, durante o processo de compostagem. Os principais fatores que afetam as emissões gasosas em geral são os teores de N total inicial, o regime de temperatura do material em compostagem e a frequência com a qual as pilhas são revolvidas (BARRINGTON, 2002).

De acordo com GUYOT (1997), citado por OLIVEIRA et al. (2003), a contribuição dos gases no efeito estufa depende, basicamente, de dois fatores: sua concentração na atmosfera e seu poder de aquecimento molecular. O poder de aquecimento das moléculas dos gases varia e pode ser mensurado de acordo com um referencial. O elemento utilizado como referência é o CO₂, por ser o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera e de maior contribuição no aquecimento global (Tabela 4).

Tabela 4. Poder de retenção e radiação de calor dos diferentes gases por unidade de volume, comparado ao CO₂.

Variável	Gás de efeito estufa				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC11	CFC12
Poder de radiação relativo	1	32	160	14000	17000

Fonte: Guyot, (1997), adaptado por Oliveira, 2003.

2.3 Manejo e tratamento dos dejetos de suínos

2.3.1 Produção e característica dos dejetos

Os dejetos de suínos são compostos por fezes e urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório. O esterco, por sua vez, é constituído pelas fezes dos animais, que, normalmente, se apresentam na forma pastosa ou sólida (KONZEN, 1983).

Nos dejetos líquidos de suínos, grande parte do N está presente na forma mineral, ou seja, prontamente disponível para as plantas. Entretanto, encontra-se também mais sujeito à perda por volatilização de amônia (NH₃), ou lixiviação de nitrato (NO₃) (SCHERER et al., 1994).

SCHERER (1996) coletou 56 amostras de esterco líquido de suínos, em esterqueiras de granjas na região oeste de Santa Catarina, para quantificar os teores dos principais micronutrientes contidos. O ferro (Fe), com valor médio de 633 g/m³, mostrou ser o principal componente mineral, seguido pelo Zn com 43 g/m³ e pelo Mn com 35 g/m³ de liquame.

A quantidade total de dejetos produzidos por um suíno em determinada fase de seu desenvolvimento é uma informação de grande valia para o planejamento das construções de coleta e estocagem, além da definição dos equipamentos a serem utilizados para o transporte e a distribuição dos dejetos na lavoura. As quantidades de fezes e urina são afetadas por fatores zootécnicos, ambientais e nutricionais. Na Tabela 5, são apresentados os dados obtidos por OLIVEIRA (1993) para as diferentes fases produtivas, enquanto que, na Tabela 6, é apresentada a composição físico-química do esterco líquido, informação fundamental para a utilização dos dejetos como fertilizante orgânico (KONZEN et al., 1980).

Tabela 5. Produção média diária de dejetos por animal nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco e urina (kg/dia)	Dejeto líquido (L/dia)
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porca lactação + leitegada	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Oliveira (1993).

Tabela 6. Caracterização do esterco líquido em sua composição físico-química.

Componentes	Unidade	Concentração
pH	-	7,80
Matéria seca	kg/m ³	44,50
Nitrogênio total	kg/m ³	3,18
Fósforo	kg/m ³	5,40
Potássio	kg/m ³	1,38
Cálcio	kg/m ³	3,30
Magnésio	kg/m ³	1,17
Ferro	g/m ³	108,30
Manganês	g/m ³	64,70
Zinco	g/m ³	78,80
Cobre	g/m ³	69,40
Enxofre	g/m ³	580,00
Boro	g/m ³	45,60
Sódio	g/m ³	107,40

Fonte: Konzen (1980).

Embora o procedimento mais adequado para calcular a quantidade de dejetos, produzidos em uma granja, seja aquele apresentado na Tabela 5, de acordo com DARTORA et al. (1998), existem valores práticos que ajudam a estimar a produção diária de dejetos para os diferentes sistemas de produção de suínos e que são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Quantidade estimada de dejetos líquidos de suínos produzidos diariamente de acordo com o sistema de produção.

Tipo de sistema de produção	Quantidade diária de dejetos
Ciclo completo	85 litros por matriz
Unidade de produção de leitões (UPL)	45 litros por matriz
Terminador	9,0 litros por suíno

Fonte: Dartora et al. (1998).

A alimentação ocupa um papel de destaque na determinação das características dos dejetos de suínos, onde um aumento na digestibilidade da matéria seca da dieta de 85% para 90% reduz em torno de 30% a excreção de matéria seca nas fezes (LIMA, 1996).

LIMA et al. (1999) observaram que suínos, alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja e suplementados com Cu e Zn na forma quelatada, apresentaram redução na excreção destes minerais nas fezes na ordem de 33% e 8%, respectivamente, quando comparados com suínos alimentados com a mesma dieta, mas suplementados com Cu e Zn na forma convencional, reduzindo desta forma o impacto ambiental da suinocultura e o custo de produção da atividade.

O manejo dos dejetos é parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de animais e deve estar incluído no planejamento da construção ou modificação das instalações. A escolha de um sistema de manejo de dejetos deve ser baseado no potencial de poluição, necessidade de mão de obra, área disponível de lavoura, operacionalidade do sistema, legislação ambiental, confiabilidade e custos. Não existe sistema perfeito que atenda a todos os requisitos, portanto no momento da escolha, o produtor deve estar consciente das limitações do sistema escolhido (DIESEL et al., 2002).

Segundo KONZEN (2001), o conteúdo de sólidos dos dejetos pode sofrer variações, dependendo da diluição causada pelo maior ou menor uso da água de limpeza no sistema de higienização. Os dejetos coletados em sistemas de piso ripado com fossos têm um conteúdo de matéria seca que varia de 2,6% a 3,5%. No manejo em lâmina d'água e canaletas, esta variação é de 1,7% a 2,6%.

É observado em muitas propriedades suinícolas que grande parte dos dejetos líquidos armazenados nas esterqueiras é composto de água, que provém de bebedouros mal regulados, limpeza das baias e principalmente água das chuvas. Conforme anteriormente citado, os bebedouros, muitas vezes não são adequados, havendo desperdício de água pelo animal ou vazamentos. No caso de água de limpeza, ocorre desperdício quando se utiliza grande volume, por isso o ideal seria usar alta pressão com baixa vazão. A água da chuva também causa aumento do volume de dejetos. Os canais abertos, de captação de dejetos, coletam também água da chuva e do telhado. Outra forma de entrada de água na esterqueira vem da chuva, que cai diretamente na esterqueira, ou o escoamento

das águas de enxurradas, pois na maioria dos depósitos não há canais de drenagem nem cobertura (OLIVEIRA et al., 2004).

O sistema de produção utilizado em cada granja é que define o grau de diluição dos dejetos e as suas características físico-químicas; que pode ser evidenciado na Tabela 8, que apresenta uma estimativa das concentrações médias dos principais constituintes dos dejetos líquidos de suínos em terminação em função de sua densidade de acordo com o instituto francês CEMAGREF. O valor da composição obtida via densímetro é indireta, sendo realizada uma correlação entre a densidade e a composição química dos dejetos (OLIVEIRA, 1993).

Tabela 8. Estimativa de concentração dos diferentes constituintes do dejetos líquido de suínos de acordo com a sua densidade corrigidos para uma temperatura de 15° C.

Densidade	%Mat. seca	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	%NH ₄
1006	1,14	0,30	0,07	0,17	0,20
1008	1,53	0,31	0,11	0,18	0,21
1010	1,92	0,33	0,15	0,20	0,22
1012	2,31	0,35	0,18	0,21	0,23
1014	2,70	0,37	0,22	0,23	0,23
1016	3,09	0,39	0,25	0,24	0,24
1018	3,48	0,41	0,29	0,26	0,25
1020	3,87	0,43	0,33	0,27	0,26
1022	4,25	0,44	0,36	0,29	0,27
1024	4,84	0,46	0,40	0,30	0,28

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

Em experimento conduzido por BELLAVAR et al. (1999), ficou demonstrado que suínos alimentados com água proveniente apenas de bebedouro, instalado na câmara de consumo do comedouro (modelo ração umidificada), produziram menor quantidade de efluentes por kg vivo, contribuindo para a redução do desperdício de água e conseqüentemente, do volume de dejetos produzidos, além de apresentarem maior ganho de peso e consumo de ração.

2.3.2 Tratamento dos dejetos

Em levantamento realizado em três municípios do Alto Uruguai Catarinense, foi constatado que 80% das microbacias hidrográficas apresentavam áreas de lavoura insuficientes para a reciclagem na forma de adubação orgânica do volume total de dejetos de suínos produzidos (MIRANDA et al, 1999). Além disso, nenhuma das microbacias atendeu a regulamentação do órgão ambiental, o qual preconiza um tempo mínimo de 120 dias para a retenção dos dejetos na esterqueira, para estabilização dos mesmos. Deste modo, uma das medidas prioritárias que devem ser adotadas, visando reduzir o impacto ambiental da atividade, pode ser a implementação de sistemas de manejo e tratamento de dejetos que possibilitem a redução do seu volume, minimizando seu poder poluente (MIRANDA et al., 1999).

O sistema tradicional de tratamento de dejetos na forma líquida utilizado na região Sul do Brasil (esterqueiras, bioesterqueiras e lagoas anaeróbias), está baseado na condução dos dejetos da área de criação dos animais, através de tubulações ou canaletas, para um depósito, local que os dejetos permanecem por determinado tempo para sofrer fermentação anaeróbia, sendo posteriormente transportados com máquinas até as lavouras. Esse sistema, quando adequadamente instalado e manejado, pode apresentar bons resultados. Entretanto, o seu principal entrave está na necessidade da existência de área adequada na propriedade para as construções das lagoas e para o uso desses resíduos como adubo orgânico. Além do elevado custo com implantação, manutenção e manejo dos dejetos na forma líquida, estes sistemas favorecem o despejo acidental dos dejetos na natureza, tornando o sistema muitas vezes inviável para alguns produtores (SCHERER et al., 1996).

Além disso, ocorre um grave inconveniente pelo fato de haver a incorporação de grandes volumes de água no decorrer do processo, proveniente de bebedouros inadequados ou mal regulados, da higienização das construções e da água da chuva. Tais fatores aumentam o volume final dos dejetos, encarecendo o custo de estocagem e transporte, e reduzindo o seu valor como fertilizante orgânico, devido ao elevado grau de diluição que apresenta (DARTORA et al., 1998).

A digestão anaeróbia através do uso de esterqueiras abertas, é o processo mais empregado nos sistemas de tratamento de dejetos de suínos, sendo utilizado a fim de estabilizar os resíduos gerados nos sistemas de produção de suínos. A produção do CH₄, gás proveniente deste tipo de tratamento gira em torno de 0,3 a 0,6 L de gás/g de sólidos voláteis presentes. Desta forma, o valor de sólidos voláteis pode ser usado para estimar a produção de gás do sistema de tratamento. Considerando-se um valor de sólidos voláteis médio de 0,50 kg/dia/100 kg dejetos, obtém-se uma produção de gás aproximada de 250 L para cada animal (OLIVEIRA et al., 2003).

A forma predominante de armazenagem e uso dos dejetos, praticada na atividade suinícola, revela a existência de um distanciamento das necessidades dos criadores e da legislação ambiental vigente (KONZEN et al. 1998). Devido à liberação dos dejetos suínos ao solo e aos mananciais de água, de maneira direta ou indireta, sem sofrer o necessário tratamento prévio, existem atualmente nos grandes centros produtores índices alarmantes de contaminação dos recursos naturais, com a conseqüente diminuição da qualidade de vida (PERDOMO, 2001).

De acordo com Victória (1994), o tratamento dos dejetos gerados pela suinocultura é tão importante quanto à própria criação dos animais, e deve ser analisado sob vários enfoques, a saber:

a) Finalidade preservacionista: eliminar ou amenizar o elevado volume de dejetos gerado nas propriedades, de forma a reduzir ou extinguir o seu potencial poluente, evitando a degradação ambiental;

b) Finalidade agronômica: utilizar os dejetos como fertilizante disponível nas propriedades, de forma a complementar as necessidades de adubação mineral para melhorar as condições do solo, aumentando assim a produtividade das lavouras;

c) Finalidade sanitária: promover o tratamento adequado dos dejetos, com a finalidade de reduzir o potencial de transmissão de agentes causais de doenças, melhorando a produtividade dos rebanhos de suínos;

d) Finalidade social: solucionar o problema de concentração de dejetos, contribuindo para a manutenção e incentivo de uma atividade agrícola de grande importância econômica, viabilizando assim a continuidade do processo agroindustrial que ajuda a fixar o homem no campo e gera empregos e renda.

De acordo com FLOTATS (2000), deve existir um plano de gestão para os resíduos da exploração suinícola que contemple três âmbitos de atuação, ou seja: a) medidas de redução de resíduos na origem que incluem principalmente a diminuição do desperdício de água; b) plano de aplicação nas áreas agrícolas tendo como conhecimento básico o nível de nutrientes do dejetos e as necessidades do solo; e c) um tratamento adequado para a redução da carga poluente. Desta forma POWER REIS et al. (2003), propõem que a gestão dos resíduos provenientes das atividades agropecuárias ou urbanas deve ser feita, observando-se as prioridades como redução, reutilização, reciclagem, tratamento e destino final.

O armazenamento dos dejetos, na maioria das vezes, é confundido com tratamento de dejetos. Conceitualmente, a armazenagem consiste em colocar os dejetos em depósitos adequados durante um determinado tempo, com o objetivo de fermentar a biomassa e reduzir os patógenos dos mesmos. Por não ser um sistema de tratamento, fica longe dos parâmetros exigidos pela legislação ambiental para o lançamento em cursos de água, ou para sua utilização como fertilizante (DIESEL et al., 2002). Da mesma forma, PERDOMO (2002) enfatiza que a estratégia de armazenagem e uso de dejetos como fertilizante líquido, processo predominante na maioria das granjas, ainda que represente um avanço para a questão ambiental, não pode ser considerado como um tratamento para os dejetos, mas sim, como uma armazenagem temporária.

Por outro lado, o uso de esterqueiras sem cobertura é muito difundido na suinocultura brasileira, e apresenta como principal vantagem o baixo custo de implantação e manutenção. Mas apresenta sérios inconvenientes, tais como: emissão de maus odores, lodo e efluentes com alto potencial poluente, necessidade de áreas agrícolas suficientes para a aplicação adequada do dejetos armazenado, geração de gases de efeito estufa e alto risco ambiental pelo rompimento da esterqueira (OLIVEIRA et al., 2004). Deste modo, fica evidente, à necessidade do desenvolvimento de alternativas para o manejo dos dejetos.

2.3.3 Custo econômico da distribuição dos dejetos

Os dejetos de suínos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo utilizado e, principalmente, da quantidade de água em sua composição. Dentro de um plano de utilização dos dejetos como adubo, o N é o elemento que exige maiores cuidados, pois além de limitar o desenvolvimento da maioria das culturas, é o nutriente que está mais sujeito às transformações biológicas e perdas tanto na esterqueira quanto no solo (SCHERER et al., 1994).

O manejo dos dejetos na forma líquida exige maior cuidado e investimento em estrutura e equipamentos para armazenagem, transporte e distribuição do que o manejo dos dejetos na forma sólida. Estudos têm demonstrado que a baixa concentração de nutrientes por unidade de volume (2 – 4 kg/m³ de dejetos) limita, sob o ponto de vista econômico, a sua utilização como fertilizante orgânico, em face da elevação dos custos de armazenagem, transporte e distribuição (PERDOMO, 2001).

Segundo REDDY et al. (1979), citado por SCHERER et al. (1994), os efeitos dos dejetos líquidos no teor de matéria orgânica do solo são mínimos, pois além do baixo teor de matéria seca que contêm, os compostos orgânicos dos dejetos de suínos são de fácil mineralização e desaparecem em questão de dias. Para que ocorra um aumento do teor de matéria orgânica do solo, torna-se necessário a aplicação de doses elevadas de dejetos sólidos com compostos orgânicos de difícil degradação, o que não acontece, normalmente, com os dejetos líquidos de suínos.

De acordo com VICTÓRIA (1994), o transporte dos dejetos, na grande maioria das granjas suínas existentes no Sul do Brasil, é realizado em pequenos tanques com capacidade de 3 a 4 mil litros, acoplados ao trator. O transporte dos dejetos nestas condições, somente é viável economicamente, quando a distância entre a esterqueira e o local de destino dos dejetos for inferior a 2,5 km. Acima dessa distância, o transporte mecânico é inviabilizado do ponto de vista econômico, pelo fato de se estar transportando muita água a longas distâncias, uma vez que os dejetos líquidos apresentam, em média, de 3 a 5% de matéria seca (DARTORA et al., 1998). A variação no teor de matéria seca contida nos dejetos é função do sistema de produção utilizado em cada granja, definindo o

grau de diluição dos mesmos, bem como suas características físico-químicas (ZHU et al., 2004).

O transporte dos dejetos de suínos na forma líquida a distância superior a 10 km somente é viabilizado em tanques com capacidade superior a 10 mil litros (DIESEL et al., 2002). Porém, mesmo com uma grande capacidade de transporte, a viabilidade econômica somente é atingida quando os dejetos estão concentrados.

A baixa utilização do dejetos de suínos como fertilizante agrícola, decorre de sua composição extremamente diluída, o que inviabiliza, economicamente, a sua aplicação no solo (GIROTTTO et al. 2004). O custo de distribuição do dejetos líquido como fertilizante para a cultura do milho, utilizando distribuidores de 4.000 litros é estimado em US\$ 63,30 por hectare para uma distância de 1 km. Quando a distância do reservatório de dejetos até a lavoura passa de 1 para 7 km, o custo de distribuição de dejetos aumenta para US\$ 192,61 por hectare. Em contra partida, para a distribuição dos dejetos na forma sólida (cama), utilizando-se depósitos para 6.000 kg, o custo de transporte é estimado em US\$ 27,96 por hectare para uma distância de 1 km do reservatório de dejetos até a lavoura. Já para uma distância de 7 km, o custo para o transporte de dejetos na forma sólida é estimado em US\$ 88,16 por hectare (CHIUCHETTA e OLIVEIRA, 2002). Neste caso, a diferença na forma de manejo dos dejetos de líquido para sólido (cama) representa uma redução de quase 50% com o custo de distribuição dos dejetos.

GIROTTTO et al. (2004) realizaram um trabalho comparativo dos custos para distribuição de dejetos oriundos da suinocultura, avaliando 3 formas de transporte: dejetos sólidos provenientes de cama sobreposta (6.000 kg por viagem), trator/bomba com capacidade para 50m³ por hora; e distribuidor tanque para dejetos líquidos com capacidade para 4.000 L. Comparativamente, o sistema bomba/trator foi o mais eficiente. Entretanto a comparação de transporte de dejetos líquidos e sólidos até uma distância de 4 km foi mais eficiente em termos de custo para líquidos. Acima desta distância, o menor custo foi para o transporte de dejetos na forma sólida.

2.3.4 Uso como adubo orgânico

Em uma pesquisa realizada por SCHERER (1994), analisando 118 amostras líquidas de dejetos de municípios do Oeste Catarinense, o autor constatou que o teor de matéria seca foi de 3% aproximadamente, e também a existência de uma baixa concentração de nutrientes, o que comprometeu o seu uso como fertilizante. O mesmo autor em outro trabalho publicado em 1996, observou que a concentração de micronutrientes é incrementada com o aumento do teor de matéria seca do esterco líquido de suínos.

Em trabalho realizado por AITA et al. (1987), citado por SCHERER et al. (1994), foi demonstrado que em amostras de esterco líquido, coletados no estado de Santa Catarina, 56% do N estava na forma mineral. Entretanto, na fração sólida destes mesmos dejetos, a maior parte do N encontrava-se fazendo parte dos compostos orgânicos, e para tornar-se disponível para as plantas, necessitava sofrer o processo de mineralização.

Quando os resíduos de atividades agropecuárias são aplicados no solo, simplesmente para dar uma destinação final, sem critérios agronômicos, as taxas de aplicação, geralmente, são utilizadas em excesso com relação a necessidade das plantas. Neste caso o resíduo animal não é diferente de outros fertilizantes, onde seus constituintes podem ser deslocados através de lixiviação e perdas, como C, N e P, podem ser prejudiciais às plantas e a qualidade da água, tanto aos humanos quanto à vida aquática, pela diminuição do O₂ dissolvido, altas concentrações de NH₄ e eutroficação (EDWARDS AND DANIEL, 1993).

Ao aplicar-se esterco de suínos no solo, a importância de se considerar o N como critério, deve-se ao fato de que os adubos nitrogenados são os mais caros e os mais poluentes. Esses adubos podem ser facilmente lixiviados, devido à grande mobilidade do nitrato no perfil do solo, ou emitidos para a atmosfera na forma de N₂O ou na NH₃. O aumento da concentração de compostos nitrogenados, nas águas superficiais e subterrâneas, traz muitos riscos ambientais. Os outros nutrientes, como o P e o K, quando aplicados em excesso no solo, podem, através da erosão, chegar facilmente aos cursos de água e causar poluição. No caso do fósforo, uma vez liberado em águas superficiais, desencadeia muito rapidamente o crescimento de algas, originando o fenômeno denominado eutroficação. Este processo baixa de maneira significativa a

concentração de O₂, com a conseqüente mortalidade de peixes e a proliferação de insetos como o borrachudo (OLIVEIRA et al., 2003).

SEGANFREDO et al. (2003) fizeram algumas projeções baseadas nas seguintes estatísticas suinícolas do Oeste de Santa Catarina: rebanho de 3.431.932 cabeças, 20.000 suinocultores empresariais, área apta para agricultura de 791.000 ha e excreção de 32,7 g diárias de N por animal. Em tais condições, cada propriedade suinícola teria uma disponibilidade anual de 2.048 kg de N proveniente dos dejetos. Para reciclar essa quantidade de N, seria necessária a área mínima de 15 ha de terras apropriadas para tal fim. Com isso, mesmo desconsiderando-se o excesso de micronutrientes, a área total mínima por propriedade suinícola não poderia ser inferior a 47ha, pois apenas a terça parte do total das terras da região é classificada como tendo condições para agricultura. Entretanto, 94% das propriedades rurais do Oeste de Santa Catarina possuem área total menor do que 50 ha e 70% possuem menos do que 20 ha.

A utilização dos dejetos como adubo orgânico exige instalações, equipamentos e manejo adequado para torná-lo economicamente competitivo com o fertilizante mineral, e para isso, devem-se levar em conta a concentração dos principais nutrientes, por exemplo, o NPK, bem como o custo com o transporte e distribuição do mesmo nas lavouras (DARTORA et al., 1998).

Os criadores de suínos, geralmente, destinam grandes volumes de recursos financeiros com o intuito de melhorar a produção e a produtividade, mas muitas vezes esquecem de investir no controle da emissão de poluentes e na utilização agrônômica dos dejetos (PERDOMO 2001). De acordo com KONZEN (2002), os dejetos de suínos podem constituir-se em fertilizantes eficientes na produção de grãos e de forragens, desde que adequadamente estabilizados, antes de sua utilização.

SEGANFREDO (2004) avalia que o uso de dejetos de suínos e de aves como adubo orgânico, seja uma prática milenar, onde as condições atuais não são as mesmas da época dos pequenos rebanhos e da agricultura, com baixa escala de produção. Para usá-los como condicionadores do solo, é necessário que se tenham critérios de cálculo das quantidades a aplicar por área, o conhecimento dos teores de nutrientes contidos nos dejetos e a sua exigência por parte do solo, além do risco de impacto ao meio ambiente, resultante de sua utilização em excesso.

A cama de aviário é largamente utilizada como adubo nas regiões produtoras de frangos, de forma que, às vezes, acaba havendo uma sobreposição com os dejetos suínos, onde eles são colocados nas mesmas áreas de lavouras. ÁVILA et al. (1992), analisando as propriedades químicas da cama de aves com 3 lotes criados, encontrou uma concentração média de 3,2 % de N, 3,5 % de P_2O_5 , 2,5% de K_2O e 70% de matéria seca.

TIQUIA et al. (2000b), trabalhando com compostagem de cama de aves, encontraram os seguintes valores médios no início do processo para os principais nutrientes, conforme demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9. Propriedades químicas encontradas na cama de frangos no início do processo de compostagem.

Parâmetros químicos	Concentração
Nitrogênio total g/kg	33,9 ± 1,2
Fósforo total g/kg	16,9 ± 0,4
Potássio total g/kg	20,3 ± 2,4
Carbono total g/kg	491,4 ± 2,0
Cobre Total mg/kg	85 ± 5,7
Zinco total mg/kg	197 ± 43
Relação C/N	14,5 ± 0,2
pH	8,3 ± 0,1

Fonte: Tiquia et al. (2000b).

MENEZES et al. (2004) em trabalho que buscava determinar a composição química da cama de aves para a utilização em lavouras de milho e soja, encontrou os valores contidos na Tabela 10.

Tabela 10. Composição química média de cama de frangos com quatro lotes criados.

Parâmetros químicos	Concentração
pH	8,2
Nitrogênio g/kg	30
P ₂ O ₅ g/kg	24
K ₂ O g/kg	23
Cálcio g/kg	31
Magnésio g/kg	6,4
Cobre mg/kg	153
Zinco mg/kg	179

Fonte: Menezes, et al. (2004).

É possível observar que os valores obtidos para camas de frangos pelos pesquisadores (Tabelas 9 e 10), apresentam similaridade na maioria dos parâmetros. Entretanto para os valores do Cu, ocorre uma discrepância, indicando provavelmente diferenças na composição das rações fornecidas aos animais.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de caracterizar o efeito fertilizante dos dejetos líquidos de suínos, sendo esta uma prática largamente difundida, facilitando a ciclagem do material. Os dejetos apresentam altos teores de P, N, Zn, Cu, Mn e Fe, que embora encontrados naturalmente no solo e essenciais ao desenvolvimento dos vegetais, podem ser tóxicos, quando em elevadas concentrações (SCHERER et al., 1995).

CANABARRO et al. (2004) em trabalho abordando a cinética de mineralização do carbono, contido em dejetos de suínos, concluíram que naqueles em forma líquida aplicados no solo, ocorreu uma fase inicial de rápida mineralização, seguida de uma fase mais lenta, enquanto que na cama sobreposta, aplicada no solo, a mineralização do carbono foi mais lenta desde o início.

As raízes das plantas absorvem o N na forma amoniacal ou nítrica, o P nas formas de radicais iônicos e o K na forma catiônica. Para que a matéria orgânica possa fornecer nutrientes às plantas, necessita sofrer um processo de decomposição microbológica, acompanhado da mineralização dos seus constituintes orgânicos. O fertilizante orgânico, portanto, ao fermentar e se decompor gera húmus e compostos minerais assimiláveis pelas plantas (KIEHL, 1985).

A cama proveniente da criação de frangos de corte é rica em matéria orgânica, sendo um importante condicionador do solo, favorecendo algumas de suas propriedades, tais como a melhoria da estrutura por promover aumento da estabilidade dos agregados e da porosidade, redução da densidade aparente, aumento das trocas catiônicas e da capacidade tampão do solo (MENEZES et al., 2004).

TIQUIA et al. (1998c), utilizando material proveniente de compostagem de cama de suínos, que recebeu a adição de dejetos líquidos, observou que a fitotoxicidade do material para a germinação de sementes é significativamente afetada pelo tempo de compostagem. No dia zero, devido à alta toxicidade do material, praticamente não ocorreu germinação das sementes e, no 49º dia de compostagem, a germinação chegou a valores entre 80% e 100%, similares ao controle. Este aumento no percentual de germinação se deve ao fato do processo de compostagem eliminar os fatores fitotóxicos, à medida que ocorre a maturação do material.

Os dejetos de suínos podem e devem ser usados na fertilização das lavouras nas dosagens recomendadas tecnicamente, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do meio ambiente e de vida da população nas regiões produtoras (KONZEN et al. 2003). Os resultados agrônômicos e econômicos da produção de grãos (milho e soja) nas pesquisas conduzidas pela EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo) com adubação de dejetos de suínos, mostram altas produtividades na ordem de 6.000 a 7.800 kg/ha, trazendo um custo/benefício da ordem de 38% a 63%, respectivamente (KONZEN et al., 2000).

2.4 Compostagem como forma de tratamento e reciclagem dos dejetos

2.4.1 Caracterização da compostagem

Define-se compostagem como um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica, no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo, seguida pela fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase, a cura, maturação ou mais tecnicamente, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, quando então se pode considerar encerrada a compostagem. Durante todo o processo, ocorre produção de calor e despreendimento, principalmente de CO₂ e de vapor de água (KIEHL, 2004).

A compostagem de resíduos orgânicos é, principalmente, um processo de decomposição de materiais orgânicos, resultando em perda de matéria orgânica total e numa concentração dos constituintes inorgânicos. Os principais produtos do processo são materiais completamente mineralizados, onde há uma acentuada redução no volume e no peso específico do material bruto, que foi colocado no início do processo (HE et al., 1995).

A reciclagem é o processo onde os resíduos retornam ao sistema produtivo como matéria prima. A compostagem um método de decomposição do material biodegradável existente nos resíduos, sob condições adequadas, de

forma a obter-se um composto orgânico para utilização na agricultura. Este processo, além de diminuir o volume e concentrar os nutrientes, fornece como produto final um material que pode ser utilizado na melhoria das condições físicas e químicas do solo (HSU et al., 2001; POWER REIS et al., 2003). Compostagem é um método bastante promissor para o tratamento e reciclagem de dejetos de suínos, reduzindo o volume de maneira bastante significativa em função da liberação da água contida na biomassa, e estabilizando o material de forma a ser utilizado para a fertilização dos solos agrícolas (LAU et al., 1993).

A compostagem, como processo microbiológico, terá a eficiência desejada, quando as exigências ambientais de decomposição forem mantidas nos níveis ótimos. Vários fatores podem interferir na atividade biológica dos microorganismos, como a umidade, a aeração, a temperatura, a relação carbono/nitrogênio (C/N), o pH e o tamanho das partículas (BIDONE et al., 2001).

KIEHL (1985) em trabalho realizado em usina de reciclagem de lixo domiciliar urbano, observou resultados analíticos de compostagem para vários parâmetros químicos de acordo com os tempos de compostagem demonstrados na Tabela 11. Verificou-se que o comportamento do pH apresenta uma tendência de elevação com o passar do tempo, assim como o teor de cinzas e o conteúdo de N total. Entretanto para a matéria orgânica, C total e relação C/N, ocorre uma diminuição dos teores à medida que aumenta o tempo de compostagem.

Tabela 11. Composição do lixo domiciliar de acordo com o tempo de compostagem.

Parâmetro	Inicial	57 dias	74 dias	110 dias	Varição (inicial -110 dias)
pH	5,8	7,2	8,3	8,1	+ 2,3
Cinzas %	27,6	34,3	46,9	51,7	+ 24,1
Mat. Orgânica %	72,4	65,7	53,1	48,3	- 24,1
C total %	40,2	36,5	29,5	26,8	- 13,4
N total %	1,34	1,54	1,77	2,08	+ 0,74
Relação C/N	30/1	24/1	17/1	13/1	- 17,0

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

2.4.2 Fatores que afetam a compostagem

2.4.2.1 Temperatura

TIQUIA et al. (1998a), em experimento com compostagem de cama de suínos, observaram que temperaturas na faixa de 64-67°C durante 2 a 3 semanas eliminaram a presença de *Salmonellas spp* na biomassa, indicando com isso que o efeito da elevação da temperatura, pela intensa atividade da microbiota termófila, atuou no controle destes patógenos.

A temperatura na compostagem está intimamente relacionada com a taxa de oxigenação, o que garante o equilíbrio biológico e a eficiência do processo. Com a manutenção das temperaturas entre 40 e 60°C, ocorre o desenvolvimento de uma população microbiótica diversificada, que estimularão a competição entre as espécies, o aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica e a eliminação dos microorganismos patogênicos, originando-se um produto seguro do ponto de vista bacteriológico (PEREIRA NETO, 1988).

Temperaturas elevadas possibilitam um aumento na taxa de atividade metabólica da microbiota termófila. Dessa forma, o calor gerado pelos microorganismos durante o consumo dos compostos orgânicos é acumulado no interior da pilha, elevando as temperaturas a valores maiores do que 60°C, criando assim, condições desfavoráveis para a sobrevivência e o desenvolvimento dos microorganismos patogênicos os quais são mesófilos (FINSTEIN et al., 1987).

ZHANG et al. (2005) realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar a evolução das características físico-químicas, ao longo do processo de compostagem de dejetos sólidos de suínos, utilizando diferentes teores de dejetos e de material celulósico (serragem de pinus, folhas de chá e resíduos vegetais), e observaram que a decomposição do N e do P ocorre principalmente na fase mesofílica, enquanto que o C é decomposto até CO₂ ou incorporado na biomassa durante a fase termofílica.

2.4.2.2 Umidade

A compostagem como processo de biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido ou semi sólido, caracteriza-se pela produção de CO_2 e H_2O , liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES et al., 1999).

Durante o processo de compostagem, ocorre perda de água para o meio ambiente em função da produção de calor originado pela atividade microbiana. Ao final do processo, a densidade do composto é, geralmente menor do que o material que lhe deu origem, devido principalmente à perda de umidade e à degradação da matéria orgânica (KIEHL, 1985).

O conteúdo de umidade no processo de compostagem afeta as mudanças nas propriedades físicas e químicas do composto e, de acordo com TIQUIA et al. (1998b), níveis de umidade entre 50 e 60 % são os mais indicados para que o processo ocorra com eficiência, principalmente na compostagem de cama de suínos.

TIQUIA et al. (1996) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a atividade microbiana em compostagem de cama de suínos, em função do teor de umidade, realizaram para tal um experimento com três níveis diferentes de umidade (50, 60 e 70%). Os resultados indicaram um efeito significativo do percentual de umidade sobre a atividade microbiana e a temperatura da biomassa. Umidade na ordem de 50 a 60% produz uma atividade microbiana significativamente maior, do que quando o nível de umidade está em torno de 70%. A atividade microbiana mais intensa propicia o aumento de temperatura necessário à maturação da biomassa do composto. O alto conteúdo de água influencia as trocas gasosas por limitar a difusão e a restrição da utilização do O_2 pelos microorganismos.

Nesta mesma linha TIQUIA et al. (1998b) realizaram um novo experimento com o mesmo ajuste de umidade, e concluíram que, o conteúdo de umidade afeta de maneira significativa as propriedades químicas do composto, a umidade ajustada em 50 e 60% o decréscimo de $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ foi seguido por um acréscimo de $(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-) - \text{N}$. Entretanto nas pilhas com umidade ajustada para 70% o rápido decréscimo de $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, não favoreceu um resultado de incremento de $(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-) - \text{N}$. Também foi observado que, para a umidade ajustada para

70%, houve uma diminuição do conteúdo de N, durante todo o processo de compostagem.

2.4.2.3 Relação C/N

A relação C/N é um índice usado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e efeitos significativos no crescimento microbiológico, sendo que a atividade dos microorganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende do conteúdo de C para fonte de energia e de N para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1996).

Na compostagem de resíduos com baixo teor de carbono, ou seja, resíduos ricos em nitrogênio (lodos de esgoto, dejetos animais, etc.) ocorre eliminação do excesso de nitrogênio, através da volatilização da amônia, como uma tendência natural de restabelecer o balanço entre os dois elementos. O equilíbrio da relação C/N é um fator de importância fundamental na compostagem, de modo que, o principal objetivo do processo é criar condições para fixar nutrientes, de modo que possam ser posteriormente reciclados, quando da utilização do composto (SHARMA et al., 1996).

IANNOTTI et al. (1994), em experimento com resíduos urbanos, afirmam que a mudança na relação C/N e no conteúdo de cinzas refletem na decomposição e estabilização da matéria orgânica, durante o processo de compostagem. O rápido decréscimo da relação C/N e o incremento no conteúdo de cinzas que ocorre no início do processo, seguido de uma fase estacionária no período intermediário e de uma fase lenta no final, seguem uma mesma tendência de outros materiais orgânicos em sistema de compostagem.

A relação C/N satisfatória para a obtenção de uma alta eficiência nos processos de tratamento biológico dos resíduos sólidos orgânicos deve situar-se em torno de 30:1. Vários trabalhos de investigação neste âmbito específico tendem a demonstrar que esta taxa influencia, positivamente, a atividade biológica, diminuindo o período de compostagem (PEREIRA NETO, 1996). MATOS et al. (1998), utilizando dejetos líquidos e resíduos agrícolas, concluíram que esta combinação é recomendável por acelerar a maturação da biomassa, reduzindo a relação C/N para valores em torno de 12/1 em um período de 90 a 100 dias.

Na compostagem de cama de suínos, a diminuição do C Total e da concentração de N amoniacal coincide com o aumento do conteúdo de cinzas, nitrito e nitrato da cama. Esta tendência é resultado do processo de nitrificação e de oxidação do C em CO₂, realizado pelos microorganismos durante o processo de compostagem (TIQUIA et al., 1996).

CORRÊA (1998) avaliando diferentes tipos de camas na criação de suínos como casca de arroz, maravalha, sabugo de milho e serragem, observou que no alojamento dos animais no primeiro lote, os materiais possuíam, respectivamente, os seguintes valores para relação C/N: 85,5/1; 513,9/1; 87,6/1 e 179,6. Ao final de 3 lotes criados sobre estas camas, os valores para a relação C/N sofreram redução para os seguintes patamares de 14,8/1; 15,8/1; 12,2/1 e 20,4/1 respectivamente.

O conjunto de fatores condicionantes para o bom desenvolvimento de um sistema biologicamente complexo como a compostagem, deve ser balizado por uma série de parâmetros, como o tamanho das partículas do substrato que deve ser entre 30 e 80mm. Outro parâmetro considerado a aeração, deve manter-se em torno de 5% no centro da pilha, o que é conseguido com a revira do material. Além disso, a temperatura deve situar-se entre 40 e 60°C, o teor de umidade pode variar entre 55 e 60%, o pH deve permanecer na faixa de 6,5 a 7,5 sendo que a relação C/N precisa ficar próxima a 20 a 25/1 (POWER REIS et al., 2001).

2.4.2.4 Aeração

De acordo com a disponibilidade de O₂, a compostagem pode ser classificada em aeróbia e anaeróbia. A compostagem aeróbia é a decomposição dos substratos orgânicos na presença de O₂, e os principais produtos do metabolismo biológico são: CO₂, H₂O e energia. A compostagem anaeróbia é a decomposição dos substratos orgânicos que ocorre na ausência de O₂ (KIEHL, 2004).

A aeração é essencial para a geração de calor metabólico dos microorganismos aeróbios. Um suprimento de ar, adequado ao material a ser compostado, é essencial para fornecer O₂ e retirar o CO₂ produzido. No entanto,

um suprimento excessivo de ar pode fazer com que a perda de calor seja mais intensa do que a produção de calor microbiana (LAU et al., 1992).

Os produtos metabólicos finais da decomposição anaeróbia são: o CH_4 e o CO_2 numerosos intermediários como os ácidos orgânicos de baixo peso molecular. A compostagem anaeróbia apresenta significativa perda de energia por unidade de peso da matéria orgânica, quando comparada com a compostagem aeróbia. Além disso, aquela apresenta um alto potencial de emissão de odores desagradáveis devido à natureza de muitos dos metabólitos intermediários. Todos estes fatores fazem com que a maior parte dos sistemas de engenharia em compostagem sejam aeróbios (PEREIRA NETO, 1996).

ZHU et al. (2004) avaliaram a influência de três sistemas de aeração (ativa, passiva e natural) nas características físico-químicas e volume final do composto, na compostagem de dejetos sólidos de suínos, misturados com casca de arroz. Os resultados indicaram que para a variável temperatura houve um aumento significativo, quando se utilizou aeração forçada. Para a variável volume de dejetos, os três sistemas apresentaram respectivamente 61,88, 48,07 e 50,33% de decréscimo, em relação ao início do processo. Para as demais características como pH, C, N, relação C/N, matéria orgânica e substâncias húmicas, não houve diferença significativa entre os três sistemas.

2.4.2.5 pH

KIEHL (2004) relata que os principais materiais de origem orgânica, utilizados como matéria-prima da compostagem, são de natureza ácida (sucos vegetais, sangue, urina, fezes etc.). Desta forma, uma leira de matéria orgânica tem, inicialmente, reação ácida. No início da decomposição, ocorre a chamada fase fitotóxica, caracterizada pela formação de ácidos orgânicos que tornam o meio mais ácido em relação ao inicial. Entretanto, esses ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais que se formam, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina. Ocorre também a formação de ácidos húmicos que também reagem com os elementos químicos básicos, formando humatos alcalinos. Como consequência, o pH do composto se eleva à medida que o processo se desenvolve, atingindo níveis superiores a 8,0.

A compostagem aeróbia caracteriza-se por apresentar em sua fase preliminar um valor de pH ácido (entre 5 e 6), devido à formação de ácidos minerais e CO₂, que logo desaparecem, cedendo lugar aos ácidos orgânicos, que reagem com as bases liberadas da matéria orgânica, neutralizando e transformando o meio em alcalino (entre 8 e 8,5). Isto ocorre em consequência da decomposição das proteínas e pela eliminação de CO₂, que conduzem à formação de matéria orgânica húmica com reação alcalina (POWER REIS et al., 2003).

SESAY et al, (1997) em trabalho de compostagem, observaram que os valores de pH sofrem um incremento no decorrer do processo, porém ao final do ciclo os valores tendem a ficar próximos da neutralidade, sendo um importante indicativo de estabilização da biomassa.

ZHANG et al. (2005) em trabalho experimental de compostagem utilizando dejetos sólidos de suínos misturados com serragem, demonstraram que inicialmente o valor do pH encontra-se levemente ácido, e ao longo do processo vai tornando-se alcalino para, no final tornar-se novamente ácido, mas em valores próximos da neutralidade.

2.4.2.6 Granulometria

A granulometria, ou dimensão das partículas, é uma característica importante a ser considerada, pois afeta o processo de compostagem. A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está ligada à área de exposição ou superfície específica apresentada pelo material de forma que, quanto menor a granulometria das partículas, maior a superfície de exposição e mais rápida a sua decomposição (KIEHL, 1985).

De acordo com PEREIRA NETO (1996), o tamanho ideal das partículas a serem compostadas é de 20 a 80 milímetros, sendo esta característica muito importante em processos de compostagem. Segundo o autor, se condições como compactação e anaerobiose não prejudicassem o andamento do processo, as dimensões teoricamente ideais, seriam as microscópicas.

2.4.3 Método de compostagem

2.4.3.1 Microorganismos envolvidos

Os microorganismos, fungos e actinomicetos são os principais responsáveis pela transformação da matéria orgânica crua em húmus. Participam também da degradação da matéria orgânica, outros organismos como, algas, protozoários, nematóides, vermes, insetos e suas larvas. Além disso, contribuem para a degradação da matéria orgânica alguns agentes bioquímicos como enzimas, hormônios e vírus. A natureza da população microbiana, o número, as espécies e a intensidade da atividade de decomposição dependem das condições favoráveis reinantes (KIEHL, 2004).

De acordo com SHARMA et al. (1996), a compostagem possui duas fases bem definidas. A primeira, chamada de mineralização, é um processo muito intenso, envolvendo a degradação de substâncias orgânicas fermentáveis como açúcares e aminoácidos, seguido de uma intensa atividade microbiana com produção de calor, dióxido de carbono e água. Quando a fração orgânica fica exaurida, algumas bactérias sofrem um processo de deterioração por auto-oxidação, fornecendo energia para as bactérias remanescentes. A segunda fase, chamada de humificação, começa quando o processo de transformação de substâncias orgânicas é complementado, ocorrendo redução da condição oxidativa, permitindo a formação de substâncias com características húmicas e a eliminação de compostos fitotóxicos, que eventualmente foram formados na primeira fase.

O excesso de C baixa consideravelmente a atividade microbiana, enquanto que o excesso de N acelera a decomposição, todavia uma perda muito grande do mineral por volatilização na forma de íon amônia, que é formado a partir da desaminação das proteínas e hidrólise da uréia (SHARMA et al., 1996).

Os microorganismos utilizam em média 30 átomos de C para 1 átomo de N. Assim para o início do processo de compostagem, é importante que a relação C/N seja na ordem de 30/1, considerando que a mistura de lignocelulose com relação C/N de 100-300/1 e resíduos com reação C/N de 5-15/1 garantem o equilíbrio, e podem fornecer as condições necessárias para o desenvolvimento do processo biológico (SHARMA et al., 1996).

A redução de volume do composto (1/4 a 1/2 do volume inicial) deve-se em parte à perda de CO₂ e H₂O, que ocorre no processo, e a transformação do material em um composto de textura fina. Outro fenômeno observado, durante o processo de compostagem, é a diminuição da relação C/N, conforme o composto se estabiliza, fato esse também relacionado à emissão significativa de CO₂ (OLIVEIRA, 2003).

Durante as reações de oxidação, que liberam (CO₂) em torno de 2/3 do C é utilizado pelos microorganismos para a obtenção de energia, e 1/3 restante é usado para formar o protoplasma das células, juntamente com N, P e K e outros elementos (SHARMA et al., 1996).

ESCOSTEGUY et al. (1993) observaram que, com exceção dos coliformes totais, não foram constatados organismos patogênicos no composto de resíduos domiciliares urbanos, e que a temperatura elevada que ocorre durante o processo, é um indicativo da destruição destes microorganismos, conforme pode ser evidenciado na Tabela 12.

Tabela 12. Microorganismos patogênicos nos resíduos domiciliares urbanos e no composto.

Microorganismo	Resíduo sólido urbano	Composto
<i>Salmonella</i> (UFC g ⁻¹) ¹	4,3 x 10 ³	Nd
<i>Streptococcus</i> (UFC g ⁻¹) ¹	7,6 x 10 ⁸	Nd
<i>Coliformes totais</i> (NMP 100g ⁻¹) ²	2,2 x 10 ⁵	5,7 x 10 ³
<i>Coliformes fecais</i> (NMP 100g ⁻¹) ²	3,5 x 10 ³	<360

¹Unidade Formadora de Colônia; ²Número Mais Provável; Nd – Não diagnosticado.
Fonte: Escosteguy et al. (1993).

2.4.3.2 Taxa de incorporação de dejetos

Em pesquisa realizada visando ao estudo da compostagem de dejetos de suínos, TIQUIA et al. (2000a) utilizaram a impregnação de cama de suínos com dejetos líquidos, na proporção de 2:1, isto é, duas partes de cama para uma parte destes dejetos, com aeração forçada por um período de 77 dias. Ao final do período experimental, observaram redução do volume de dejetos, além de melhorar dos parâmetros químicos e biológicos para utilização do mesmo como adubo orgânico, reduzindo também a presença de microorganismos patogênicos.

OLIVEIRA (2003) em estudo para desenvolver um modelo matemático com a finalidade de estimar a taxa de evaporação da água contida nos dejetos, concluiu que no sistema de criação sobre cama de maravalha, a água contida nos dejetos é praticamente, toda eliminada, em função do processo de compostagem. Essa perda corresponde a 5,73 kg de água/suíno/dia, enquanto que a quantidade gerada ou ingerida no sistema fica em torno de 6,1 kg suíno/dia. No sistema convencional de piso ripado, a água contida nos dejetos é armazenada na fossa interna da instalação, onde a evaporação é considerada nula.

2.4.4 Uso do composto como adubo

O desenvolvimento de tecnologias alternativas como a compostagem de dejetos de suínos, onde, num primeiro momento, ocorre uma mudança nas características físicas dos dejetos, para somente após ocorrer a fermentação, é uma prática que, de acordo com MAZZÉ (1999), vem crescendo de maneira significativa em muitos países da Europa, e pode representar uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração de suínos, pois permite ampliar a viabilidade com o transporte dos dejetos na forma de composto, para outras regiões que tenham demanda para este tipo de adubo.

Nos sistemas de produção em cama sobreposta, de modo semelhante a compostagem de dejetos, acontece uma maior concentração de nutrientes, diferente da que aparece nos sistemas de produção convencionais, conforme fica evidenciado na Tabela 13. Isto se deve ao fato de que, na criação em piso compacto, observa-se uma grande diluição dos dejetos, que traz como consequência um baixo teor de matéria seca, quando comparado com o sistema de cama (OLIVEIRA et al., 2001).

MATOS et al. (1998), utilizando dejetos líquidos e resíduos agrícolas, concluíram que esta combinação é recomendável por acelerar a maturação da biomassa, reduzindo a relação C/N para valores em torno de 12/1 em um período de 90 a 100 dias.

Tabela 13. Resultados de análise de dejetos de suínos em criação convencional e em cama sobreposta.

Sistema de produção	MS (%)	N (kg/ton)	P ₂ O ₅ (kg/ton)	K ₂ O (kg/ton)
Dejetos líquidos	1,6	2,2	0,6	0,9
Cama de maravalha (4 lotes)	43,4	8,7	7,2	11,7

Fonte: Oliveira et al. (2001).

HSU et al. (2001) conduziram um estudo que visava verificar a influência do processo de compostagem na concentração de cobre, zinco e manganês em dejetos sólidos de suínos. Os resultados indicaram que houve um aumento na concentração total dos minerais. Inicialmente os valores foram de 343, 121 e 577 mg/kg, respectivamente. Após o processo de compostagem foi observado 976, 331 e 1540 mg/kg, respectivamente. Os resultados também mostraram uma tendência de aumento nos valores de nitrogênio (20,9 para 43,2 g/kg) e cinzas (220 para 502 g/kg), além de uma tendência de queda nos valores de pH (7,85 para 7,72), relação C/N (21,2 para 6,8) e C (444 para 294 g/kg).

A fração orgânica do solo adsorve fortemente os metais pesados, reduzindo a mobilidade desses elementos. A matéria orgânica do solo, ou adicionada como fertilizante, contém uma variedade de grupos ácidos e básicos potencialmente disponíveis para trocas de cátions e ânions. O grupo básico possui menor atividade, constatada pela baixa capacidade de troca, enquanto o grupo ácido da matéria orgânica é fracamente dissociado e tem maior possibilidade de troca de cátions (KIEHL, 2004).

As concentrações de matéria orgânica e C orgânico diminuem durante a compostagem, indicando a degradação dos materiais orgânicos durante o processo. A degradação da matéria orgânica leva ao aumento da condutividade elétrica e da produção de compostos inorgânicos. O N total também aumenta em termos de concentração, devido à intensa degradação dos compostos de carbono, os quais diminuem o peso da massa em compostagem. A concentração de nitrogênio total aumenta durante a compostagem, quando a perda de sólidos voláteis (matéria orgânica) é maior que a perda de NH₃ (TIQUIA et al., 2000a).

A adição de fertilizante orgânico humificado ao solo aumenta a capacidade de troca de cátions, tornando os metais pesados menos disponíveis.

A capacidade de troca de cátions dos fertilizantes orgânicos aumenta sensivelmente com a elevação do pH (KIEHL, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local e época

O experimento foi conduzido durante o período de janeiro a julho de 2005, em 16 granjas de produtores de suínos, nos municípios de Parai, Montauri, Marau, Casca, Camargo, Vila Maria e Serafina Corrêa, integrados da Perdigão Agroindustrial S/A, Regional RS no Sistema Vertical Terminador (SVT), que é um sistema de criação, onde os produtores fazem apenas a engorda dos animais. As granjas foram selecionadas considerando-se o número de suínos alojados e a característica das edificações.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado na pesquisa, foi o completamente casualizado, com os seguintes tratamentos:

Tratamento 1 – Substrato composto por serragem.

Tratamento 2 – Substrato composto por maravalha.

Tratamento 3 – Substrato composto por cama de aviário.

Tratamento 4 – Sistema convencional de tratamento.

Os tratamentos foram distribuídos nas unidades experimentais de maneira aleatória, onde cada tratamento teve quatro repetições. As granjas de número 1 a 4 receberam o Tratamento 1, as de número 5 a 8 o Tratamento 2, as de número 9 a 12 o Tratamento 3 e as de número 13 a 16 o Tratamento 4.

O modelo estatístico utilizado pode ser descrito pela equação:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}, \quad (i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3, \dots, 16).$$

Em que:

Y_{ij} = observação da j-ésima unidade experimental do tratamento i;

μ = constante comum a todas as observações (média geral);

t_i = efeito fixo do tratamento i;

E_{ij} = erro casual associado com a observação j do tratamento i.

Os erros foram considerados independentemente e normalmente distribuídos, com um valor médio esperado de 0 (zero) e variância σ^2 homogênea para todas as populações (grupos de tratamentos).

A análise de variância para o modelo é apresentada na Tabela 14. A análise estatística foi realizada com o uso de um programa computacional, sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas através do uso de contrastes ortogonais, conforme modelo apresentado na Tabela 15.

Tabela 14. Análise de variância para o modelo estatístico utilizado.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamentos	$t - 1$
Erro experimental	$t(r - 1)$
Total	$t r - 1$

Tabela 15. Contrastes utilizados para a comparação das médias.

Contrastes	T1	T2	T3	T4
1- Efeito do uso do Composto	-1	-1	-1	+3
2- Efeito da Serragem x Maravalha	-1	+1	0	0
3- Efeito da Serragem x Cama de Aviário	-1	0	+1	0

3.3 Material experimental

3.3.1 Substratos

Foram selecionados os substratos serragem, maravalha e cama de aviário para comporem os tratamentos 1, 2 e 3. O peso específico médio foi determinado após a pesagem de 5 amostras da unidade experimental, utilizando-se uma caixa de madeira com capacidade para acomodar 0,00843 m³ de substrato. A granulometria média foi determinada através da técnica de distribuição dos agregados por tamanho descrito em Determinação de Atributos Físicos do Solo – Manual de Laboratório, (PAULETTO, 1997).

3.3.1.1 Serragem

É um material constituído de pequenas partículas de madeira, obtido do “fio de serra” em madeiras no processamento de pinus, com peso específico médio de 198 kg/m³, e granulometria média de 1,23 mm.

3.3.1.2 Maravalha

É um material constituído por partículas de madeira produzidas pelo beneficiamento e plainagem de tábuas de pinus em madeiras, com peso específico médio de 85 kg/m³ e granulometria média de 2,40 mm.

3.3.1.3 Cama de aviário

É o material distribuído num aviário (maravalha de pinus) para receber as excreções, os restos de ração e as penas. O peso específico médio da cama de frangos com 4 lotes criados é de 477 kg/m³, e granulometria média de 2,20 mm.

3.3.2 Características das granjas

Todas as 16 granjas utilizadas no experimento foram construídas de acordo com um modelo padrão para a terminação de suínos, adotado pela

Empresa Perdigão Agroindustrial S/A, e consistem em galpões de 50 m de comprimento por 9 m de largura e pé direito de 2,80 m, com cobertura de telhas de barro. O galpão apresenta um corredor central com 1 m de largura e, em ambos os lados, estão localizadas as baias com dimensões de 3,0 m por 4,0 m, com capacidade de alojamento para 10 suínos, dotadas de um comedouro manual com 10 bocas e um bebedouro do tipo chupeta acoplado à câmara de consumo do comedouro.

Todas as baias estão conectadas a uma canaleta externa para o recolhimento dos dejetos na forma líquida. Os dejetos foram armazenados nas canaletas até ficarem repletas, para depois serem conduzidos por gravidade ao local de tratamento, ou seja, a compostagem (tratamentos 1, 2 e 3), e o método convencional (tratamento 4), que utiliza 2 lagoas para o armazenamento dos dejetos.

3.3.3 Número de animais alojados

O número de suínos alojados, cujos dejetos foram utilizados no experimento é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Número de suínos alojados por granja.

Granja	Tratamentos	Número de suínos alojados	Total de suínos por tratamento
1	T1	1260	
2	T1	320	
3	T1	310	
4	T1	300	2190
5	T2	300	
6	T2	1000	
7	T2	300	
8	T2	300	1900
9	T3	380	
10	T3	600	
11	T3	600	
12	T3	300	1880
13	T4	660	
14	T4	450	
15	T4	450	
16	T4	280	1840

3.3.4 Tratamento de dejetos

Nas granjas de número 1 a 12 (T1, T2, T3), foi utilizado o sistema de compostagem tratamento de dejetos, conforme representado na Figura 1. O sistema de compostagem foi dividido em duas fases, onde a fase 1 (impregnação) correspondeu a absorção dos dejetos líquidos pelo substrato e a evaporação do excedente de água, e a fase 2 foi onde ocorreu a estabilização do processo de compostagem do substrato.

O experimento baseou-se em uma seqüência de tanques, onde se encontravam depositados os substratos, os quais eram aplicados 2000 L de dejetos para cada m³ de substrato, divididos em quatro aplicações com intervalo de 14 dias cada uma. O número de tanques variou de granja para granja, de

acordo com o volume de dejetos produzidos em função do número de animais alojados. Para a análise dos parâmetros físico-químicos e da temperatura do composto, foi utilizado apenas um tanque em cada granja, sempre localizado no lado direito da construção. Para a análise do volume de dejetos produzidos foram utilizados todos os tanques. A largura e o comprimento dos tanques também foram variáveis, sendo os menores de 3,0 m x 5,0 m e os maiores de 5,0 m x 8,0 m. A profundidade dos tanques foi de 0,9 m. As instalações foram cobertas com telhas plásticas, para permitirem a penetração da luz solar.

Nas granjas de número 13 a 16 (T4), foi utilizado o tratamento de dejetos na forma convencional (Figura 2), sendo utilizado lagoas revestidas com manta de Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) não cobertas, sendo esta a forma usual de armazenagem e tratamento de dejetos líquidos nas regiões produtoras de suínos.

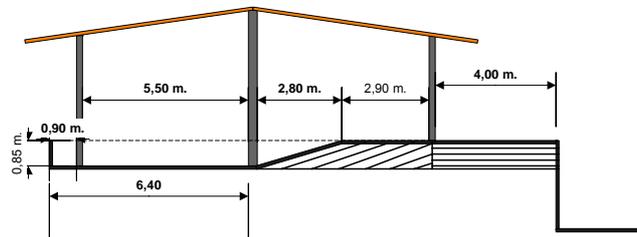
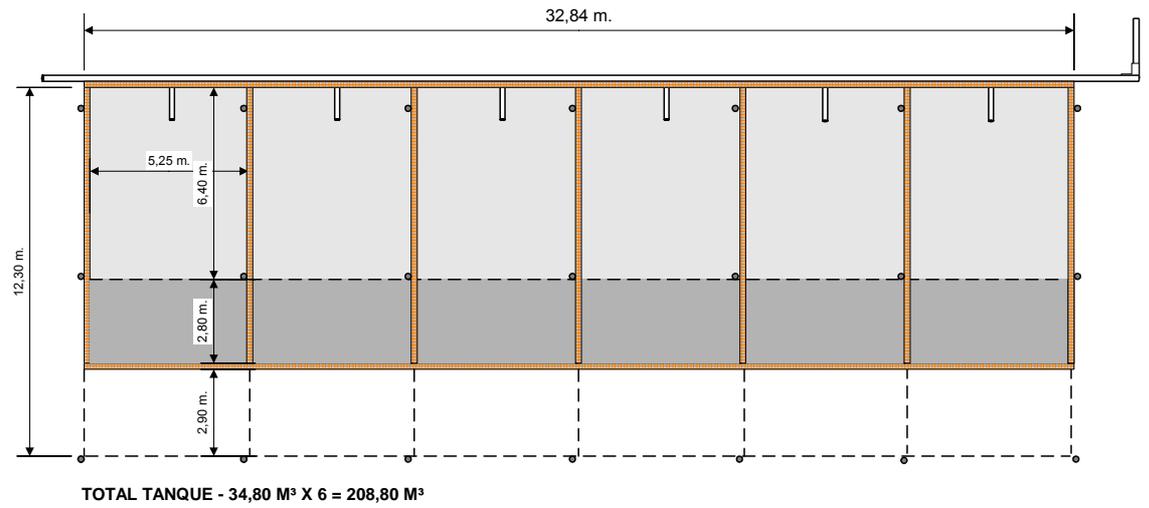


Figura 1. Tanques para tratamento de dejetos no sistema alternativo de compostagem.

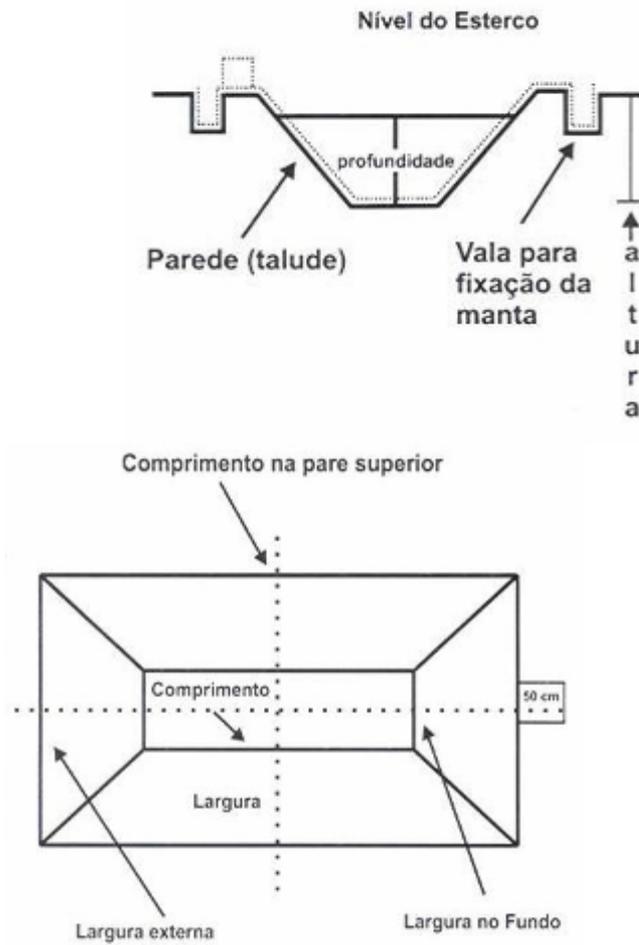


Figura 2. Esterqueira convencional revestida com geomebrana de PEAD (Poli Etileno de Alta Densidade).



Figura 3. Tanques para tratamento de dejetos recebendo o substrato.



Figura 4. Acondicionamento do substrato nos tanques.



Figura 5. Tanque pronto para receber os dejetos líquidos, onde observa-se o cano de PVC posicionado para iniciar a impregnação.



Figura 6. Impregnação de dejetos líquidos no substrato.



Figura 7. Vista geral do sistema de tratamento de dejetos.



Figura 8. Movimentação do composto com utilização de equipamento adaptado a tomada de força do trator.



Figura 9. Material pronto para ser transferido para a fase 2.



Figura 10. Tanque para realização da fase 2.



Figura 11. Pilha de compostagem na fase 2.

3.3.4.1 Coleta de amostras

Foram realizadas 4 amostragens, sendo que a primeira representou o substrato inicial, sem a incorporação dos dejetos para a compostagem, e para o sistema convencional, representou os dejetos brutos (natural). A segunda amostragem foi realizada para o caso da compostagem, 3 horas após a incorporação dos dejetos ao substrato, e, para o sistema convencional, como não foi adicionado dejetos, representou a amostragem inicial. A terceira amostragem foi realizada no final dos 56 dias de incorporação de dejetos, e para o sistema convencional, representou 56 dias de armazenagem. A última amostragem

aconteceu aos 105 dias de compostagem, que incluiu os 56 dias de incorporação dos dejetos aos substratos (fase 1 incorporação) e os 49 dias de maturação do composto (fase 2 estabilização do substrato) e, para o sistema convencional representou 105 dias de armazenagem de dejetos líquidos. As amostragens no sistema convencional de tratamento de dejetos foram coletadas na segunda lagoa.

3.3.5 Animais

Nas 16 granjas envolvidas no experimento, os animais alojados foram da linhagem Agroceres PIC[®], com peso inicial médio de 22,75 kg (\pm 1,55 kg), fornecidos pelo Sistema Produtor de Leitões (SPL) da Empresa Perdigão Agroindustrial S/A, que é um sistema onde os produtores apenas permanecem com os animais até o final da fase de creche. A idade média de abate foi de 107 dias (\pm 6 dias), e o peso médio final foi de 112,25 (\pm 5,05 kg).

3.3.6 Dietas

As dietas fornecidas para os lotes foram formuladas pela equipe de nutrição da Empresa Perdigão Agroindustrial S/A baseado nas exigências dos suínos, de acordo com o NRC (1998). A composição nutricional das rações é apresentada na Tabela 17. O arraçoamento dos animais seguiu o modelo de alimentação controlada, dividido em 6 vezes ao dia de acordo com o peso dos animais.

Tabela 17. Composição nutricional das rações para os suínos utilizados no experimento.

DESCRIÇÃO	Peso dos suínos (kg)				
	1 – 12	13 – 37	38 – 55	56 – 65	66 – 108
Proteína bruta %	20,22	19,02	18,90	18,99	17,75
EM cal/kg	3268,15	3249,69	3200,68	3229,45	3178,3
ED kcal/kg	3431,87	3413,59	3383,61	3392,57	3358,2
Extrato etéreo %	5,10	5,18	5,33	5,24	5,45
Fibra bruta %	2,61	2,70	3,96	2,85	4,10
Cálcio %	0,69	0,89	0,89	0,99	1,10
Fósforo total %	0,59	0,47	0,44	0,49	0,45
Fósforo disp %	0,45	0,34	0,32	0,36	0,34
Ca/P %	1,53	2,57	2,77	2,69	3,24
Mat. Mineral %	5,19	5,28	5,19	5,63	5,66
Selênio ppm	0,53	0,30	0,20	0,39	0,18
Sódio %	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20
Arginina %	1,34	1,24	1,21	1,24	1,11
Lisina %	1,15	1,05	1,02	0,95	0,95
Metionina %	0,30	0,28	0,28	0,28	0,26
Met + Cist %	0,66	0,65	0,65	0,65	0,61
Triptofano %	0,22	0,20	0,20	0,20	0,18
Treonina %	0,76	0,72	0,71	0,72	0,66
Valina %	0,97	0,93	0,91	0,93	0,85
Potássio %	0,74	0,66	0,67	0,66	0,61
Cloro %	0,35	0,34	0,34	0,32	0,34
Met+Cis dig %	0,56	0,54	0,51	0,53	0,48
Met dig %	0,27	0,25	0,24	0,25	0,22
Lis dig %	0,99	0,90	0,84	0,80	0,78
Ter dig %	0,63	0,59	0,56	0,58	0,52
Trp dig %	0,19	0,17	0,16	0,17	0,14
Arg dig %	1,24	1,13	1,08	1,13	0,98
Val dig %	0,83	0,79	0,76	0,79	0,70
Vit E %	53,32	30,00	20,00	39,01	18,00

Fonte: Perdigão Agroindustrial S/A.

3.3.7 Manejo dos dejetos

Em todas as 16 granjas, os dejetos líquidos produzidos ficaram armazenados nas canaletas e, antes de serem liberados para o respectivo sistema de tratamento, ocorreu medição do seu volume. O processo foi repetido toda vez que as canaletas ficavam cheias. Essa informação foi muito importante, pois permitiu conhecer a quantidade de dejetos (fezes, urina, desperdício de água pelos bebedouros, restos de ração, pêlos) que foram produzidos por animal durante um ciclo de produção. Após o registro dos dados em planilha específica, os dejetos foram liberados para a esterqueira (T4) ou para o sistema de compostagem (T1, T2 e T3).

3.3.7.1 Granjas de número 1 a 12

Nas granjas numeradas de 1 a 12, as quais receberam os tratamentos de compostagem (1 a 3), os dejetos foram liberados para o tanque, contendo o substrato, para que ocorresse a sua absorção e evaporação, sendo a distribuição da seguinte forma: um metro cúbico de substrato recebeu 800 L de dejetos na primeira impregnação, 600 L na segunda, 400 L na terceira e 200 L na quarta, totalizando 2000 L.. Cada impregnação foi separada por um período de 14 dias quando os dejetos apenas sofreram um revolvimento mecânico, com o auxílio de um trator, a cada 2 dias para facilitar a absorção, e a introdução de oxigênio na massa de compostagem. Ao completar 14 dias após a quarta impregnação com dejetos, o material em compostagem foi retirado do tanque e colocado em leiras, em um depósito, para sofrer o processo de compostagem, permanecendo neste local por 49 dias. A definição desses valores ocorreu após a realização de um ensaio com caixas de isopor contendo os diferentes substratos e sendo impregnados com dejetos líquidos utilizando-se um recipiente graduado.

3.3.7.2 Granjas de número 13 a 16

Para as granjas que receberam o Tratamento 4 (13 a 16), os dejetos foram liberados para a esterqueira convencional, onde sofreram um processo de decomposição anaeróbia por um período de 105 dias.

3.3.8 Envio das amostras para análise físico-química

O material coletado, tanto dos tratamentos de compostagem como do tratamento convencional, foi enviado para análise físico-química em laboratório específico.

3.3.8.1 Tratamentos 1, 2 e 3

O material coletado, em torno de 250 g foi acondicionado em embalagem plástica, identificado, congelado e enviado via correio para o Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, onde foram analisados as seguintes variáveis: pH, matéria orgânica, matéria seca, nitrogênio total, carbono total e relação C/N, bem como para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos, onde examinaram os demais parâmetros: fósforo, potássio, zinco, cobre, cálcio, magnésio, manganês e ferro. Ambos os laboratórios pertencem a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

3.3.8.2 Tratamento 4

O material coletado (2 litros) foi acondicionado em caixas de isopor com gelo, foi identificado e conduzido para o Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), para a análise dos seguintes parâmetros: pH, densidade, matéria seca, nitrogênio total, fósforo, potássio, zinco, cobre, cálcio, magnésio, manganês e ferro.

3.3.9 Cronograma de impregnações de dejetos e coletas, nas unidades experimentais.

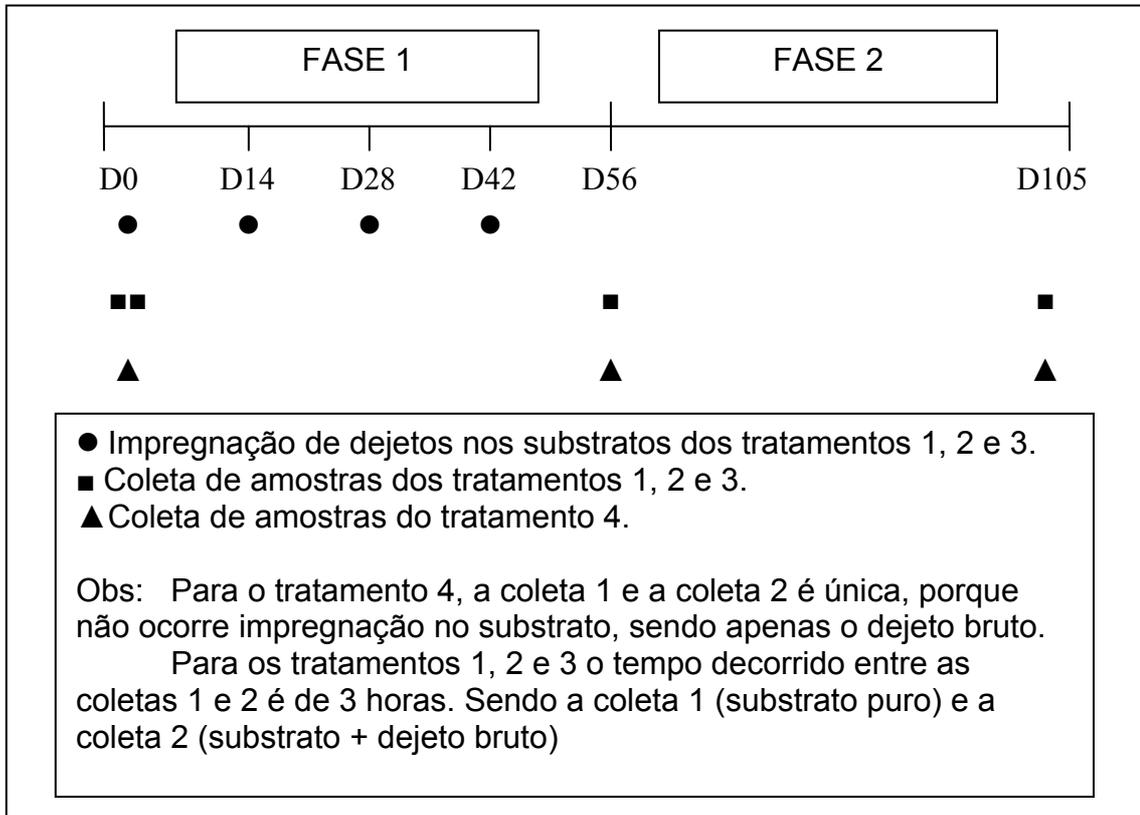


Figura 12. Esquema de impregnação de dejetos e coleta de amostras nas unidades experimentais.

3.3.10 Variáveis analisadas

3.3.10.1 Tratamentos 1, 2 e 3

3.3.10.1.1 Observações meteorológicas

As informações relativas à precipitação pluviométrica e temperaturas ambientais máximas e mínimas foram buscadas no Centro de Pesquisa da Pequena Propriedade de Veranópolis (FEPAGRO-SERRA).

3.3.10.1.2 Temperatura de compostagem

Durante o período de realização do experimento (1 a 105 dias), foram coletados dados referentes à temperatura ambiental (máxima e mínima), umidade relativa do ar (máxima e mínima) e temperatura do composto (máxima). Utilizou-se um termo higrômetro digital da marca INCOTERM (REF. : 9680.02.1.00), com precisão de 0,1 °C e 0,1% UR, instalado a 1m de altura da superfície do composto. A temperatura da massa do composto foi medida com a sonda metálica do mesmo termo higrômetro, instalada a 25cm de profundidade e a 1,5m da lateral do tanque.

3.3.10.1.3 Estimativa do volume final e peso específico do composto

Para determinar os valores de volume final do composto, necessitou-se estimar, primeiramente, o volume de dejetos líquidos presente nas canaletas de retenção das instalações, para posteriormente calcular a quantidade de composto.

A metodologia utilizada para estimar o volume de dejetos líquidos produzidos foi a seguinte:

1º - Determinou-se, para cada propriedade, a capacidade de estocagem nas canaletas de retenção.

2º - Cada vez que as canaletas foram abertas para a liberação dos dejetos visando ao sistema de tratamento, registrou-se a quantidade em uma planilha específica.

O volume final do composto foi obtido pela soma do volume de dejetos armazenados nas canaletas, mais a quantidade de substrato nos tratamentos, considerando-se a perda de água que ocorre por evaporação em função do calor produzido pelo processo de compostagem no interior da biomassa. No final, aplicou-se a fórmula descrita abaixo.

$$\text{VCS} = \text{VFC} / \text{NSA}$$

Em que:

VCS – Volume de Composto por Suíno

VFC – Volume Final de Composto

NSA – Número de Suínos Alojados

O peso específico do composto foi determinado pela média do peso de 5 amostras de cada unidade experimental ao final do experimento, utilizando-se uma caixa de madeira com capacidade para acomodar 0,00843 m³ de material estabilizado.

3.3.10.1.4 Análise físico-química

A seguir são listadas as metodologias utilizadas para a determinação da análise físico-química das variáveis estudadas.

pH -10 g da amostra *in natura* diluída em 50 ml de água destilada, leitura feita com pH metro digital (TEDESCO et al. 1995).

Umidade - secagem da amostra a 105°C por 24 horas (SILVA et al. 2004).

Cinzas - Determinadas pela combustão total da matéria orgânica em forno mufla a 600°C por 6 horas (SILVA et al. 2004).

Carbono orgânico - Método Walkley-Black (TEDESCO et al. 1995)

Matéria orgânica - 100 - % cinzas (KIEHL 1985).

Solução mineral - Dissolução das cinzas com ácido clorídrico até completar 100 ml (SILVA et al. 2004).

Nitrogênio - Processo semimicro Kjeldahl (SILVA et al. 2004).

Macro e micronutrientes (Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn) - Análise da solução mineral através do espectrofotômetro de absorção atômica (TEDESCO et al. 1995).

Potássio - Análise da solução mineral através da fotometria de chama (TEDESCO et al. 1995).

Fósforo - Análise da solução mineral através do espectrofotômetro ultravioleta visível (TEDESCO et al. 1995).

Relação C/N - % Carbono dividido pelo % nitrogênio (TEDESCO et al. 1995).

3.3.10.2 Tratamento 4

3.3.10.2.1 Estimativa do volume de dejetos líquidos produzidos

Foi registrado o volume total de dejetos líquidos produzidos pelo lote e acondicionados nas esterqueiras. Para a determinação do volume produzido, utilizou-se o seguinte critério:

1º - Calculou-se o volume de dejetos que havia dentro da esterqueira por ocasião do alojamento.

2º - No abate, verificou-se o volume total dos dejetos que havia dentro da esterqueira.

3º - Aplicou-se a fórmula abaixo, subtraindo-se o volume inicial de dejetos do volume final de dejetos:

$$\mathbf{VDP = VFD - VID}$$

Em que:

VDP – Volume de Dejetos Produzidos

VFD – Volume Final de Dejetos

VID – Volume Inicial de Dejetos

4º - Para estimar o volume de dejetos líquidos produzidos por suíno, aplicou-se a fórmula abaixo:

$$\mathbf{VDPLS = VDP/NSA}$$

Em que:

VDPLS – Volume de Dejetos Líquidos Produzidos por Suíno

VDP – Volume Final de Dejetos

NSA – Número de Suínos Alojados

Para a determinação do peso específico dos dejetos líquidos utilizou-se como regra os valores da densidade obtida nas análises laboratoriais do material.

3.3.10.2.2 Análise físico-química

As análises de pH, densidade, matéria seca, fósforo, potássio, zinco, cobre, cálcio, magnésio, manganês e ferro dos dejetos líquidos, foram realizadas baseadas na metodologia oficial do Ministério da Agricultura, descritas em: Análises de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes – Métodos Oficiais (1983).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no experimento para as observações meteorológicas, temperatura de compostagem, volume e peso específico dos dejetos produzidos e análise físico-química do composto e dos dejetos líquidos são apresentados e discutidos a seguir.

4.1 Observações meteorológicas

Os resultados de acompanhamento de temperatura ambiental máxima e mínima e também os da precipitação pluviométrica são apresentados na Tabela 18. As médias históricas correspondem a observações médias dos últimos 30 anos de leitura. Estas informações foram obtidas no Centro de Pesquisa da Pequena Propriedade de Veranópolis (FEPAGRO-SERRA), que fica localizado na microrregião meteorológica, onde estão as unidades experimentais que fizeram parte do trabalho a uma distância média de 50 km.

Tabela 18. Médias das observações meteorológicas mensais históricas e observadas para o período de janeiro a agosto de 2005.

Observações	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
T H Min ¹ °C	17,1	16,6	15,4	12,5	10,0	8,3	8,5	8,7
T O Min ² °C	16,7	16,2	15,7	12,9	11,4	11,6	7,1	10,1
T H Max ³ °C	29,1	26,5	24,8	21,9	19,6	17,4	17,9	18,4
T O Max ⁴ °C	26,1	28,6	27,5	21,1	20,6	19,0	17,4	20,4
P P H ⁵ mm	139,0	129,0	168,1	109,0	103,0	135,0	135,0	171,0
P P O ⁶ mm	58,3	15,8	121,0	237,2	275,3	186,0	118,0	240,8

¹Temperatura Histórica Mínima; ²Temperatura Observada Mínima; ³Temperatura Histórica Máxima; ⁴Temperatura Observada Máxima; ⁵Precipitação Pluviométrica Histórica; ⁶Precipitação Pluviométrica Observada.

Fonte: FEPAGRO-SERRA (2005).

Como se pode verificar pelos dados mostrados na Tabela 18, na fase inicial do experimento as condições estiveram adequadas para a evaporação da umidade contida no material em compostagem, em virtude da estiagem que ocorreu na região (janeiro, fevereiro e março), ao contrário do ocorrido na fase

final do processo (abril, maio, junho, julho e agosto), onde a precipitação pluviométrica foi elevada, acima das médias históricas mensais para a região. Este fato pode ter influenciado no processo, pois o sistema de compostagem de dejetos líquidos, bem como as esterqueiras abertas, necessita para funcionar perfeitamente, de temperatura elevada e baixa umidade ambiente, o que favorece sensivelmente a evaporação da água contida nos mesmos (PEREIRA NETO et al. 1988).

4.2 Temperatura de compostagem

Na Tabela 19 são apresentados os valores médios obtidos para a temperatura de compostagem durante o período experimental de 105 dias. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$) para esta variável. O que pode ser melhor observado nas Figuras 4, 5 e 6 em que os diferentes tratamentos apresentaram um comportamento térmico similar ao longo do tempo.

Tabela 19. Temperaturas médias em °C na compostagem.

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

Na Figura 4, conforme pode ser observado, a temperatura da biomassa se eleva gradativamente no decorrer do experimento, em função do elevado teor de carbono contido nos substratos (alta relação C/N inicial), gerando calor pela decomposição microbiana.

Na Figura 5 fica evidente através da diminuição da temperatura da biomassa, os quatro diferentes momentos de incorporação de dejetos nos materiais celulósicos durante a fase de impregnação (fase 1), com intervalos de 14 dias cada um. Já na fase de estabilização (fase 2), a partir de 56 dias (Figura

6), é possível notar um aumento da temperatura da biomassa em todos os tratamentos, com pequenos decréscimos, em intervalos regulares, o que pode ser explicado pelo revolvimento do material para incorporação de oxigênio ao processo.

A temperatura máxima observada nos diferentes tratamentos, ao final do processo, manteve-se superior a 60°C por aproximadamente 37 dias, indicando intensa atividade de microorganismos termófilos, como relatado por FINSTEIN et al. (1987) SHARMA et al. (1996) e POWER REIS et al. (2003). Temperatura similar foi também observada por TIQUIA et al. (1998a) que obtiveram valores de temperatura máxima de 67°C em compostagem de cama de suínos. Esta temperatura, quando mantida durante o processo de compostagem, por um período superior a 2 semanas, pode ser usada como um indicativo da inativação de microorganismos patogênicos, tais como *Salmonellas*, *Streptococcus*, *Coliformes fecais* e *totais* conforme observado por FINSTEIN et al. (1987), PEREIRA NETO et al. (1988), ESCOSTEGUY et al. (1993), TIQUIA et al. (1998a e 2000a).

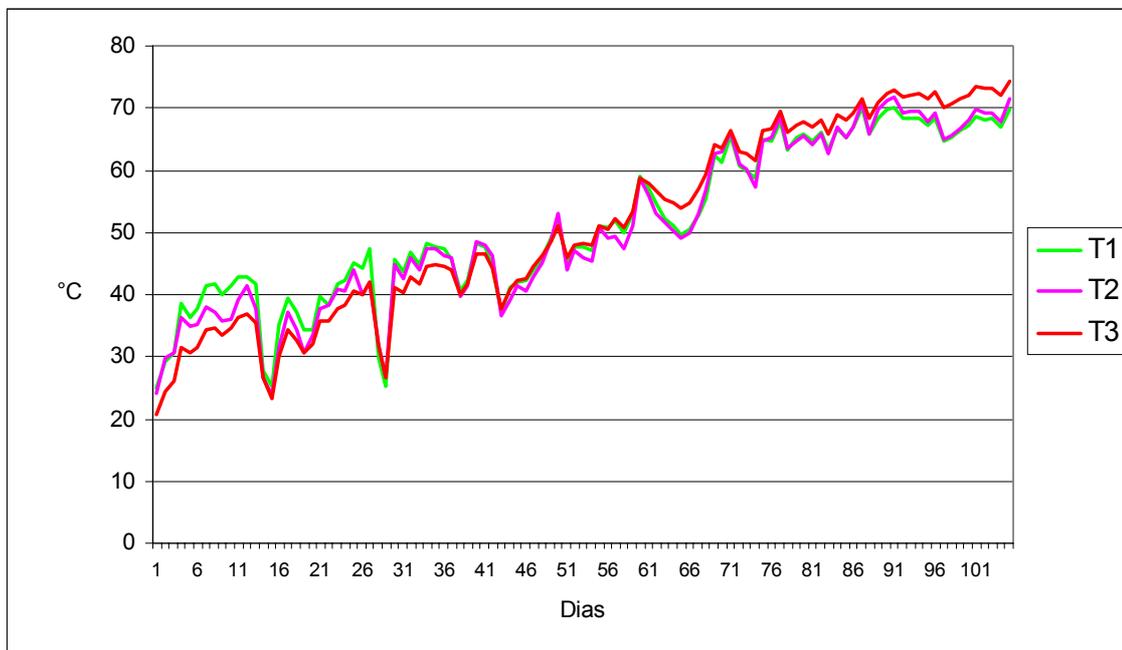


Figura 13. Evolução da temperatura de compostagem, nos diferentes tratamentos, ao longo do experimento.

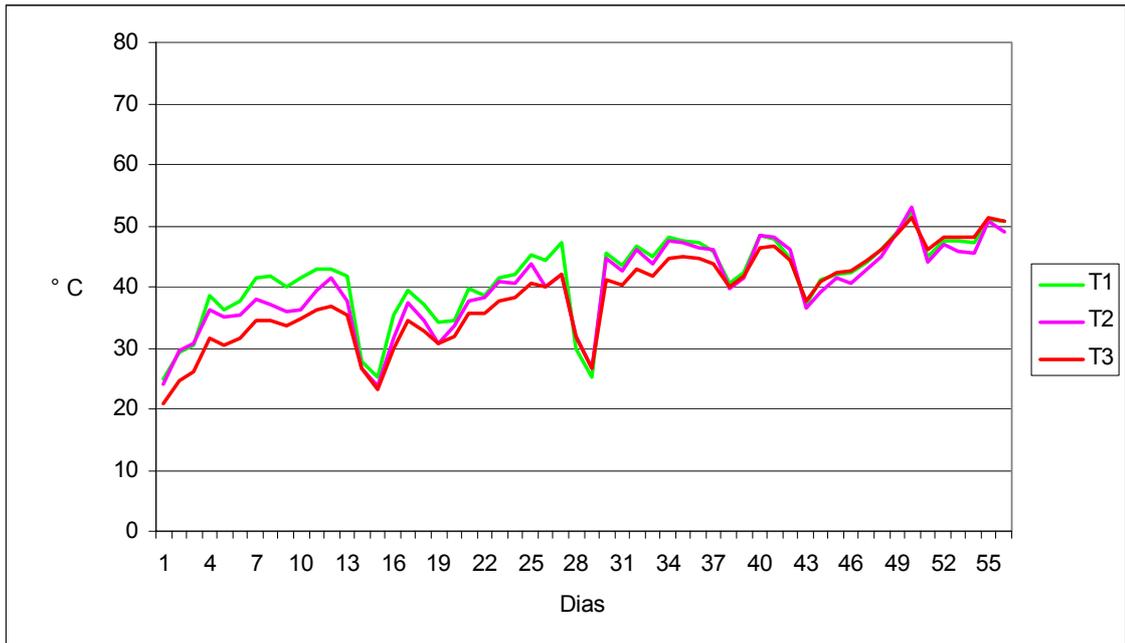


Figura 14. Evolução da temperatura de compostagem na fase 1 (impregnação).

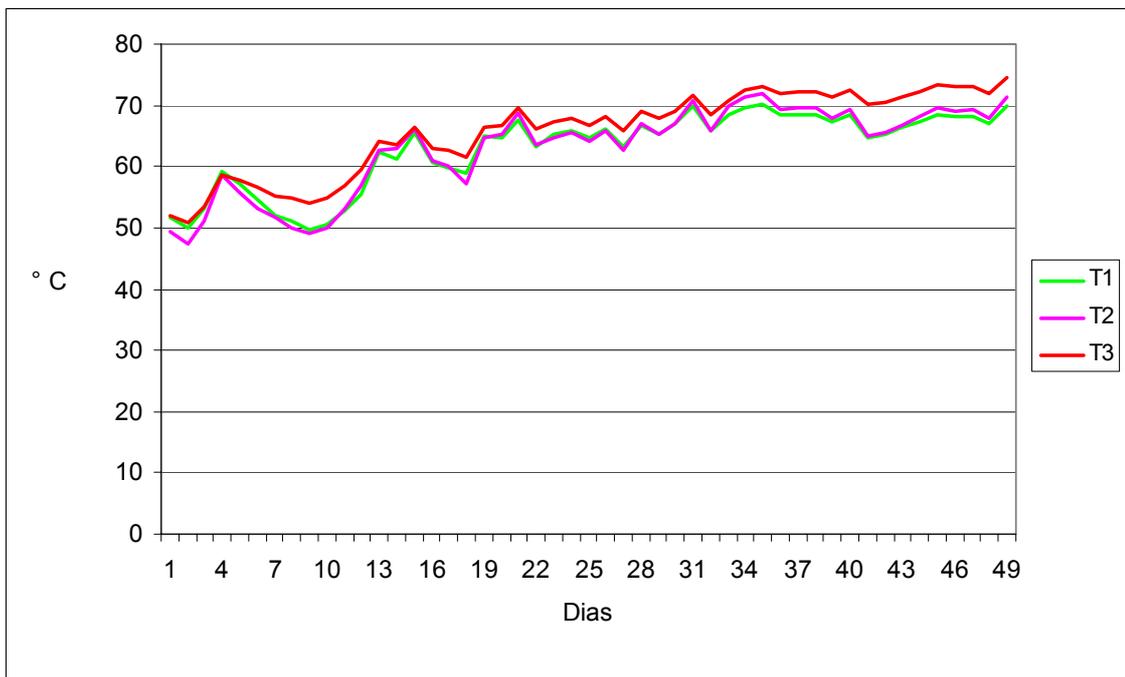


Figura 15. Evolução da temperatura de compostagem na fase 2 (estabilização).

4.3 Volume e peso específico dos dejetos, substrato e composto produzidos

O volume de dejetos líquidos produzidos por suíno, e armazenados nas canaletas de retenção, antes de ingressar no sistema de tratamento, não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos 1, 2, 3 e 4 conforme apresentado na Tabela 20 e representado na Figura 16.

Tabela 20. Volume de dejetos produzidos por suíno em m^3 antes de ingressar no sistema de tratamento durante o período experimental.

Parâmetro	Serragem	Maravalha	Cama aviária	Esterqueira
Volume dejetos m^3	0,379	0,374	0,369	0,359

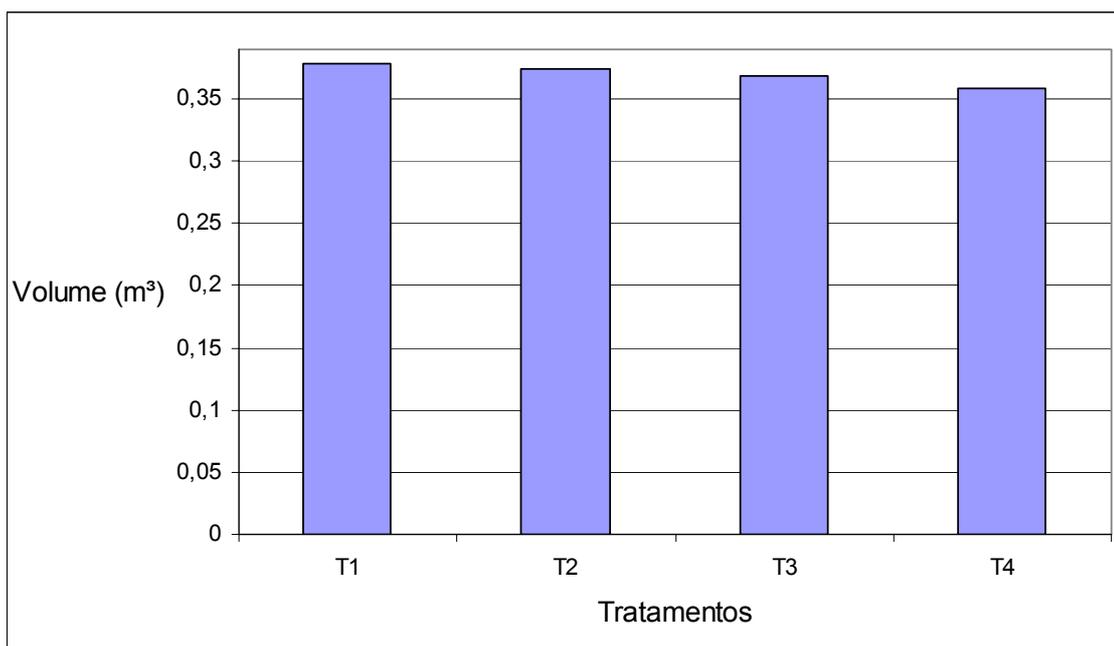
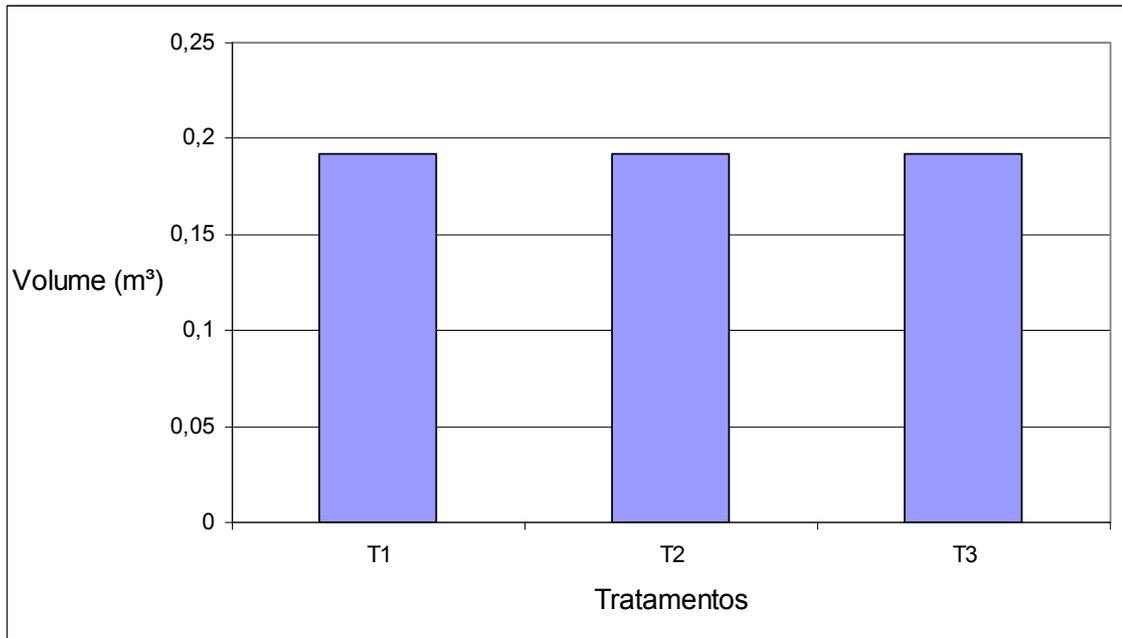


Figura 16. Volume total de dejetos líquidos gerados sistema de produção de suínos, por animal, em m^3 , nos diferentes tratamentos.

Nas Tabelas 21 e 22, e nas Figuras 17 e 18 observa-se que o volume de substrato utilizado foi o mesmo para os tratamentos 1, 2 e 3 não apresentando diferença ($P > 0,05$). Entretanto, o peso específico dos mesmos substratos apresentou diferença entre os tratamentos ($P < 0,05$).

Tabela 21. Volume de substrato utilizado por suíno em m³.

Parâmetro	Serragem	Maravalha	Cama aviária
Volume substrato m ³	0,192	0,192	0,192

**Figura 17.** Volume de substrato, em m³, utilizado por suíno nos diferentes tratamentos.**Tabela 22.** Peso específico dos substratos utilizados no experimento em kg/m³.

Parâmetro	Serragem	Maravalha	Cama aviária
Peso dos substratos em kg/m ³	197,5 ^b	85,1 ^c	477,0 ^a

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

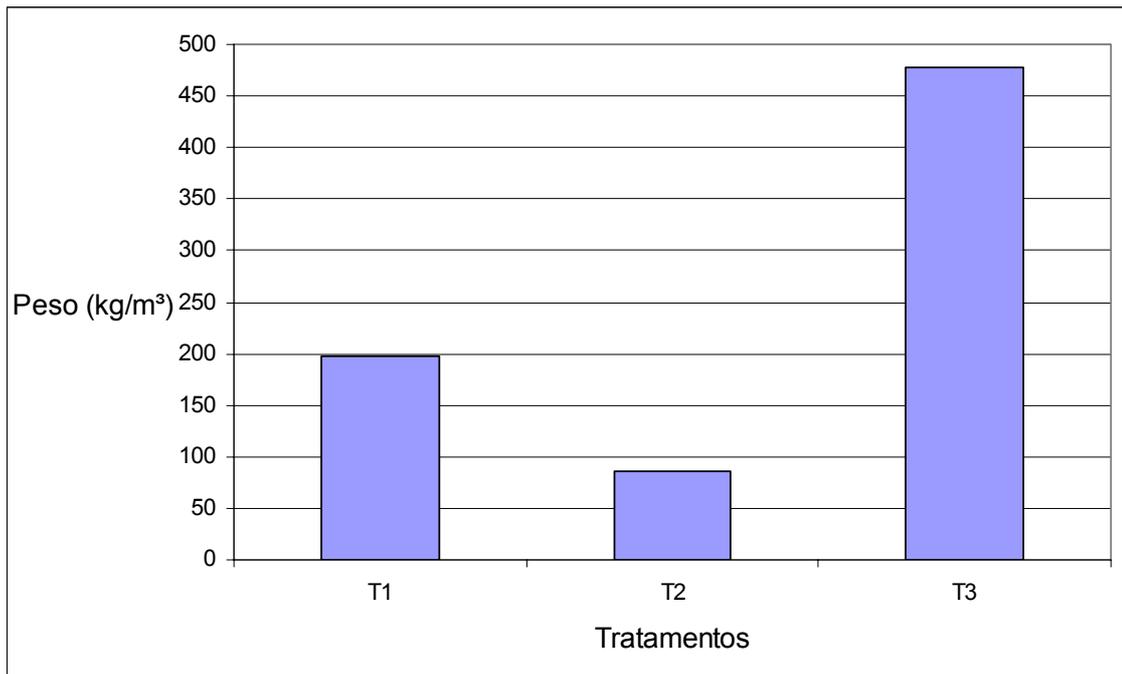


Figura 18. Peso dos substratos, em m^3 , nos diferentes tratamentos.

Conforme apresentado nas Tabelas 23 e 24 e nas Figuras 19 e 20, o volume de dejetos e o peso específico para os mesmos, produzidos por suíno durante o período experimental não foi diferente para os substratos serragem (Tratamento 1) e maravalha (Tratamento 2) ($P > 0,05$). Entretanto, os mesmos diferiram sendo inferiores em relação ao substrato cama de aviário (Tratamento 3) ($P < 0,05$). Conforme esperado, o maior volume e o maior peso específico nos dejetos produzidos foram observados no controle, ou seja, no sistema convencional de tratamento de dejetos (Tratamento 4), diferindo dos demais ($P < 0,01$). Os menores valores de produção de dejetos encontrados nos tratamentos com compostagem em relação ao sistema líquido, representam uma redução significativa no volume total de dejetos produzidos e no seu respectivo peso específico. Tal redução, associada à forma sólida de tratamento, armazenagem e transporte dos dejetos até as lavouras, diminui de maneira expressiva o impacto econômico para o produtor de suínos, como foi evidenciado por VICTÓRIA (1994), DARTORA et al. (1998), PERDOMO (2001 e 2002), DIESEL (2002), ZHU et al. (2004) e GIROTTO et al. (2004).

Cabe ressaltar também que, no presente estudo, o volume médio e o peso específico dos dejetos produzidos por suíno no Tratamento 4 (sistema líquido), foram respectivamente 127 e 477% superior ao volume médio verificado

nos tratamentos sólidos, o que potencializa riscos e problemas ambientais, além de dificultar o gerenciamento dos resíduos (Figuras 10 e 11).

Tabela 23. Volume de dejetos produzidos por suíno em m³ ao final do período experimental.

Parâmetro	Serragem	Maravalha	Cama aviária	Esterqueira
Volume dejetos m ³	0,248 ^c	0,240 ^c	0,355 ^b	0,639 ^a

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

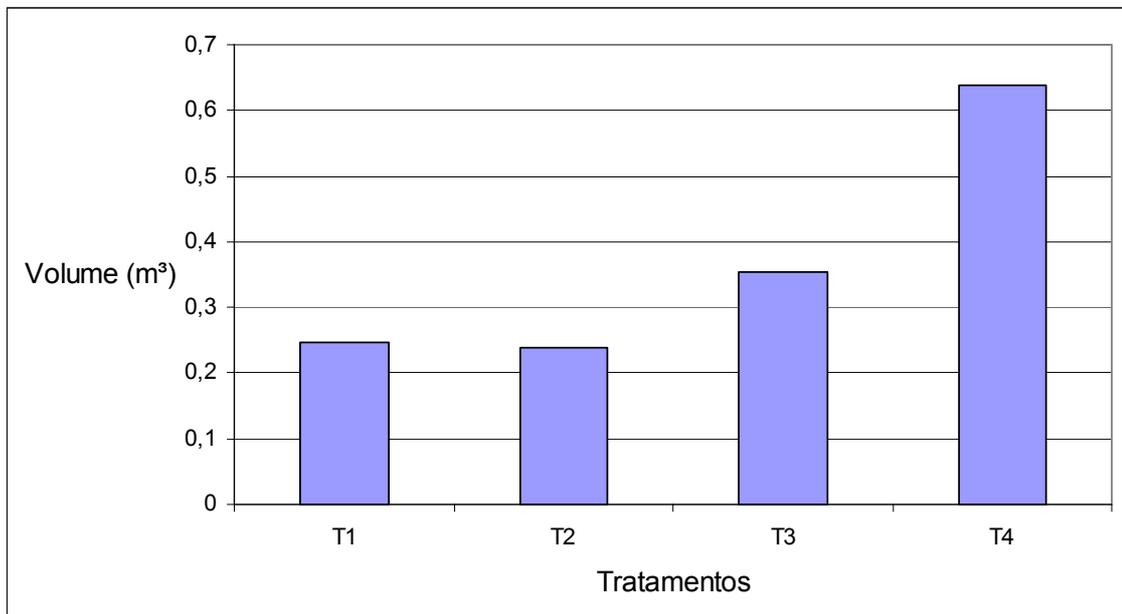


Figura 19. Volume de dejetos produzidos por suíno, em m³, nos diferentes tratamentos.

Tabela 24. Dejetos produzidos por suíno em kg/m³ ao final do período experimental.

Parâmetro	Serragem	Maravalha	Cama aviária	Esterqueira
Peso dejetos m ³	104,2 ^c	87,7 ^c	215,2 ^b	647,7 ^a

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

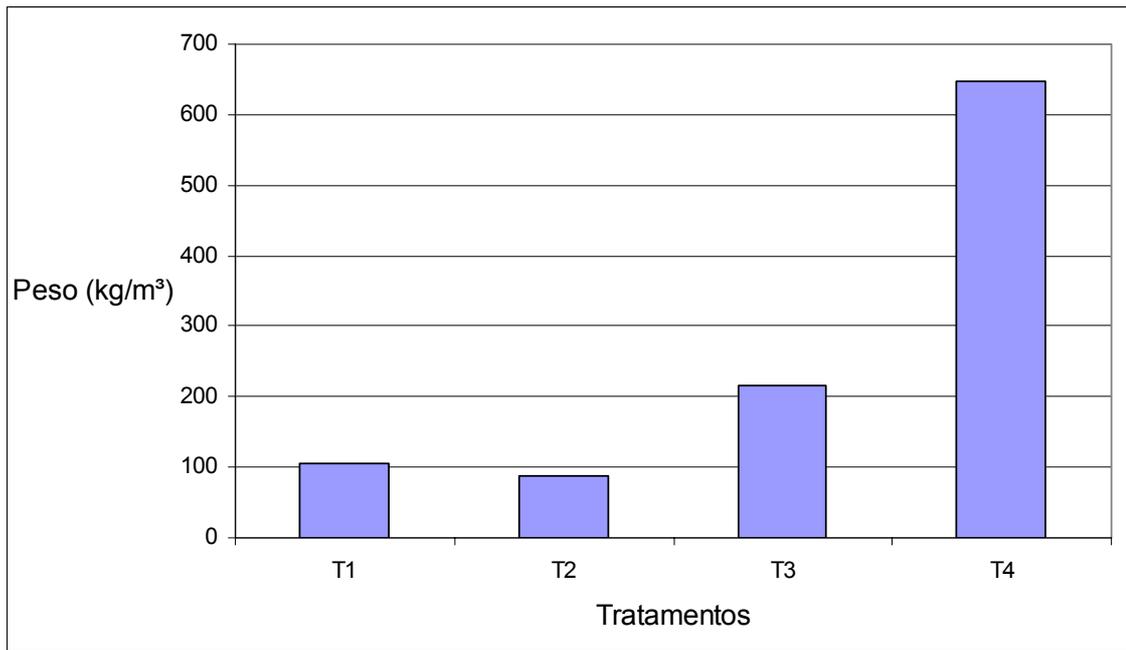


Figura 20. Peso específico dos dejetos produzidos por suíno, em m^3 , nos diferentes tratamentos.

4.4 Análises físico-químicas

4.4.1 Variáveis relacionadas com a compostagem

4.4.1.1 pH

Na Tabela 25 os valores de pH na coleta 1 diferem ($P < 0,05$) por serem materiais de origem distinta, com exceção dos tratamentos 1 e 2, que apresentaram os valores de pH mais ácidos, o que pode ser explicado pela sua mesma origem, porém com partículas de diferentes tamanhos (serragem e maravalha), sendo produzidos a partir de madeira de pinus. No tratamento 3, como o material utilizado foi a cama de aviário, que já recebeu excreções dos animais e sofreu ação microbiana, este apresentou o pH mais básico, sendo que, o mesmo foi relatado por ÁVILA et al. (1992), TIQUIA et al. (2000b) e MENEZES et al. (2004). Para esta primeira coleta, o valor registrado para o pH do tratamento 4 apresentou uma proximidade da neutralidade, da mesma forma que o observado por KONZEN (1980).

Na coleta 2, que foi realizada imediatamente após a adição de dejetos aos diferentes materiais celulósicos, pode-se observar uma uniformização dos valores ($P > 0,05$). Esta primeira impregnação de dejetos líquidos de suínos causou uma alteração do pH nos tratamentos 1 e 2, alcalinizando os substratos, provavelmente pela adição de grande volume de dejetos líquidos (800 L/m^3) com pH alcalino. Com relação aos valores observados no tratamento 3, o pH manteve-se praticamente estável ao longo do experimento. Isto pode ser explicado pelo material usado como substrato, que já sofreu estabilização prévia. Para o tratamento 4, que é o próprio dejetos, o pH manteve-se estável, também, sugerindo que os dejetos na forma líquida podem ter poder tamponante.

A coleta 3 ocorreu após as três impregnações previstas dos diferentes materiais celulósicos, ou seja, após os materiais receberem os 2000 L de dejetos líquidos por m^3 de substrato. Isto acarretou para os valores de pH dos tratamentos 1 e 2 uma tendência de alcalinização, provavelmente pelo processo de decomposição microbiana (TIQUIA, 1998b), entretanto para o tratamento 3 o valor de pH manteve-se estável, bem como para o tratamento 4.

Na coleta 4, os valores observados para pH não apresentaram diferença entre os tratamentos ($P>0,05$). Isto pode ser explicado pela estabilização alcançada pelos diferentes materiais ao final do processo de compostagem. O pH obtido nesta etapa do processo para todos os tratamentos foi próximo da neutralidade, sendo desta forma, um produto que pode ser usado na adubação sem a preocupação de causar acidificação do solo.

Tabela 25. Valor médio para pH por tratamento de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	4,56 ^{cC}	7,70 ^{aB}	8,54 ^{aA}	7,56 ^{aB}
Maravalha	4,80 ^{cC}	7,95 ^{aAB}	8,44 ^{aA}	7,60 ^{aB}
Cama aviária	8,31 ^{aA}	8,03 ^{aAB}	7,71 ^{bB}	7,85 ^{aB}
Esterqueira	7,23 ^{bA}	7,23 ^{bA}	7,43 ^{cA}	7,53 ^{aA}

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

Na Figura 21, observa-se a variação dos valores de pH dentro dos tratamentos, ao longo do período experimental. Para os tratamentos 1 e 2 resultados similares foram obtidos por SESAY et al. (1997), POWER REIS et al. (2003), KIEHL (2004), e ZHANG et al. (2005), onde ocorreu alcalinização do pH no início do processo de compostagem, com os valores, chegando próximo da neutralidade na fase final, demonstrando a estabilização da biomassa. No entanto, os valores obtidos foram diferentes daqueles relatados por TIQUIA et al. (1998b) que descreveram uma curva contínua e decrescente para valores de pH em compostagem de cama de suínos. Para o tratamento 3, entretanto, houve uma curva contínua e decrescente dos valores, similares aos observados por TIQUIA et al (1998b). Para o tratamento 4 a curva se manteve estável em valores levemente alcalinos ao longo do período experimental.

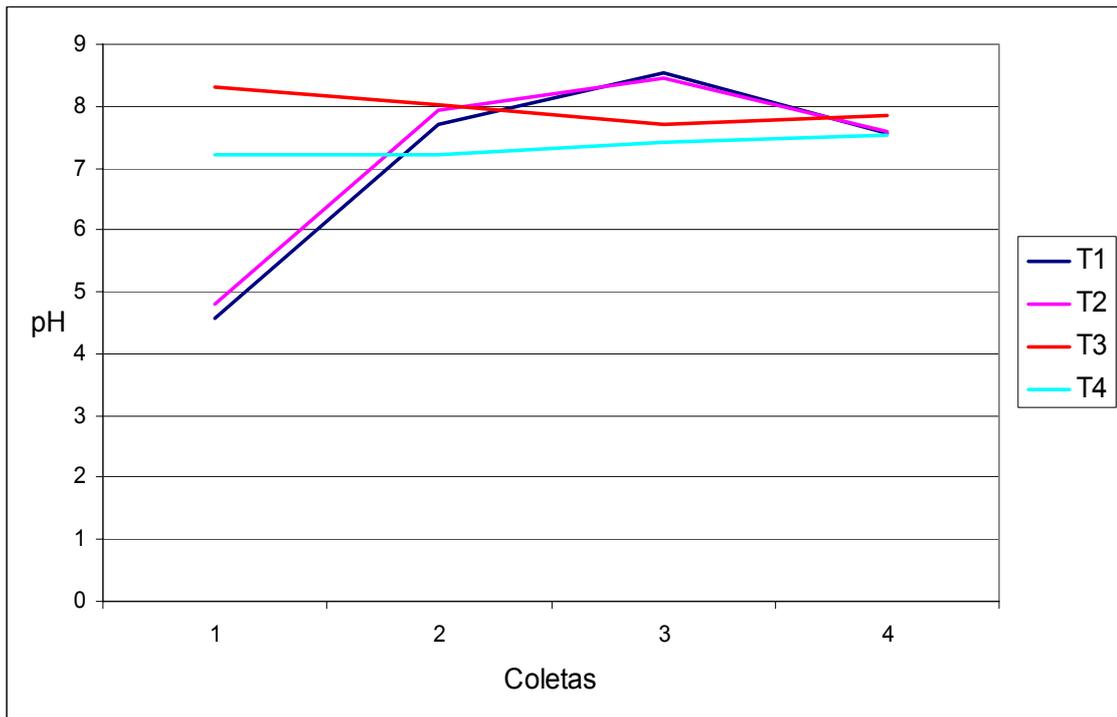


Figura 21. Evolução do pH durante o período experimental.

4.4.1.2 Umidade

Na Tabela 26, observa-se que para a coleta 1 os tratamentos 2 e 3 não diferiram entre si ($P > 0,05$), entretanto diferiram do tratamento 1 ($P < 0,05$). O teor de umidade mais alto para o substrato do tratamento 1 pode ser explicado pela origem da serragem que é produzida com madeira verde de árvores recém abatidas que não sofreram nenhum processo de secagem artificial.

Na coleta 2, conforme esperado, os valores do percentual de umidade aumentaram consideravelmente em função da adição dos dejetos líquidos, sendo que os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas diferiram do tratamento 3 ($P < 0,05$).

Os valores expressados na coleta 3 para os tratamentos 1 e 2 mostram redução do percentual de umidade em relação aos valores obtidos na coleta 2, entretanto para o tratamento 3 a redução não foi significativa.

Na coleta 4, os tratamentos diferiram entre si ($P < 0,05$), mostrando que apesar do substrato do tratamento 1 ter iniciado com o maior percentual de umidade, apresentou, no final, o menor valor para esta variável. Isto pode ser explicado ao analisarem-se os dados referentes ao comportamento da

temperatura interna do composto (Tabela 19), em que este tratamento apresentou a maior temperatura média, indicando uma maior atividade microbiana e conseqüentemente maior liberação de água para o meio ambiente.

Tabela 26. Percentual médio de umidade de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	26,18 ^{aC}	78,54 ^{aA}	62,95 ^{aA}	37,04 ^{cB}
Maravalha	10,56 ^{bD}	82,34 ^{aA}	65,77 ^{aB}	46,72 ^{bC}
Cama aviária	15,74 ^{bC}	71,15 ^{bA}	69,45 ^{aA}	55,82 ^{aB}

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

Na Figura 22 observa-se a evolução do percentual de umidade ao longo do período experimental. A figura mostra que a umidade aumentou para todos os tratamentos com substrato, conforme esperado, e com a adição de dejetos e foi diminuindo gradativamente, o que ficou evidenciado com a seqüência de coletas efetuadas, sendo que a umidade para todos os tratamentos na coleta 4, foi significativamente menor do que aquela presente nas coletas 2 e 3, conforme apresentado na Tabela 22 e visualizado na Figura 13. Tal fato comprova a eficiência do sistema de compostagem para o tratamento de resíduos da suinocultura na diminuição do volume líquido de dejetos produzidos. A redução do percentual de umidade no processo de compostagem, como foi observado no experimento, é semelhante ao observado pelos vários autores com (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1986; LAU et al., 1993; SHARMA et al., 1996; OLIVEIRA, 2003; POWER REIS et al., 2003).

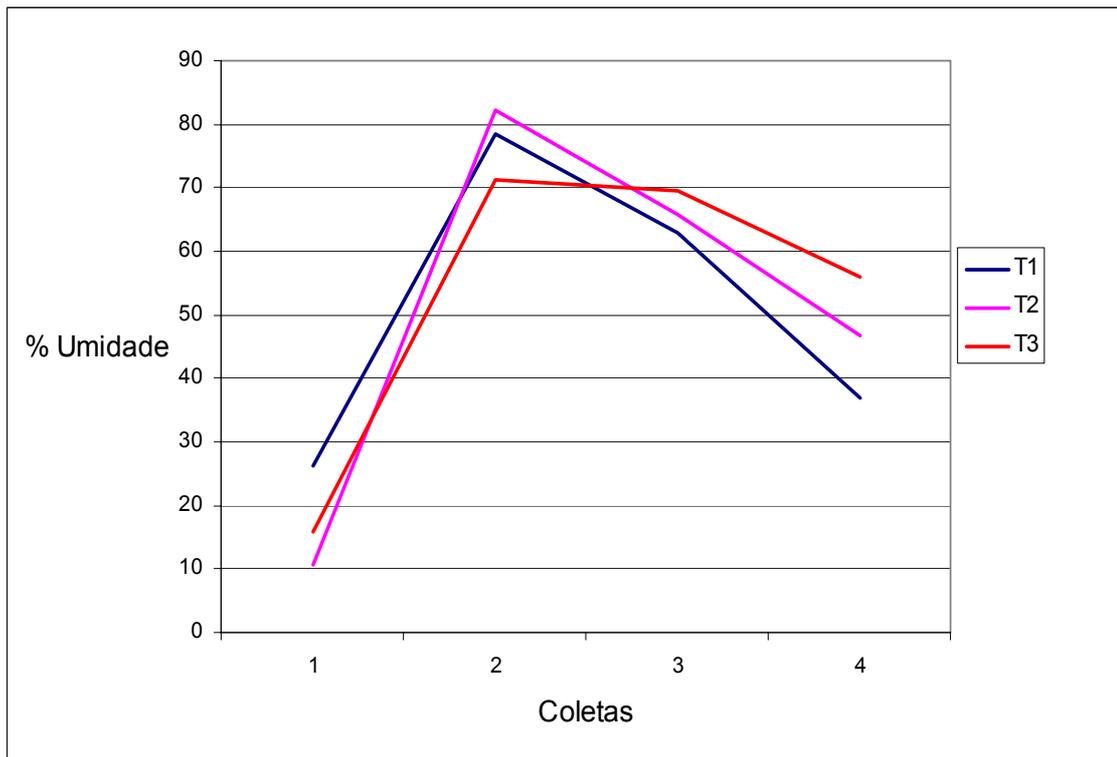


Figura 22. Evolução do percentual de Umidade durante o período experimental.

4.4.1.3 Matéria seca

Na Tabela 27, observa-se que os tratamentos na forma sólida apresentaram uma redução no teor de matéria seca após a impregnação com os dejetos, em seguida sofreram uma elevação nos valores registrados para esta variável nas demais coletas, ao longo do tempo, pois perderam umidade para o meio ambiente. O tratamento 1 apresentou o maior valor para matéria seca ao final do experimento, em segundo lugar ficou o tratamento 2 e em terceiro, o tratamento 3 ($P < 0,05$). Todavia, os menores valores observados em todas as coletas foram para o tratamento 4, o que pode ser exemplificado pela concentração de matéria seca, 24,76 vezes inferior em relação à média dos tratamentos na forma sólida ao final do processo. O percentual de matéria seca nos tratamentos 1, 2 e 3 foi bastante elevado na coleta 1, provavelmente por serem substratos celulósicos. Entretanto, à medida que ocorreu a impregnação de dejetos líquidos nas coletas 2 e 3, o percentual de matéria seca foi reduzido e somente voltou a subir na fase de estabilização, coleta 4, em função de que o processo de compostagem libera água e CO_2 para o ambiente. Situação similar

foi relatada por TIQUIA et al. (2000a), OLIVEIRA (2003) e POWER REIS et al. (2003). No tratamento 4, o percentual de matéria seca foi bastante reduzido e manteve-se estável ao longo do tempo, em função possivelmente dos dejetos líquidos de suínos apresentarem como característica uma grande diluição de sua fração sólida.

Tabela 27. Percentual médio de matéria seca de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	73,54 ^{CA}	21,40 ^{BD}	36,31 ^{AC}	61,89 ^{AB}
Maravalha	88,96 ^{AA}	17,78 ^{BC}	18,44 ^{BC}	52,72 ^{BB}
Cama aviária	83,47 ^{BA}	28,28 ^{AC}	30,15 ^{AC}	44,40 ^{CB}
Esterqueira	2,52 ^{DA}	2,52 ^{CA}	2,54 ^{CA}	2,14 ^{DA}

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

A Figura 23 mostra a evolução do percentual de matéria seca ao longo do experimento. Os valores verificados no tratamento 4 neste estudo são muito semelhantes aos obtidos por SCHERER et al. (1994), DARTORA et al. (1998), KONZEN et al. (1998), PERDOMO et al. (2001) e KONZEN et al. (2002). No início do processo os substratos apresentaram um teor elevado de matéria seca, para em seguida, com a adição de dejetos líquidos, decrescerem de forma significativa até a coleta 3, quando, a partir de então, houve um incremento significativo no teor de matéria seca, o que ficou evidenciado com a coleta 4 (fase 2), onde os valores obtidos foram significativamente maiores do que os obtidos na coleta anterior. Já na fase 2 que corresponde à coleta 4, com a redução da umidade o percentual de matéria seca cresceu entre as coletas 3 e 4.

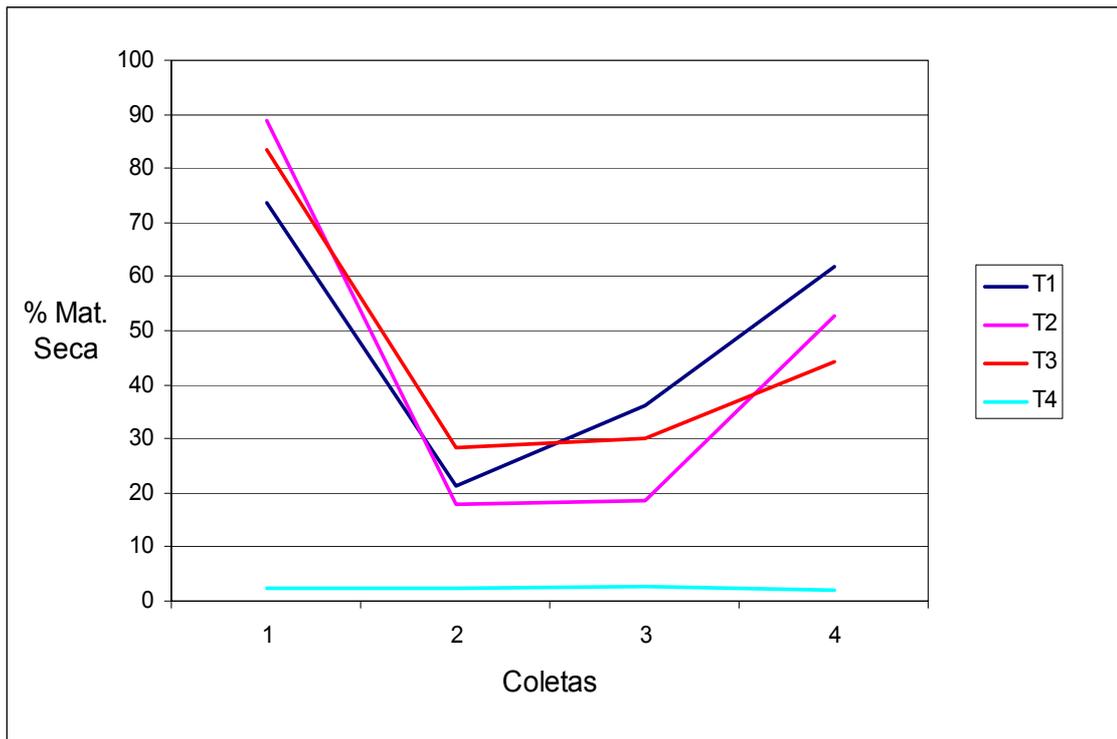


Figura 23. Evolução do percentual de matéria seca durante o período experimental.

4.4.1.4 Nitrogênio

Na Tabela 28, observa-se na coleta 1, que o percentual de N no tratamento 3 foi superior aos demais ($P < 0,05$), isto pode ser explicado pelo fato de ser um substrato que já recebeu excreta de aves, sendo que os valores encontrados são similares aos encontrados para material com a mesma origem por ÁVILA et al., (1992), TIQUIA et al., (1998 e 2000b) e MENEZES et al., (2004). Nas coletas 2, 3 e 4 durante e após a saturação com dejetos líquidos, os tratamentos 1 e 2 apresentaram uma elevação no teor de N, mas não diferiram entre si ($P > 0,05$). Entretanto apresentaram concentração inferior à registrada para o tratamento 3, que manteve valores semelhantes ao inicial, enquanto que para o tratamento 4 o teor de N apresentou a menor concentração ($P > 0,05$). Os valores observados ao longo das coletas para o tratamento 4 foram inferiores aos demais em função da manutenção da diluição dos dejetos. Por outro lado, nos tratamentos 1 e 2 ocorreu uma elevação do teor de N, explicado tanto pela adição de N contido nos dejetos líquidos, bem como pela redução do teor de umidade da

biomassa, situação similar relatada por TIQUIA et al. (1997), TIQUIA et al. (1999 e 2000a) e ZHU et al. (2004).

Tabela 28. Percentual médio de nitrogênio total de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	0,26 ^{cb}	1,79 ^{ba}	1,93 ^{ba}	2,07 ^{ba}
Maravalha	0,29 ^{cb}	1,76 ^{ba}	2,01 ^{ba}	2,14 ^{ba}
Cama aviária	2,92 ^{aa}	2,94 ^{aa}	2,76 ^{aaB}	2,39 ^{ab}
Esterqueira	1,60 ^{bb}	1,60 ^{cb}	1,80 ^{ca}	1,40 ^{cc}

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

A Figura 24 mostra o comportamento do N ao longo do período experimental. Nos tratamentos 1 e 2, as curvas de evolução são semelhantes, fato que pode ser explicado devido à origem comum dos substratos. O teor de N na biomassa evoluiu positivamente em função da concentração de nutrientes durante o processo de compostagem. Resultado semelhante foi relatado por KIEHL (1985) trabalhando com lixo domiciliar urbano. Uma situação similar também foi apurada em trabalho realizado com compostagem de cama de suínos em terminação por TIQUIA et al. (1996 e 1998b) e OLIVEIRA et al. (2001). No tratamento 3 ocorreu uma situação diferente daquela observada nos tratamentos 1 e 2, onde o substrato iniciou com um teor elevado de N, por conter excretas de aves e ocorreu uma queda nos valores no decorrer do experimento, fato que pode ser explicado pela volatilização do N amoniacal (TIQUIA et al. 1998b e MENEZES et al. 2004). O tratamento 4 apresentou um comportamento diferente dos demais, mantendo uma situação estável para este nutriente ao longo do tempo, em função da constante entrada de dejetos nas esterqueiras e saída de N por volatilização, mantendo um balanço equilibrado (KONZEN et al. 1980).

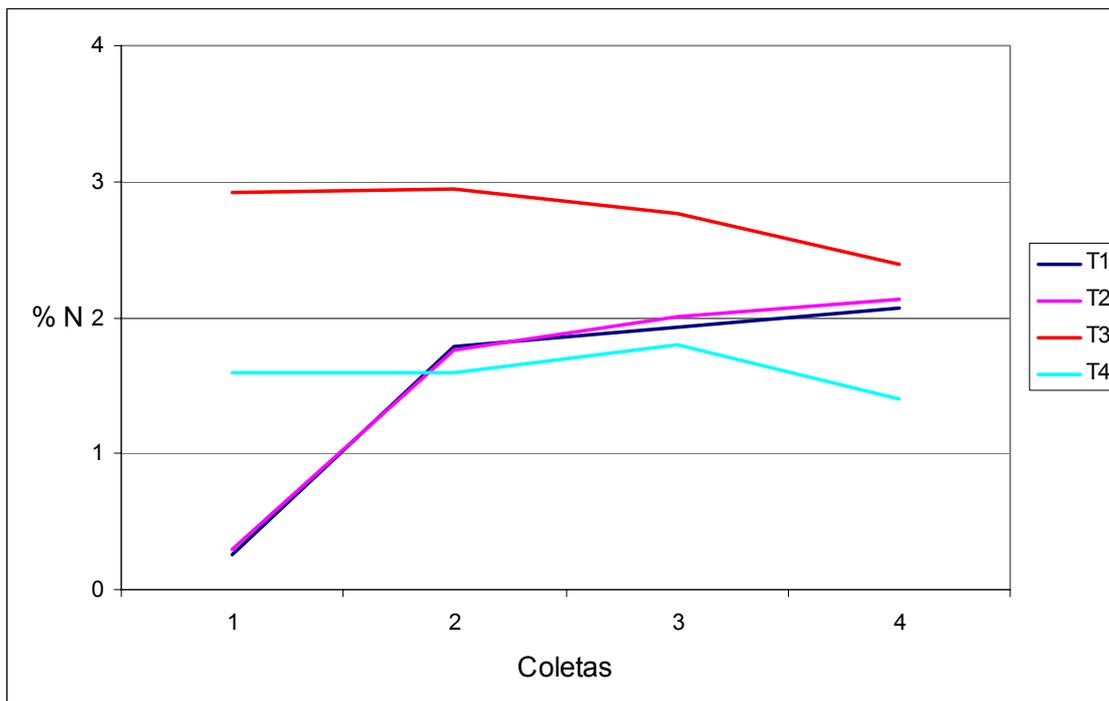


Figura 24. Evolução do percentual de nitrogênio durante o período experimental.

4.4.1.5 Carbono

Na Tabela 29, é possível verificar que para o percentual de carbono, na coleta 1, os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas apresentaram um teor superior de carbono em relação ao tratamento 3 ($P < 0,05$), e isto pode ser explicado pelo fato de que a cama de aviário já sofreu um processo de degradação prévia. Na coleta 2 todos os tratamentos diferiram entre si ($P < 0,05$), mas observa-se que para os tratamentos 1 e 2 ocorreu uma redução na concentração de carbono, ao contrário do que aconteceu para o tratamento 3, que apresentou um incremento no teor deste mineral. Para a coleta 3 os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), contudo mostraram diferença em relação ao tratamento 3 ($P < 0,05$). O tratamento 1 apresentou uma tendência de aumento na concentração em relação à coleta anterior, o tratamento 2 manteve-se estável e o tratamento 3 aumentou. Na coleta 4 os tratamentos não diferiram entre si ($P < 0,05$), sendo que os tratamentos 1 e 2 apresentaram uma tendência de redução para o teor de carbono, e o tratamento 3 se manteve estável em relação à coleta anterior. A redução do percentual de carbono nos tratamentos 1 e 2 ao longo do

processo de compostagem são similares aos relatados por KIEHL (1985), SHARMA et al. (1996), TIQUIA et al. (1996 e 1999) e HSU et al. (2001).

Tabela 29. Percentual de carbono de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	55,40 ^{aA}	40,76 ^{bB}	46,84 ^{aB}	41,47 ^{aB}
Maravalha	56,90 ^{aA}	48,81 ^{aB}	48,08 ^{aB}	45,87 ^{aB}
Cama aviária	16,72 ^{bC}	27,97 ^{cB}	36,20 ^{bA}	36,50 ^{aA}

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

A Figura 25 mostra a evolução do teor de carbono (C) no período experimental, onde se pode examinar o comportamento dos tratamentos 1 e 2, que apresentaram uma tendência de queda, ao contrário do tratamento 3 que mostrou um incremento na concentração do mineral.

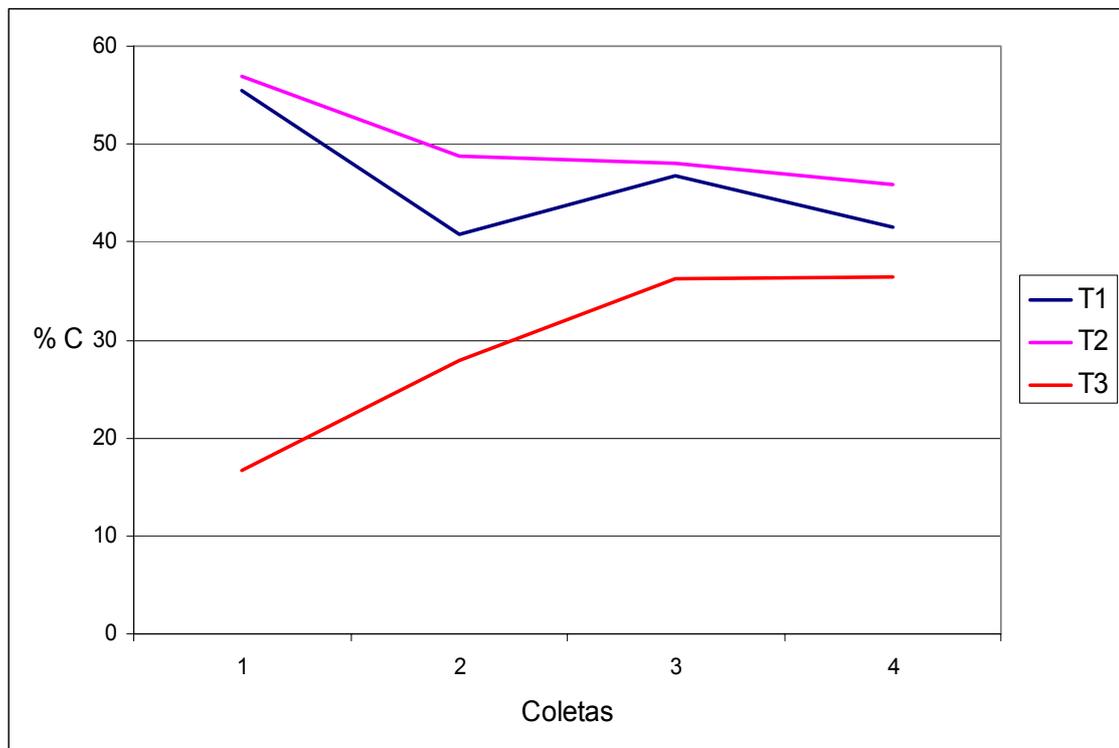


Figura 25. Evolução do percentual de carbono durante o período experimental.

4.4.1.6 Relação C/N

Na tabela 30 são apresentados os dados para relação C/N, onde se pode observar que para a coleta 1 os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas diferiram significativamente ($P < 0,05$) do tratamento 3. Os valores encontrados mostraram que para os tratamentos 1 e 2 a serragem e a maravalha de pinus apresentaram uma relação C/N com valores percentuais superiores ao tratamento 3. O valor encontrado para serragem foi similar ao descrito por ZHANG et al. (2005), entretanto para a cama de aviário TIQUIA et al. (2000b) encontraram valores de relação C/N próximos a 14/1.

Nas coletas 2 e 3, os tratamentos 1 e 2 não apresentaram diferença significativa entre si ($P > 0,05$), e observou-se que à medida que foram adicionados dejetos ao substrato a relação C/N reduziu, enquanto que para o tratamento 3 ocorreu o inverso. Isto sugere que para os tratamentos 1 e 2, os dejetos atuaram como fonte de N, entretanto para o tratamento 3 os dejetos atuaram como fonte de C.

Diferente do que foi verificado nas coletas anteriores, na coleta 4 os tratamentos não apresentaram diferenças entre si ($P > 0,05$). Os valores encontrados ficaram próximos aos considerados ideais pela legislação brasileira, sugeridos por KIEHL (1985), sendo que, para a utilização em lavouras não há restrições, entretanto para a comercialização como adubo orgânico, é necessário que o produto passe por um novo período de maturação.

Tabela 30. Relação C/N de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	217,12 ^{aA}	23,86 ^{aB}	24,35 ^{aB}	20,10 ^{aB}
Maravalha	212,49 ^{aA}	30,59 ^{aB}	24,57 ^{aB}	21,44 ^{aB}
Cama aviária	5,80 ^{bC}	9,48 ^{bB}	13,20 ^{bA}	15,36 ^{aA}

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

A Figura 26 mostra a evolução da relação C/N no período experimental, onde se pôde observar o comportamento dos tratamentos 1 e 2 que apresentaram uma tendência de queda, resultados estes, semelhantes aos

relatados por KIEHL (1985), SHARMA et al. (1996), INNIATTI et al. (1994) CORRÊA (1998), HSU et al. (2001) e ZHU et al. (2004). Entretanto, o tratamento 3 ao contrário apresentou um incremento na relação C/N, possivelmente devido ao fato de o substrato possuir um valor menor para esta variável no início do processo. Ao receber as impregnações de dejetos líquidos houve uma oferta maior de C, elevando a relação C/N inicial.

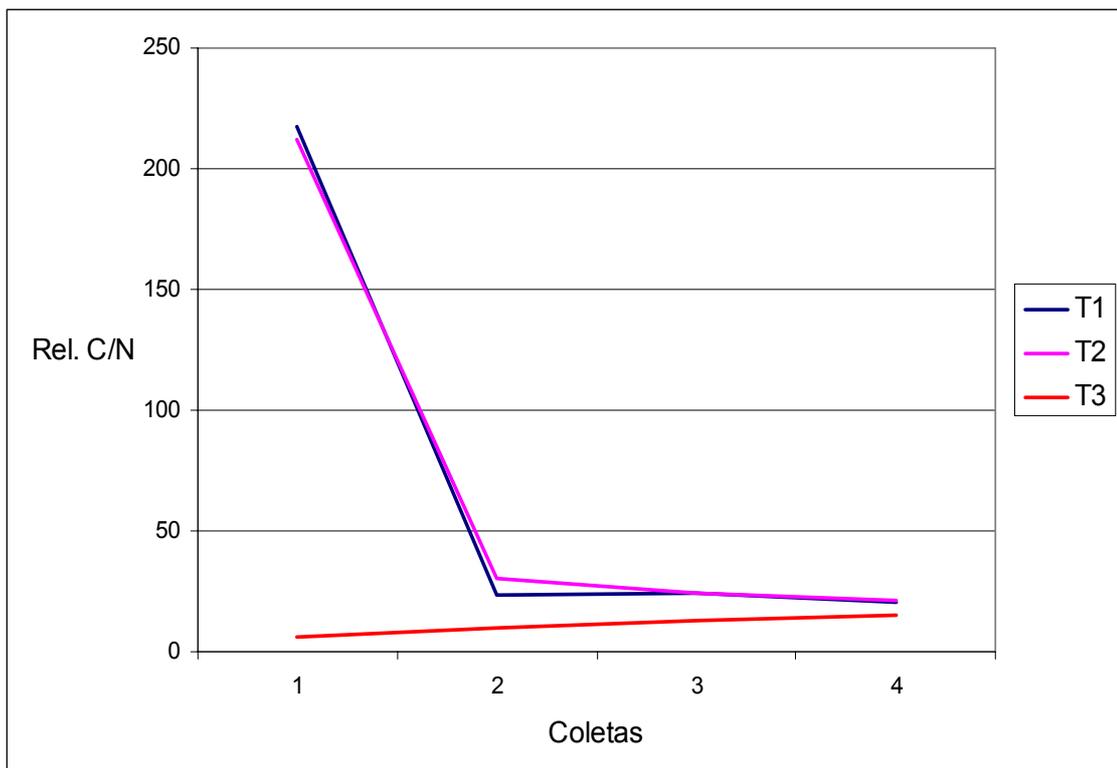


Figura 26. Evolução da relação C/N durante o período experimental.

4.4.2 Variáveis relacionadas com a adubação orgânica

4.4.2.1 Fósforo

Na Tabela 31, para a coleta 1 os substratos dos tratamentos 1 e 2 (serragem e maravalha) mostraram um baixo teor de P e não diferiram entre si ($P > 0,05$), entretanto o substrato do tratamento 3 (cama de aviário) apresentou valores elevados para este mineral em função de conter excretas de aves, diferindo dos tratamentos 1, 2 ($P < 0,05$), porém sendo semelhante ao tratamento 4.

Nas coletas 2 e 3, que representam à fase de impregnação de dejetos nos substratos, ocorreu um aumento na concentração do P, elevando o teor deste mineral de forma semelhante nos tratamentos 1, 2 e 3, porém para o tratamento 4 como era esperado, o teor do mineral permaneceu no mesmo nível da coleta 1, evidenciando a manutenção da diluição que ocorre com os dejetos no sistema de tratamento convencional.

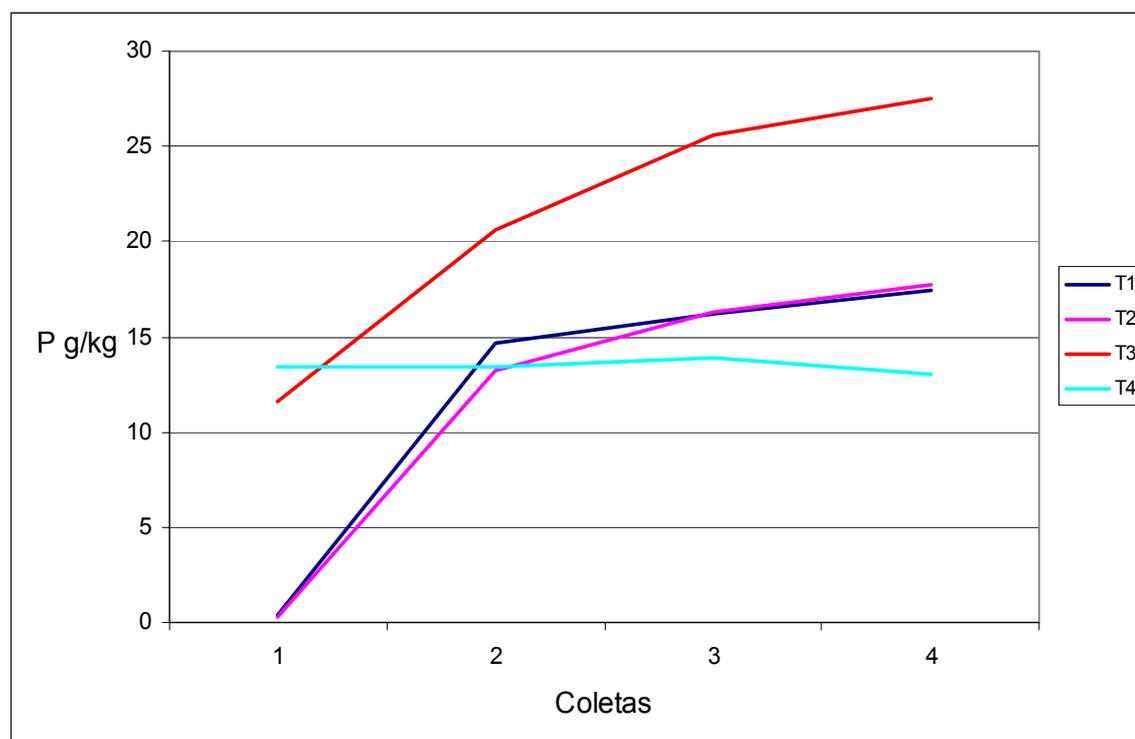
Na coleta 4, a concentração de P que ocorreu nos tratamentos sólidos foi significativa em relação ao tratamento líquido ($P < 0,05$). É importante ressaltar que no presente estudo o teor médio de P nos tratamentos 1, 2 e 3 (sólido) foi 1,6 vezes superior ao tratamento 4 (líquido). Isto, seguramente, potencializará a utilização deste composto na agricultura, por diminuir o volume dos dejetos em função da redução do teor de umidade e conseqüente aumento na concentração do teor de P, reduzindo, deste modo, os custos com o armazenamento e o transporte do dejetos até a lavoura, conforme descrito por SCHERER et al. (1994), DARTORA et al. (1998), PERDOMO et al. (2001).

Tabela 31. Teor médio de fósforo em g/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	0,34 ^{bC}	14,68 ^{cAB}	16,24 ^{bB}	17,42 ^{bA}
Maravalha	0,33 ^{bC}	13,24 ^{cB}	16,26 ^{bA}	17,74 ^{bA}
Cama aviária	11,62 ^{aC}	20,65 ^{aB}	25,62 ^{aA}	27,51 ^{aA}
Esterqueira	13,41 ^{aA}	13,41 ^{bA}	13,90 ^{cA}	13,06 ^{cA}

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

Na Figura 27, são apresentados os valores para o P nos diferentes tratamentos. Os que estavam na forma sólida, seguiram a mesma tendência de evolução. O teor de P aumentou à medida que foram realizadas as impregnações com dejetos líquidos, demonstrando uma concentração do P por ser um elemento mais estável na biomassa. Todavia o tratamento líquido apresentou uma tendência de estabilização do teor de P, em valores menores, ficando evidente a manutenção da diluição dos dejetos ao longo do tempo, quando se utilizam esterqueiras. Situação semelhante foi relatada por SCHERER et al. (1994), DARTORA et al. (1998), PERDOMO et al. (2001).

**Figura 27.** Evolução do teor médio de fósforo durante o período experimental.

4.4.2.2 Potássio

Na Tabela 32, é apresentado o teor de K para os diferentes tratamentos, onde é possível observar que em todas as coletas os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas foram inferiores ao tratamento 3 ($P < 0,05$) devido ao fato de ser um substrato que na sua origem continha uma concentração mais elevada deste elemento antes de ocorrer à impregnação de dejetos líquidos. O teor de K para coleta 1 no tratamento 3 foi maior do que aquele relatado por TIQUIA et al. (2000b), que foi na ordem de 20,3 g/kg. Já o tratamento 4 diferiu em relação aos tratamentos na forma sólida ($P < 0,05$), apresentando sempre uma menor concentração de K a partir do momento da impregnação. Na coleta 4, em função da constante manutenção da diluição dos dejetos na esterqueira, o tratamento 4 apresentou uma concentração 2,55 vezes inferior de K em relação aos tratamentos 1, 2 e 3, demonstrando a valorização agrônômica dos dejetos tratados na forma sólida.

Tabela 32. Teor médio de potássio em g/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	0,68 ^{CB}	10,25 ^{BA}	12,00 ^{BA}	12,31 ^{BA}
Maravalha	0,77 ^{CB}	12,13 ^{BA}	12,28 ^{BA}	13,90 ^{BA}
Cama aviária	30,75 ^{AB}	32,87 ^{AB}	35,70 ^{AB}	40,70 ^{AA}
Esterqueira	9,36 ^{BA}	9,36 ^{CA}	9,21 ^{CA}	8,73 ^{CA}

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

Na Figura 28, observa-se a evolução da concentração de K ao longo do experimento nos diferentes tratamentos. Verifica-se que os tratamentos, na forma sólida, aumentaram a concentração deste mineral à medida que foram impregnados com dejetos líquidos, na primeira fase do processo, e à medida que houve redução do volume do composto na segunda fase, devido à perda de água. Esta curva apresenta uma semelhança, embora em valores diferentes, aos relatados por TIQUIA et al. (1998b). Por outro lado, no tratamento 4 houve uma estabilização da concentração do mineral ao longo do tempo, com valores

superiores aos encontrados por KONZEN (1980) que foram da ordem de 1,38 g/kg.

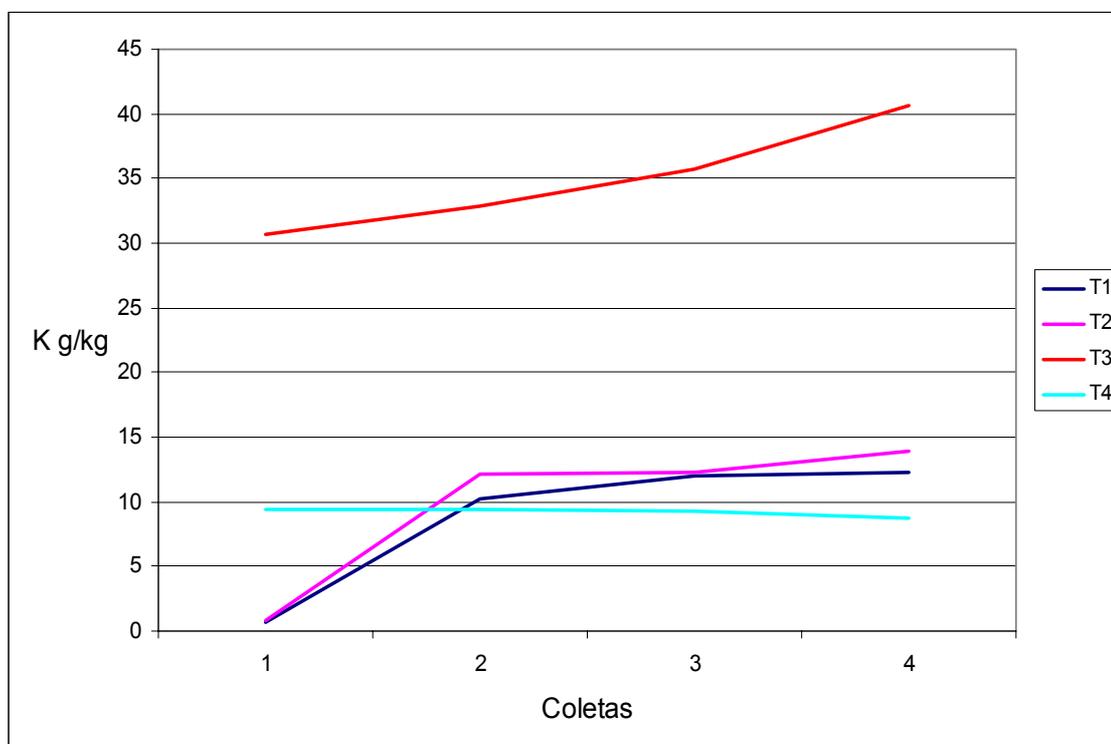


Figura 28. Evolução do teor médio de potássio durante o período experimental.

4.4.2.3 Cálcio

Na Tabela 33 observa-se, na coleta 1, que os substratos dos tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si com relação ao teor de Ca ($P > 0,05$) em função de possuírem a mesma origem. Entretanto o tratamento 3 apresentou valor significativamente superior e diferente tanto em relação aos tratamentos 1 e 2 como em relação ao tratamento 4 ($P < 0,05$). O valor encontrado para o substrato do tratamento 3 foi elevado, em relação aos demais tratamentos porque a cama de aviário já continha uma determinada concentração para este mineral, provavelmente pelo teor presente na dieta das aves, porém o valor encontrado foi superior àquele relatado por MENEZES et al. (2004). Já o tratamento 4 apresentou valor semelhante ao descrito por KONZEN (1980), que relatou o teor de 33 g/kg Ca, em dejetos líquidos de suínos.

Nas demais coletas, notou-se uma situação semelhante para os tratamentos na forma sólida, onde houve uma elevação nos teores do mineral, porém, para o tratamento 4 houve uma estabilidade em níveis menores, sendo este fato justificado pela manutenção da diluição dos dejetos líquidos no sistema de tratamento convencional. O valor verificado no tratamento 4 (dejetos líquidos) foi 5,24 vezes menor do que a média encontrada nos tratamentos 1, 2 e 3 (sólido).

Tabela 33. Teor médio de cálcio em g/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	10,68 ^{bC}	125,25 ^{bA}	105,83 ^{bB}	128,25 ^{bA}
Maravalha	10,21 ^{bC}	83,16 ^{cB}	97,12 ^{bAB}	105,17 ^{bA}
Cama aviária	97,56 ^{aC}	189,93 ^{aB}	224,25 ^{aAB}	226,92 ^{aA}
Esterqueira	28,71 ^{cA}	28,71 ^{dA}	30,43 ^{cA}	29,25 ^{cA}

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

Na Figura 29 observa-se a evolução do teor de Ca ao longo do tempo, para os diferentes tratamentos. As curvas apresentadas para os tratamentos 1, 2 e 3 foram semelhantes, demonstrando uma tendência de aumento, à medida que foram incorporados dejetos líquidos na segunda e terceira coletas, e pela redução do volume da biomassa que ocorreu na quarta coleta. Entretanto para o tratamento 4 a curva se manteve estável, mas em níveis menores do que os verificados nos demais tratamentos, provavelmente em função da diluição dos dejetos no sistema convencional de tratamento.

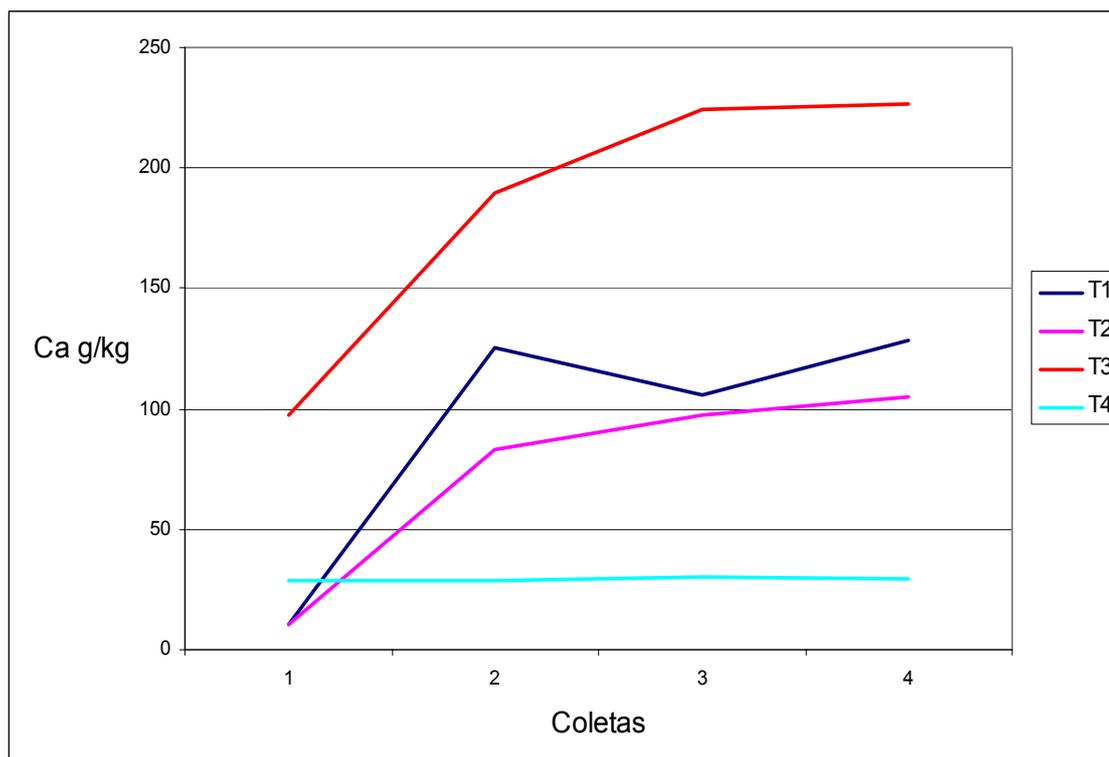


Figura 29. Evolução do teor médio de cálcio durante o período experimental.

4.4.2.4 Magnésio

Na Tabela 34 é possível observar, na coleta 1, que os substratos dos tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$) em função de possuírem a mesma origem. Todavia o tratamento 3 apresentou valor superior e diferente tanto em relação aos tratamentos 1 e 2 como em relação ao 4 ($P < 0,05$). O valor encontrado para o substrato do tratamento 3 foi elevado em relação aos demais tratamentos em função de que a cama de aviário já continha uma concentração para este mineral, sendo que o valor encontrado foi semelhante àquele relatado por MENEZES et al. (2004); já o tratamento 4 apresentou valor semelhante ao relatado por KONZEN (1980).

Nas demais coletas, observou-se uma situação semelhante para os tratamentos na forma sólida, onde houve uma elevação nos teores do mineral, à medida que foram sendo impregnados dejetos líquidos aos substratos. O tratamento 4 apresentou uma estabilidade em níveis menores, sendo este fato justificado pela manutenção da diluição dos dejetos líquidos no sistema convencional de tratamento. O valor observado nos tratamentos 1, 2 e 3 foi 2,02

vezes superior do que aquele verificado no tratamento 4, fato este, que valoriza a sua utilização como adubo orgânico, por apresentar maior concentração de Mg.

Tabela 34. Teor médio de magnésio em g/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	0,77 ^{cb}	10,51 ^{ba}	10,06 ^{ba}	10,11 ^{ba}
Maravalha	0,74 ^{cb}	10,05 ^{ba}	10,22 ^{ba}	10,09 ^{ba}
Cama aviária	12,88 ^{ab}	21,82 ^{aa}	22,50 ^{aa}	23,46 ^{aa}
Esterqueira	7,54 ^{ba}	7,54 ^{ca}	8,30 ^{ca}	7,21 ^{ca}

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

Na Figura 30 observa-se a evolução do teor de Mg ao longo do tempo para os diferentes tratamentos. As curvas apresentadas para os tratamentos 1, 2 e 3 foram semelhantes, demonstrando uma tendência de aumento à medida que foram incorporados dejetos líquidos nas coletas 2 e 3, e pela redução do volume da biomassa que ocorreu na coleta 4. Para o tratamento 4 a curva se manteve estável, porém em níveis menores que os demais tratamentos.

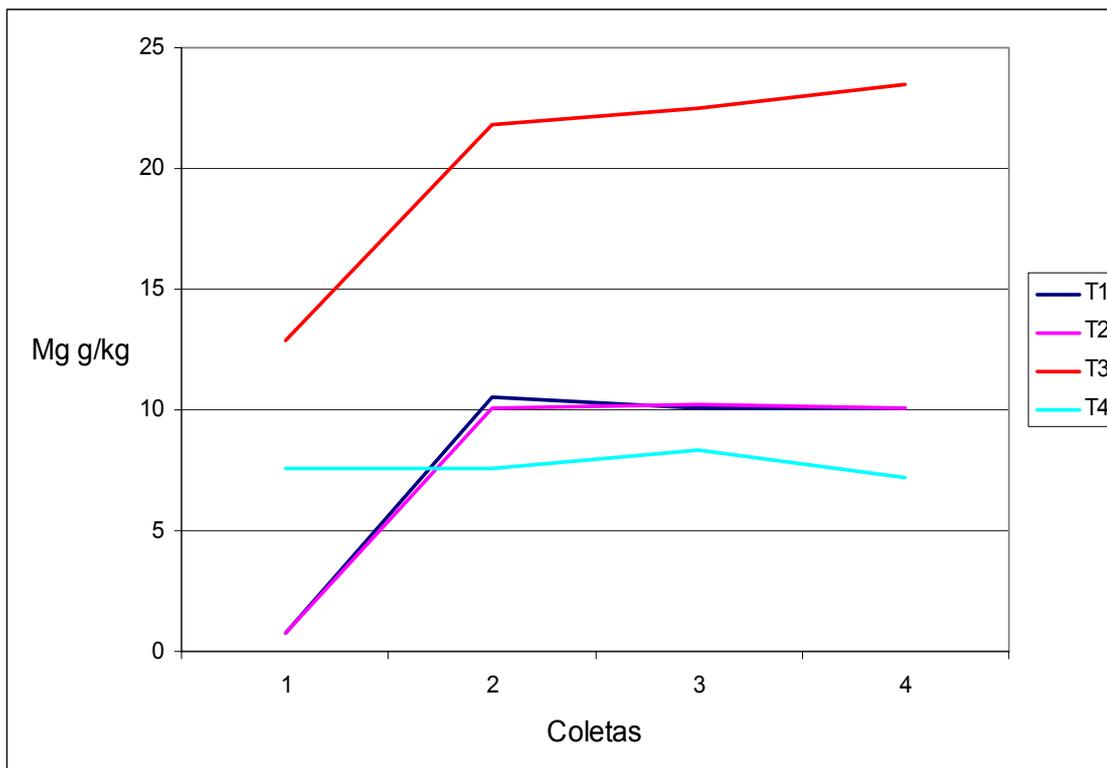


Figura 30. Evolução do teor médio de magnésio durante o período experimental.

4.4.2.5 Cobre

Na Tabela 35 verifica-se que para a coleta 1, os substratos dos tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$) com relação aos teores médios de Cu, porque tinham a mesma origem. Porém o tratamento 3 apresentou valor superior e diferente em relação aos tratamentos 1 e 2 e inferior em relação ao 4 ($P < 0,05$).

Nas coletas 2 e 3, houve um aumento significativo na concentração de Cu em relação a coleta 1, devido às consecutivas impregnações dos dejetos líquidos na biomassa, não sendo mais observadas diferenças significativas entre os tratamentos na forma sólida ($P > 0,05$). O acréscimo no teor de Cu encontrado, nos tratamentos 1, 2 e 3, pôde ser explicado pela impregnação de dejetos no decorrer do processo, e também pelo alto teor de matéria orgânica dos substratos que os compõe. O mesmo foi notado em estudo realizado com o objetivo de avaliar a afinidade dos materiais húmicos por cátions de metais pesados, de maneira que estes extraíssem da água que passava através deles, por meio de

processos de troca iônica, formando complexos insolúveis em água, conforme relatado por (BAIRD, 2002 e MATTIAS et al., 2004). Com exceção da coleta 3, o tratamento 4 diferiu de maneira significativa ($P < 0,05$) dos demais tratamentos, com uma concentração final 1,25 vezes menor do que aquela verificada na média dos tratamentos 1, 2 e 3. Cabe ressaltar que este valor esteve acima daquele preconizado por SHARMA et al. (1996) para a legislação Italiana como limite máximo de 600 mg/kg de concentração de Cu no composto para uso agrícola.

Tabela 35. Teor médio de cobre em mg/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	11,24 ^{cd}	412,41 ^{bc}	580,66 ^{ab}	802,25 ^{aA}
Maravalha	16,21 ^{cd}	410,00 ^{bc}	634,25 ^{ab}	800,95 ^{aA}
Cama aviária	87,77 ^{bd}	480,92 ^{bc}	641,80 ^{ab}	823,08 ^{aA}
Esterqueira	636,90 ^{aA}	636,90 ^{aA}	640,04 ^{aA}	643,90 ^{bA}

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

Na Figura 31, verifica-se que a evolução do teor médio de Cu na biomassa para os diferentes tratamentos na modalidade sólida segue a mesma tendência de elevação no decorrer do período experimental. A mesma tendência de aumento do teor de Cu na forma sólida de tratamento dos dejetos foi observada por HSU et al. (2001). Para o tratamento 4, houve uma tendência de estabilização para este mineral, devido à manutenção da diluição dos dejetos que ocorreu nesta forma de tratamento.

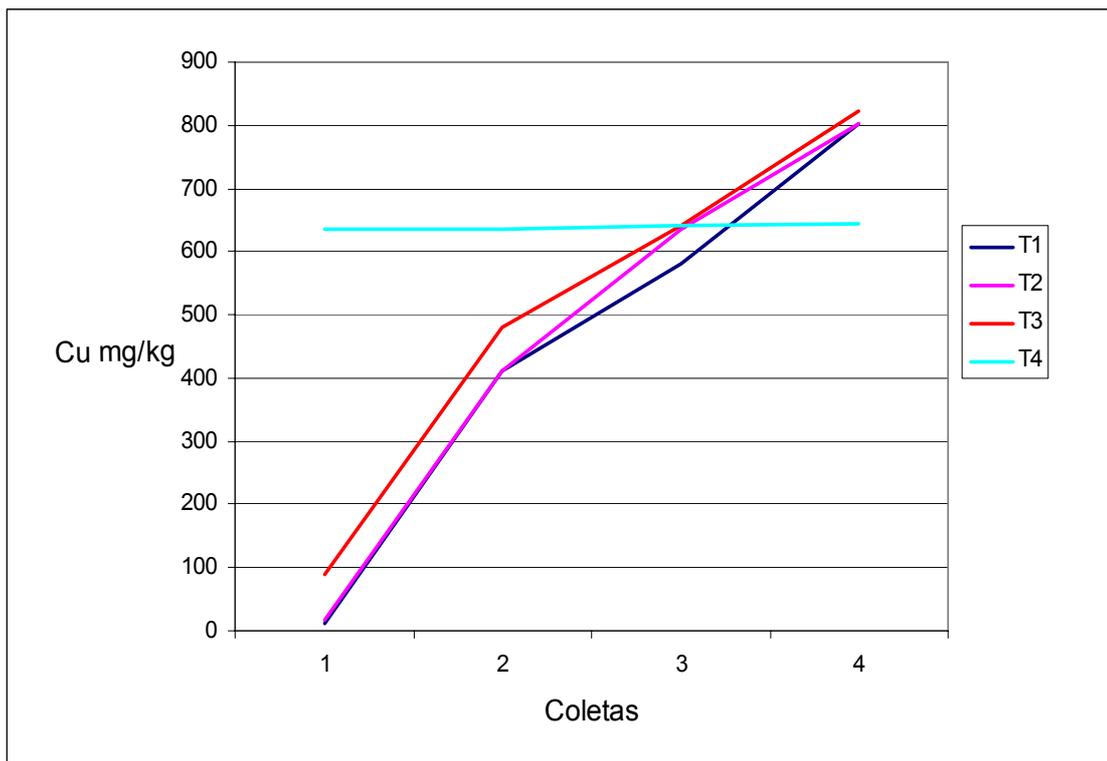


Figura 31. Evolução do teor médio de cobre durante o período experimental.

4.4.2.6 Zinco

Na coleta 1, que foi realizada antes da impregnação dos dejetos nos substratos, os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), evidenciando que a serragem e a maravalha de pinus possuem baixo teor de Zn em sua composição. Entretanto diferiram de maneira significativa ($P < 0,05$) do tratamento 3 que foi cama de aviário, e também do tratamento 4, que foi o dejetos líquido de suínos. O resultado do teor de Zn para cama de aviário na coleta 1, foi superior aos relatados por TIQUIA et al. (2000b) que encontraram 197 mg/kg e MENEZES et al. (2004) que encontraram 200 mg/kg. Para o teor de Zn encontrado nos dejetos líquidos de suínos, o resultado foi similar ao descrito por KONZEN (1980) que relatou 788 mg/kg, mas diferente daquele relatado por SCHERER (1996) que relatou 43 mg/kg.

Na coleta 2 que ocorreu logo após a impregnação dos dejetos ao substrato, observa-se nos tratamentos 1, 2 e 3 um aumento na concentração de Zn, sendo que para o tratamento 3, os valores foram maiores em função da

origem do substrato, que já apresentava um teor mais elevado de Zn. O tratamento 4 manteve-se no mesmo nível da coleta anterior.

Na coleta 3, os tratamentos 1, 2 e 3 novamente apresentaram elevação na concentração de Zn, enquanto que para o tratamento 4 não houve alteração em relação à coleta anterior.

Na coleta 4, que ocorreu na fase final do processo de compostagem, todos os tratamentos diferiram entre si ($P < 0,05$), sendo que os tratamentos 1, 2 e 3 continuaram apresentando elevação na concentração de Zn, enquanto que o tratamento 4 manteve-se estável, sendo este fato justificado pelo constante manutenção da diluição dos dejetos na esterqueira. A concentração média de Zn nos tratamentos 1, 2 e 3 (sólidos), foi 1,26 vezes superior à concentração de Zn no tratamento 4 (líquido).

Cabe ressaltar que este valor manteve-se abaixo daquele preconizado por SHARMA et al. (1996) para a legislação Italiana como limite máximo de 2500 mg/kg de concentração deste mineral no composto para uso agrícola.

Tabela 36. Teor médio de zinco em mg/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	25,93 ^{cd}	428,33 ^{bc}	600,08 ^{bb}	802,81 ^{ba}
Maravalha	19,00 ^{cd}	470,22 ^{bc}	621,42 ^{bb}	723,42 ^{ca}
Cama aviária	357,42 ^{bc}	610,67 ^{ab}	846,42 ^{aa}	941,25 ^{aa}
Esterqueira	663,56 ^{aa}	663,56 ^{aa}	662,67 ^{ba}	651,20 ^{da}

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

A Figura 32 representa o comportamento do Zn ao longo do experimento, sendo que os tratamentos 1, 2 e 3 mostram uma clara tendência de crescimento da curva de concentração do mineral. Os resultados foram semelhantes aos observados por HSU et al. (2001), os quais demonstraram que, no decorrer do processo de compostagem, ocorre uma concentração no teor de Zn. Isto pode ser explicado devido à adição dos dejetos na primeira fase (coletas 2 e 3) e às perdas de água na segunda fase (coleta 4), que reduziram o volume da biomassa, concentrando os teores do nutriente. Para o tratamento 4 o teor de Zn não se

alterou, devido à manutenção de diluição que os dejetos ficaram submetidos, quando tratados no sistema convencional.

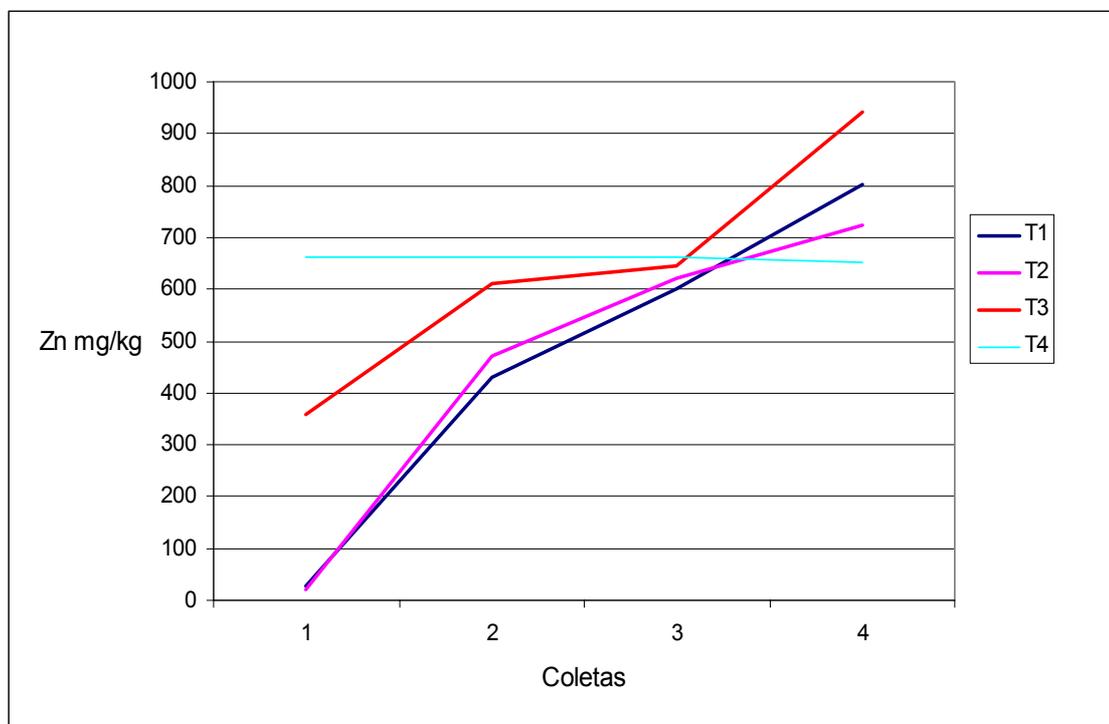


Figura 32. Evolução do teor médio de zinco durante o período experimental.

4.4.2.7 Ferro

Na Tabela 37, observa-se na coleta 1, que os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas diferiram significativamente do tratamento 3 ($P < 0,05$), e do tratamento 4 ($P < 0,05$). Os valores encontrados para o substrato do tratamento 3 foram maiores do que os demais, em função de que a cama de aviário continha um teor alto para este mineral, provavelmente pelo teor presente na dieta das aves. O tratamento 4 apresentou valores diferentes aos encontrados por KONZEN (1980) que relatou 108 mg/kg, e encontrados por SCHERER (1996) que relatou 633 mg/kg.

Nas demais coletas foram observadas uma situação semelhante para os tratamentos na forma sólida, onde houve uma elevação nos teores deste mineral, e o tratamento 4 manteve uma estabilidade em níveis menores como relatado por KONZEN (1980). Este fato pode ser justificado pela manutenção da diluição dos dejetos líquidos tratados na forma convencional. O valor observado na última

coleta para os tratamentos na forma sólida foi 6,64 vezes superior do que aquele verificado no tratamento 4, evidenciando que no processo de compostagem, ocorre uma concentração acentuada do teor de Fe, que pode ser explicado em função da redução de volume do composto, e também pelo alto teor de Fe na dieta dos animais criados em confinamento.

Tabela 37. Teor médio de ferro em mg/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	191,33 ^{cd}	1216,47 ^{bc}	2508,88 ^{bB}	4932,83 ^{bA}
Maravalha	183,79 ^{cd}	1266,80 ^{bc}	2993,92 ^{bB}	4644,33 ^{bA}
Cama aviária	7644,00 ^{aB}	7991,49 ^{aB}	9208,67 ^{aAB}	10705,33 ^{aA}
Esterqueira	1064,43 ^{bA}	1064,43 ^{ca}	1084,30 ^{ca}	1045,80 ^{ca}

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

Na Figura 33, visualiza-se a evolução do teor de Fe ao longo do tempo para os diferentes tratamentos. As curvas para os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram uma mesma tendência, demonstrando uma elevação à medida que foram sendo incorporados dejetos líquidos na fase 1, e pela redução do volume da biomassa que ocorreu na fase 2. Entretanto para o tratamento 4 a curva se manteve estável, em níveis menores.

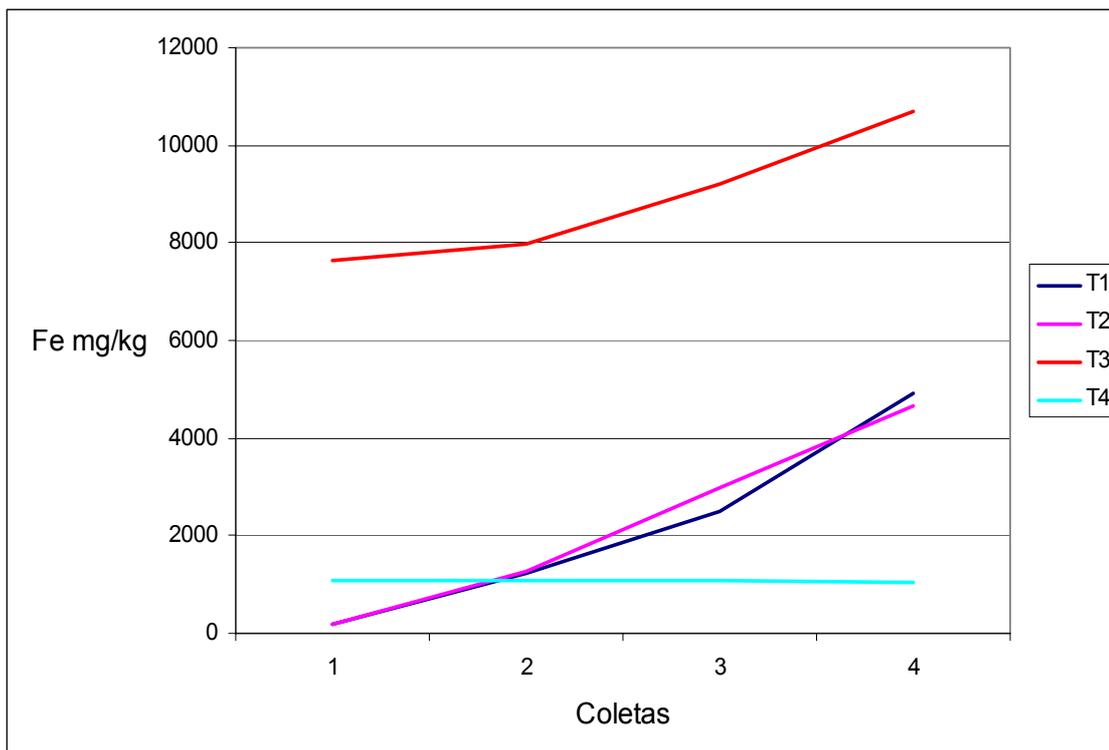


Figura 33. Evolução do teor médio de ferro durante o período experimental.

4.4.2.8 Manganês

Na Tabela 38, observa-se na coleta 1, que os tratamentos 1 e 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas diferiram do tratamento 3 ($P < 0,05$), e do 4 ($P < 0,05$). Os valores encontrados para o substrato do tratamento 3 foram elevados, em relação aos substratos dos tratamentos 1 e 2, em função de que a cama de aviário continha um teor alto para este mineral. O tratamento 4 apresentou valores para Mn, semelhantes aos relatados por KONZEN (1980) que encontrou 647 mg/kg, e diferentes daqueles relatados por SCHERER (1996) que relatou 350 mg/kg.

Na coleta 2, todos os tratamentos não diferiram entre si ($P > 0,05$), sendo que aqueles na forma sólida apresentaram elevação nos teores do mineral pela adição de dejetos, enquanto que o tratamento 4 manteve-se estável.

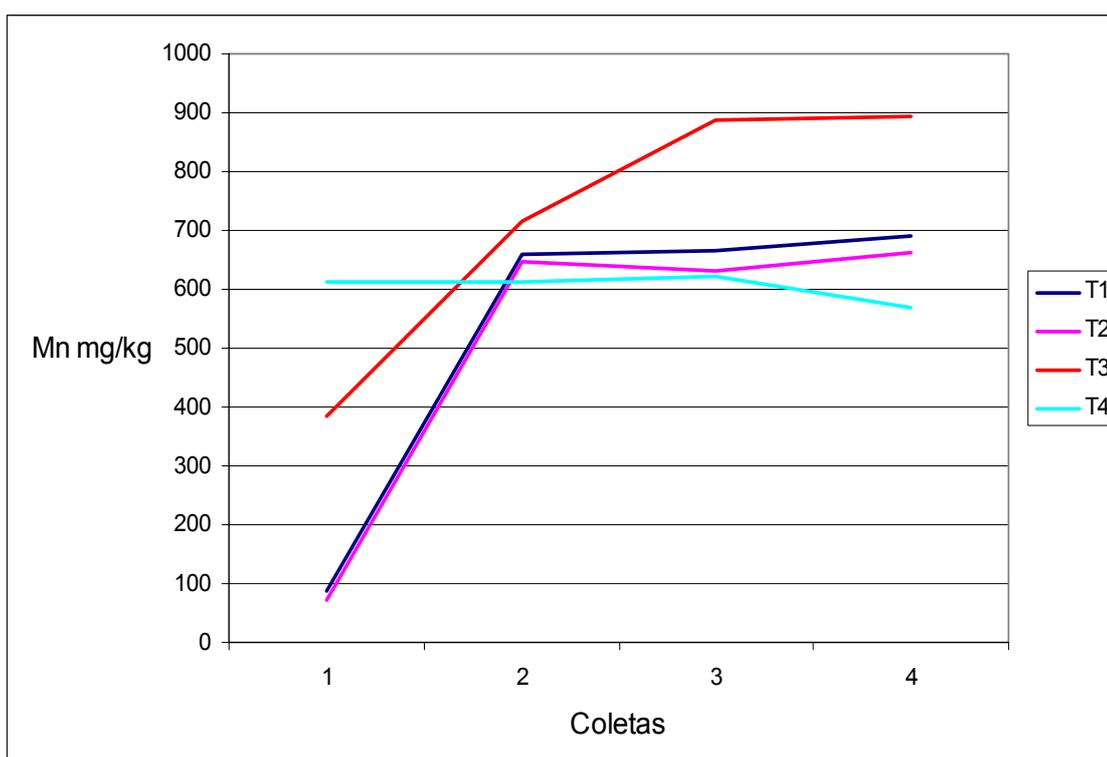
Nas coletas 3 e 4, os tratamentos 1, 2 e 4 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas sim do tratamento 3, isto pode ser explicado pela origem do substrato que já continha um teor maior de Mn em sua composição.

Tabela 38. Teor médio de manganês em mg/kg, de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	87,68 ^{CB}	659,42 ^{aA}	665,33 ^{bA}	689,96 ^{bA}
Maravalha	71,52 ^{CB}	648,17 ^{aA}	630,39 ^{bA}	662,77 ^{bA}
Cama aviária	383,69 ^{bB}	717,08 ^{aA}	886,17 ^{aA}	893,33 ^{aA}
Esterqueira	613,12 ^{aA}	613,12 ^{aA}	623,35 ^{bA}	567,95 ^{bA}

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

Na Figura 34, verifica-se a evolução do teor de Mn ao longo do tempo para os diferentes tratamentos. As curvas apresentadas para os tratamentos 1, 2 e 3 foram semelhantes, demonstrando uma tendência de aumento à medida que foram incorporados dejetos líquidos na fase 1 (coletas 2 e 3), e pela redução do volume da biomassa que ocorreu na fase 2 (coleta 4). Resultados similares foram relatados por HSU et al. (2001). Todavia para o tratamento 4 a curva se manteve estável ao longo do período experimental, conforme esperado.

**Figura 34.** Evolução do teor médio de manganês durante o período experimental.

4.4.2.9 Matéria orgânica

Na Tabela 39, os tratamentos 1 e 2 para a coleta 1 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas do tratamento 3 ($P < 0,05$). Esta diferença pôde ser explicada pelo fato de que a cama de aviário, utilizada como substrato, já sofreu um processo de estabilização onde ocorre uma redução no teor de matéria orgânica, entretanto o resultado encontrado foi superior ao relatado por MENEZES et al. (2004) que foi de 34%.

Na coleta 2, que ocorreu logo após a impregnação dos dejetos nos substratos, os três tratamentos diferiram entre si ($P < 0,05$), com o maior valor observado para o tratamento 2.

Nas coletas 3 e 4, os tratamentos 1 e 2 voltaram a apresentar uma similaridade entre si ($P > 0,05$), diferindo do tratamento 3 ($P < 0,05$). O valor menor no teor de matéria orgânica encontrado para o tratamento 3, em relação aos tratamentos 1 e 2, no final do processo, foi um reflexo da composição original dos substratos.

Tabela 39. Percentual de matéria orgânica em base seca de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Serragem	97,38 ^{aA}	83,32 ^{bB}	85,40 ^{aB}	82,40 ^{aB}
Maravalha	98,48 ^{aA}	90,79 ^{aAB}	86,44 ^{aBC}	82,59 ^{aC}
Cama aviária	73,30 ^{bA}	71,21 ^{cA}	70,57 ^{bA}	67,95 ^{bA}

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

Na Figura 35, pode-se visualizar a tendência de redução do teor de matéria orgânica que ocorreu em todos os tratamentos ao longo do período experimental, embora para o tratamento 3 não tenha havido diferença significativa entre a primeira e a quarta coleta durante o período do experimento. Esta diminuição foi similar àquelas observadas por KIEHL (1985), HE et al. (1995) SHARMA et al. (1996), TIQUIA et al. (1998b), TIQUIA et al. (2000a), TIQUIA et al. (2000b), onde a degradação do carbono pelos microorganismos, para obtenção de energia e a liberação de CO_2 e H_2O para o meio ambiente, reduziram o teor de matéria orgânica e aumentaram a concentração de componentes minerais.

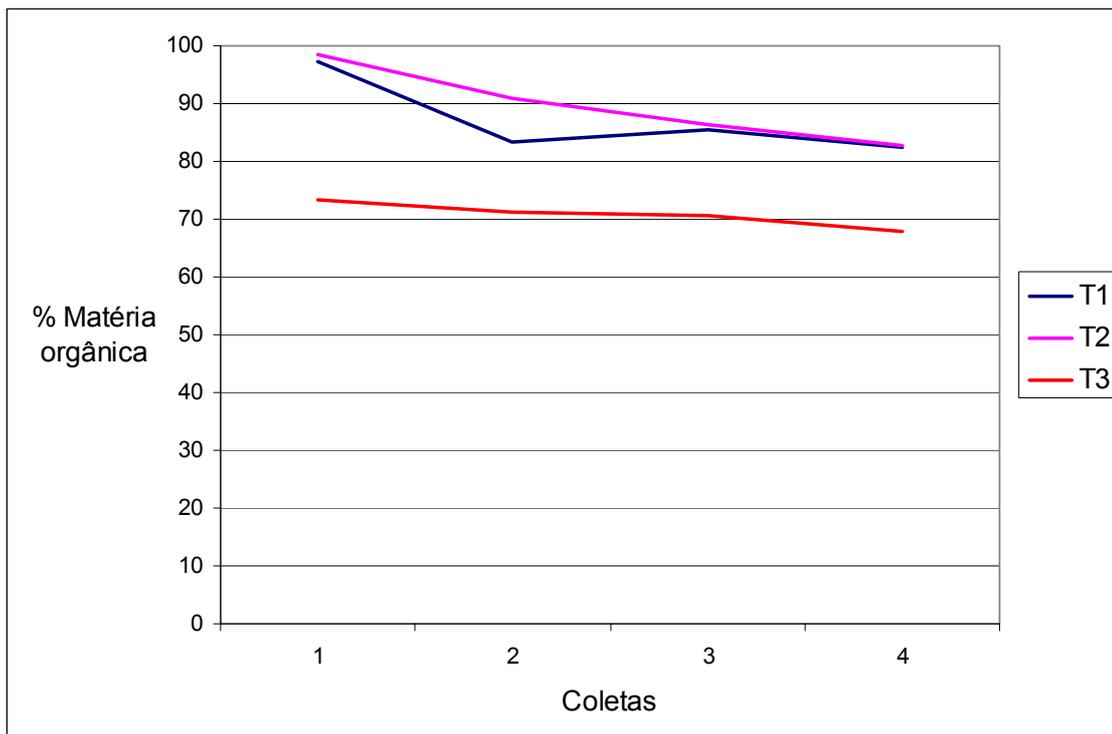


Figura 35. Evolução do percentual de matéria orgânica durante o período experimental.

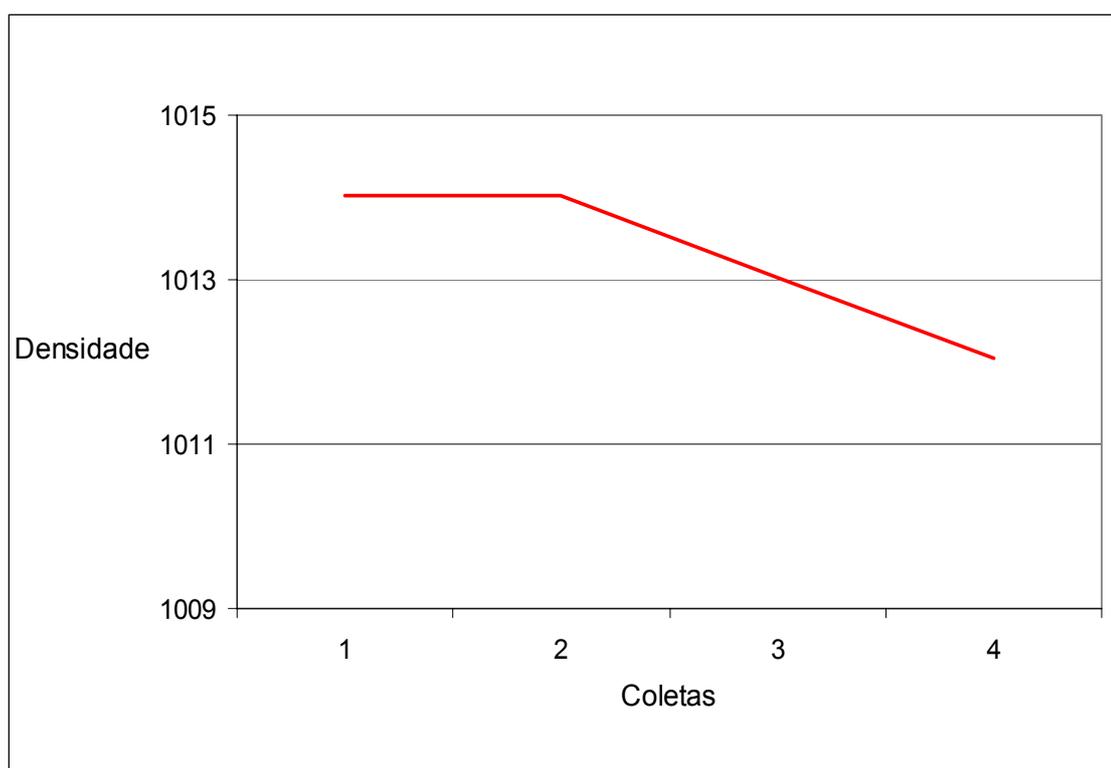
4.4.3 Densidade dos dejetos no tratamento 4

Na Tabela 40 observa-se que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos, para os valores de densidade dos dejetos líquidos, encontrados nas 4 coletas, embora, a diferença entre a coleta 4 que apresentou 1012 de densidade e a coleta 1 que apresentou 1014, signifique uma diferença no percentual de matéria seca de 2,31 para 2,70, no percentual de nitrogênio de 0,31 para 0,37, no percentual de fósforo 0,18 para 0,22 e no percentual de potássio de 0,21 para 0,23, semelhante ao relatado por OLIVEIRA (1993).

Tabela 40. Densidade média dos dejetos líquidos de acordo com as coletas.

Tratamento	Coleta			
	1	2	3	4
Esterqueira	1014	1014	1013	1012

Na Figura 36, nota-se à cinéque ocorreu com a variável densidade, ao longo do período experimental para os dejetos tratados em esterqueira convencional, pois, embora não tenha havido diferença significativa entre as coletas ($P > 0,05$), houve uma tendência de redução, provavelmente, em função da degradação por parte dos microorganismos anaeróbios, bem como pela incorporação de água pluvial, pois as esterqueiras usadas no sistema convencional eram abertas.

**Figura 36.** Evolução da densidade dos dejetos durante o período experimental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no experimento permitem as seguintes considerações:

1. O tratamento de dejetos de suínos através da compostagem, pode ser recomendada para utilização como tratamento dos resíduos da suinocultura.

2. O tratamento de dejetos de suínos através da compostagem, atinge temperaturas internas elevadas (37 dias acima de 60 °C), sendo uma garantia de redução de microorganismos patogênicos.

3. O tratamento de dejetos de suínos através da compostagem, reduz o volume de dejetos e aumenta o peso específico do composto produzido por animal.

4. O tratamento de dejetos de suínos através da compostagem, modifica a apresentação física dos dejetos, facilitando a armazenagem e o transporte do composto.

5. O tratamento de dejetos de suínos através da compostagem, concentra os nutrientes, agregando maior valor ao produto final para uso agrônômico.

6. O tratamento de dejetos de suínos através da compostagem, reduz o impacto ambiental da suinocultura.

6. CONCLUSÃO

O sistema de tratamento de dejetos de suínos através da compostagem é efetivo no tratamento dos resíduos da suinocultura, permitindo o incremento da população de suínos, em granjas, com reduzida área para o gerenciamento dos dejetos, sem a necessidade de alterações nas edificações, bem como no manejo zootécnico da produção, produzindo um composto com propriedades agronômicas e, ao mesmo tempo, melhorando a sustentabilidade ambiental da suinocultura.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Fontes de contaminação de solos e qualidade de vida. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 17, 1999, Brasília, DF. CD-ROM. EMBRAPA CERRADOS, 1999.
- ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA, **ANUALPEC 2002**, FNP – consultoria e comércio ed. Argos Comunicação, 400 p. São Paulo, SP, 2002.
- ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE SUÍNOS DO RIO GRANDE DO SUL – ACSURS**. Disponível em: <http://www.acsurs.com.br>. Acesso em: fevereiro de 2006.
- AVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, **Circular Técnica n. 16**, 1992.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2º ed. Porto Alegre: Bookman, 622 p. 2002.
- BARRINGTON, S.; CHOINIÈRE, D.; TRIGUI, M.; KNIGHT, W. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. **Bioresource technology**, 83, p. 189-194, 2002.
- BELLAVER, C.; GUIDONI, A. L.; LIMA, G. M. M.; LA GIOIA, D. Fornecimento de água dentro do comedouro e efeitos no desempenho, carcaça e efluentes da produção de suínos. **Anais do Congresso da ABRAVES**, Belo Horizonte, MG, 1999.
- BIDONE, F. R. A. Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES/RJ**, 2001.
- CANABARRO, D. V. N.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; AMARAL, E. B. Dinâmica do nitrogênio e do carbono durante a decomposição de dejetos de suínos manejados na forma líquida e em cama sobreposta. **FERTIBIO 2004**, 19-23 de julho, Lages SC, CD-ROM, 4 p., 2004.
- CENTRO DE PESQUISA DA PEQUENA PROPRIEDADE DE VERANÓPOLIS **FEPAGRO-SERRA**, Informações meteorológicas, Veranópolis, RS, 2005.
- CHIUCHETTA, O.; OLIVEIRA, P. A. V. Variação cambial e sua influência na utilização agrônômica dos dejetos suínos sólidos como fertilizante. **Anais do 1º Congresso Latino Americano de Suinocultura**. Foz do Iguaçu, PR, p. 293-294, 2002.
- CORRÊA, E. K. **Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação**. Pelotas, 1998. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, 1998.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de Dejetos de Suínos. **Boletim Informativo de Pesquisa (BIPERS)**. EMBRAPA-CNPISA e EMATER-RS, 45 p., 1998.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Boletim informativo de coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. EMATER-RS e EMBRAPA-CNPISA, 2002.

EDWARDS, D. R.; DANIEL, T. C. Effects of poultry litter application rate and rainfall intensity on quality of runoff from fescue grass plots. **Journal of Environmental Quality**, v.22, p.361-365, 1993.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; PARCHEN, C. A. P.; SELBACH, P. A. Bactérias enteropatogênicas em composto domiciliar, solo e planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.17, p. 365-369, 1993.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Manual prático para compostagem de biossólidos. **ABES**, Rio de Janeiro, RJ, 1999.

FINSTEIN, M. S.; MILLER, F. C.; HOGAN, J. A.; STROM, P. A. Analysis of EPA guidance on sludge composting. Part I. Biological heat generation and temperature. **Bio Cycle**, Emmaus, v.28, p. 56-61, 1987.

FLOTATS, X. Gestión y tratamiento de purines de cerdo. **Informativo Porcino, Rotecna**, ano IV, n. 11, junho 2000.

FUKUMOTO, Y.; OSADA, T.; HANAJIMA, D.; HAGA, K. Patterns and quantities of NH₃, N₂O, and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration – effect of compost pile scale. **Bioresource Technology**, 89, p. 109-114, 2003.

GIROTTI, A. F.; CHIOCHETTA, O. Aspectos econômicos do transporte e utilização dos dejetos. In **Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos PNMA II – Gestão Integrada de Ativos Ambientais – Santa Catarina**, 2004.

HE, X. T.; LOGAN, T. J.; TRAINA, S. J. Physical and chemical characteristics of selected U. S. municipal solid waste composts. **Journal of Environmental Quality**, 24, p. 543-552, 1995.

HSU, J. H.; LO, S.L. Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese, and zinc from swine manure. **Environmental Pollution**, n.114, p.119-127, 2001.

IANNOTTI, D. A.; GREBUS, M. E.; TOTH, B. L., MADDEN, L. V. HOITINK, H. A J. Oxygen respirometry to asses stability and maturity of composted municipal solid waste. **Journal of Environmental Quality**, 23, p. 1177-1183, 1994.

IMBEHA, M. Composting piggery waste: review. **Bioresource Technology**, 63, p. 197-203, 1998.

KIEHL, E. J., **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda., São Paulo, SP, 492 p., 1985.

KIEHL E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto, Piracicaba, SP. 4º ed., 173 p., 2004.

KONZEN, E. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida**. Belo Horizonte, 1980, 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Minas Gerais, 1980.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização dos dejetos de suínos. **Circular Técnica n. 6** Concórdia, SC, EMBRAPA-CNPASA, 1983.

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

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

KONZEN, E. A. Manejo e utilização de dejetos: Solução para o produtor de suínos. **5º Rodada Goiana de tecnologia em manejo de suínos**. Goiânia, GO, p. 27-38, 2001.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização dos dejetos de suínos. **Pork World n. 5**, março/abril de 2002.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. Sete Lagoas, MG. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br>> Acesso em: setembro de 2003.

LAU, A. K.; LIAO, P. H.; LO, K. V., Evaluation of swine waste composting in vertical reactors. **Journal Environmental Science Health**, 28 (4): 761-777, 1993.

LAU, A. K.; LO, K. V.; LIAU, P. H.; YU, J. C. Aeration experiments for swine waste composting. **Bioresource Technology**, 41, p. 145-152, 1992.

LIMA, G. J. M. M. O papel do nutricionista no controle da poluição ambiental por dejetos de suínos. **Curso de nutrição de suínos e aves**. Concórdia, SC, EMBRAPA-CNPASA, p. 1-9, 1996.

LIMA, G. J. M. M.; VIOLA, E. S.; NONES, K. Efeito do nível de cobre e zinco, inorgânico ou quelatado, sobre o desempenho e composição de carcaça de suínos em crescimento e terminação. **Congresso Brasileiro da Associação de Veterinários Especialistas em Suínos**, Belo Horizonte, MG, 1999.

LINDNER, E. A. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPASA, 106 p., 1995.

LOPES, S. Introdução à ecologia e estrutura dos ecossistemas. In: LOPES, S. **Bio**, Volume único, ed. Saraiva, 1º ed., 608 p., 1999.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. B.; OLIVEIRA, R. A. Possibilidade de uso de dejetos no meio rural. **WORKSHOP: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA**, Campinas, SP, 1999.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. B. Impacto ambiental causado pela produção de frangos de corte. **Conferência APINCO 2003 de Ciência e Tecnologia Avícolas**, 2003.

MATOS, A. T.; VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; RIBEIRO, N. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuais da suinocultura como fonte de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 2, n. 2, p. 199-203, 1998.

MATTIAS, J. L.; MOREIRA, I. C. L.; CERETTA, C. A.; POCOJESKI, E.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E. Lixiviação de cobre, zinco e manganês no solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos. **FERTIBIO 2004**, 19 a 23 de julho, Lages SC, CD-ROM. 4 p., 2004.

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

MENEZES J.F.S.; KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; PIMENTA, F. F. Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica. **Boletim Técnico n. 3**, FESURV, Rio Verde, GO, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes – métodos oficiais**, Serviço Nacional de Defesa Agropecuária, Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 104 p., 1983.

MIRANDA, C. R.; SANTOS FILHO, J. I. A situação dos dejetos suínos na região da AMAUC-SC. **IX Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos**, Belo Horizonte MG, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Swine. Washington, National Academy Press, p. 93, 1998.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Editora Guanabara Koogan SA, 434 p., 1988.

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A.; ARRIADA, A. A. Compostagem e utilização de cama na suinocultura. In: **Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos e Tecnologia da Produção de Rações**, 1., 2001, Campinas, SP. Anais: CBNA, p. 391-406, 2001.

OLIVEIRA, P. A. V. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. **Série Documentos nº 27**, EMBRAPA/CNPSA, 188 p., 1983.

OLIVEIRA, P. A. V. Modelo matemático para estimar a evaporação da água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha

e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 398-406, set/dez 2003.

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

OLIVEIRA, P. A. V.; CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; NUNES, M. L. A.; HIGARASHI, M. M. Compostagem usada para o tratamento de dejetos de suínos. **PORK EXPO América Latina**, Foz do Iguaçu, PR, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V.; DAI PRÁ, M. A.; KONZEN, E. A. Unidade de transformação dos dejetos líquidos em composto orgânico. In: **Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos PNMA II** – Gestão integrada de Ativos Ambientais – Santa Catarina, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V.; SILVA, A. P. Edificações para a produção de suínos enfocando os aspectos ambientais. In: **Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos PNMA II** – Gestão integrada de Ativos Ambientais – Santa Catarina, 2004.

PAULETTO, E. A. **Determinação de Atributos Físicos do Solo – Manual de Laboratório**, FAEM-UFPEL, 59 p., 1997, (trabalho não publicado).

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento dos dejetos de suínos. **Suinocultura Industrial**, n. 152, junho-julho de 2001.

PERDOMO, C. C. Custos do dejetos suíno. **Suinocultura Industrial**, n° 07, p. 12-15, 2002.

PEREIRA NETO, J. T. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. **Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, RJ, v. 27, p. 148-152, 1988.

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

PILLON, C. N. Agricultura e efeito estufa: desafios e oportunidades. **Suinocultura Industrial**, n. 154, p. 13-20, 2001.

POWER REIS, M. F.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SELBACH, P. A. Curso teoria e prática da compostagem de resíduos sólidos urbanos, **Associação Brasileira de engenharia sanitária e ambiental – ABES/RS**, Universidade de Passo Fundo, julho de 2003.

ROPPA, L. A Suinocultura na América Latina. In: **I Congresso Latino Americano de Suinocultura**. Foz do Iguaçu, PR. 2002.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizante. **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**. EMBRAPA-CNPSA, 1994.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; ROSSO, A. Utilização de dejetos de suínos como fertilizante. In: SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; ROSSO, A. **Aspectos Práticos de Manejo de Dejetos**. 1ª Ed. Florianópolis, EPAGRI e EMBRAPA-CNPSA, 106 p., 1995.

SCHERER, E. E. Teores de micronutrientes no esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, SC, dezembro de 1996.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense. **Boletim técnico** n. 079, EPAGRI, 1996.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos de suínos. **FERTIBIO 2004**, 19-23 de julho, Lages SC, CD-ROM, 4 p., 2004.

SEGANFREDO, M. A. Dejetos animais: a dupla face benefício ou prejuízo. **Guia Suinocultura Industrial**, n. 9, 2004.

SEGANFREDO, M. A. Embrapave 0008: Equação de dejetos, EMBRAPA-CNPSA, 2003. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acesso em: outubro de 2003.

SESAY, A. A.; LASSARIDI, K.; STENTIFORD, E.; BUDD, T. Controlled composting of paper pulp sludge using the aerated static pile method. **Compost Science Utilization**. 5 (1): 82-96, 1997.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**, v. 38, n. 5, p. 453-478, 1997.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**, 3º ed. UFV, 235 p. 2004.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microorganismos e processos biológicos no solo: perspectiva ambiental**. EMBRAPA-CNPSO. Brasília, DF, 142 p., 1994.

TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. **Análise de solo plantas e outros materiais**. Porto Alegre. Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 174 p., 1995.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Microbial activities during composting of spent pig manure sawdust litter at different moisture contents. **Bioresource Technology**, 55, p. 201-206, 1996.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Salmonella elimination during composting of spent pig litter. **Bioresource Technology**, 63, p 193-196, 1998a.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Changes in chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 67, p. 79-89, 1998b.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technology**, 65, p. 43-49, 1998c.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Co-composting of spent pig litter and sludge with forced-aeration. **Bioresource technology**, 72, p. 1-7, 2000a.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, 110, p. 535-541, 2000b.

VICTÓRIA, F. R. B. Transporte e distribuição de dejetos de suínos nas lavouras. **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**. EMBRAPA-CNPSA, 1994.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**. Article in press, 2005.

ZHU, N.; DENG, C.; XIONG, Y., QIAN, H. Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. **Bioresource Technology**, 95, p. 319-326, 2004.

8. APÊNDICE

Tabela 1. Valores de pH para a primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	pH	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	4,93			
2	1	1	4,34			
3	1	1	4,89			
4	1	1	4,09	4,56	0,415	9,097
5	2	1	5,12			
6	2	1	4,86			
7	2	1	4,43			
8	2	1	4,78	4,80	0,286	5,971
9	3	1	8,56			
10	3	1	8,18			
11	3	1	7,78			
12	3	1	8,72	8,31	0,418	5,026
13	4	1	7,30			
14	4	1	6,81			
15	4	1	7,00			
16	4	1	7,80	7,23	0,431	5,964

Tabela 2. Valores de pH para a segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	pH	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	7,34			
2	1	2	7,99			
3	1	2	7,39			
4	1	2	8,06	7,70	0,384	4,984
5	2	2	7,06			
6	2	2	8,32			
7	2	2	8,06			
8	2	2	8,36	7,95	0,608	7,650
9	3	2	8,18			
10	3	2	8,06			
11	3	2	7,59			
12	3	2	8,30	8,03	0,308	3,833
13	4	2	7,30			
14	4	2	6,81			
15	4	2	7,00			
16	4	2	7,80	7,23	0,431	5,964

Tabela 3. Valores de pH para a terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	pH	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	8,85			
2	1	3	8,49			
3	1	3	8,94			
4	1	3	7,89	8,54	0,475	5,555
5	2	3	8,13			
6	2	3	8,73			
7	2	3	8,56			
8	2	3	8,32	8,44	0,265	3,143
9	3	3	7,79			
10	3	3	7,59			
11	3	3	8,01			
12	3	3	7,43	7,71	0,252	3,264
13	4	3	7,27			
14	4	3	6,87			
15	4	3	7,63			
16	4	3	7,96	7,43	0,468	6,295

Tabela 4. Valores de pH para a quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	pH	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	7,02			
2	1	4	7,31			
3	1	4	7,96			
4	1	4	7,95	7,56	0,468	6,193
5	2	4	7,45			
6	2	4	7,25			
7	2	4	7,77			
8	2	4	7,92	7,60	0,300	3,954
9	3	4	7,99			
10	3	4	7,67			
11	3	4	7,77			
12	3	4	7,96	7,85	0,155	1,975
13	4	4	7,22			
14	4	4	6,90			
15	4	4	7,91			
16	4	4	8,10	7,53	0,566	7,519

Tabela 5. Percentual de matéria seca na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mat. Seca	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	61,75			
2	1	1	83,32			
3	1	1	83,31			
4	1	1	65,77	73,54	11,408	15,514
5	2	1	87,48			
6	2	1	87,17			
7	2	1	91,31			
8	2	1	89,88	88,96	1,982	2,228
9	3	1	86,31			
10	3	1	83,11			
11	3	1	82,85			
12	3	1	81,58	83,47	2,011	2,409
13	4	1	2,78			
14	4	1	2,60			
15	4	1	2,82			
16	4	1	1,89	2,52	0,431	17,093

Tabela 6. Percentual de matéria seca na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mat. Seca	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	22,65			
2	1	2	17,96			
3	1	2	21,82			
4	1	2	23,18	21,40	2,360	11,027
5	2	2	21,28			
6	2	2	18,54			
7	2	2	19,79			
8	2	2	11,50	17,78	4,332	24,370
9	3	2	22,32			
10	3	2	36,29			
11	3	2	27,35			
12	3	2	27,17	28,28	5,827	20,601
13	4	2	2,78			
14	4	2	2,60			
15	4	2	2,82			
16	4	2	1,89	2,52	0,431	17,093

Tabela 7. Percentual de matéria seca na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mat. Seca	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	45,66			
2	1	3	28,35			
3	1	3	40,26			
4	1	3	30,97	36,31	8,059	22,196
5	2	3	12,52			
6	2	3	20,51			
7	2	3	20,72			
8	2	3	20,01	18,44	3,958	21,466
9	3	3	32,18			
10	3	3	30,80			
11	3	3	28,53			
12	3	3	29,08	30,15	1,667	5,531
13	4	3	2,23			
14	4	3	2,94			
15	4	3	2,00			
16	4	3	2,97	2,54	0,491	19,365

Tabela 8. Percentual de matéria seca na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mat. Seca	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	61,18			
2	1	4	60,12			
3	1	4	63,26			
4	1	4	62,99	61,89	1,498	2,421
5	2	4	55,23			
6	2	4	51,85			
7	2	4	54,00			
8	2	4	49,79	52,72	2,402	4,557
9	3	4	46,81			
10	3	4	42,77			
11	3	4	43,41			
12	3	4	44,60	44,40	1,778	4,006
13	4	4	2,13			
14	4	4	2,09			
15	4	4	2,63			
16	4	4	1,69	2,14	0,387	18,131

Tabela 9. Percentual de nitrogênio total na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% Nitrogênio	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	0,26			
2	1	1	0,23			
3	1	1	0,30			
4	1	1	0,26	0,26	0,031	11,820
5	2	1	0,40			
6	2	1	0,34			
7	2	1	0,18			
8	2	1	0,26	0,29	0,093	31,721
9	3	1	2,98			
10	3	1	2,65			
11	3	1	3,03			
12	3	1	3,03	2,92	0,182	6,221
13	4	1	1,66			
14	4	1	1,58			
15	4	1	1,61			
16	4	1	1,55	1,60	0,047	2,932

Tabela 10. Percentual de nitrogênio total na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% Nitrogênio	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	1,53			
2	1	2	1,35			
3	1	2	2,43			
4	1	2	1,84	1,79	0,474	26,524
5	2	2	2,30			
6	2	2	2,17			
7	2	2	1,17			
8	2	2	1,38	1,76	0,565	32,165
9	3	2	2,99			
10	3	2	2,74			
11	3	2	3,01			
12	3	2	3,03	2,94	0,138	4,704
13	4	2	1,66			
14	4	2	1,58			
15	4	2	1,61			
16	4	2	1,55	1,60	0,047	2,932

Tabela 11. Percentual de nitrogênio total na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% Nitrogênio	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	2,11			
2	1	3	1,83			
3	1	3	1,86			
4	1	3	1,94	1,93	0,127	6,567
5	2	3	2,18			
6	2	3	1,78			
7	2	3	1,61			
8	2	3	2,48	2,01	0,395	19,643
9	3	3	2,12			
10	3	3	2,91			
11	3	3	2,95			
12	3	3	3,07	2,76	0,434	15,728
13	4	3	1,84			
14	4	3	1,85			
15	4	3	1,76			
16	4	3	1,75	1,80	0,052	2,905

Tabela 12. Percentual de nitrogênio total na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% Nitrogênio	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	2,11			
2	1	4	1,93			
3	1	4	2,02			
4	1	4	2,22	2,07	0,123	5,953
5	2	4	2,15			
6	2	4	2,21			
7	2	4	2,06			
8	2	4	2,15	2,14	0,062	2,901
9	3	4	2,12			
10	3	4	2,60			
11	3	4	2,52			
12	3	4	2,31	2,39	0,215	9,021
13	4	4	1,43			
14	4	4	1,37			
15	4	4	1,38			
16	4	4	1,44	1,41	0,035	2,500

Tabela 13. Teor de fósforo em g/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	P g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	0,31			
2	1	1	0,29			
3	1	1	0,43			
4	1	1	0,33	0,34	0,064	18,717
5	2	1	0,26			
6	2	1	0,34			
7	2	1	0,39			
8	2	1	0,33	0,33	0,054	16,225
9	3	1	11,13			
10	3	1	13,24			
11	3	1	10,04			
12	3	1	12,07	11,62	1,361	11,717
13	4	1	13,51			
14	4	1	13,36			
15	4	1	12,94			
16	4	1	13,83	13,41	0,370	2,756

Tabela 14. Teor de fósforo em g/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	P g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	12,28			
2	1	2	15,01			
3	1	2	14,48			
4	1	2	16,95	14,68	1,919	13,069
5	2	2	14,49			
6	2	2	11,33			
7	2	2	13,93			
8	2	2	13,21	13,24	1,378	10,407
9	3	2	20,31			
10	3	2	25,35			
11	3	2	20,80			
12	3	2	16,13	20,65	3,772	18,270
13	4	2	13,51			
14	4	2	13,36			
15	4	2	12,94			
16	4	2	13,83	13,41	0,370	2,756

Tabela 15. Teor de fósforo em g/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	P g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	18,67			
2	1	3	14,43			
3	1	3	17,51			
4	1	3	14,35	16,24	2,190	13,488
5	2	3	18,58			
6	2	3	13,42			
7	2	3	17,33			
8	2	3	15,71	16,26	2,228	13,704
9	3	3	23,80			
10	3	3	27,31			
11	3	3	27,72			
12	3	3	23,66	25,62	2,194	8,561
13	4	3	14,43			
14	4	3	12,67			
15	4	3	11,85			
16	4	3	16,65	13,90	2,126	15,294

Tabela 16. Teor de fósforo em g/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	P g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	19,33			
2	1	4	18,25			
3	1	4	16,56			
4	1	4	15,54	17,42	1,694	9,726
5	2	4	19,32			
6	2	4	16,74			
7	2	4	16,88			
8	2	4	18,02	17,74	1,199	6,761
9	3	4	23,73			
10	3	4	29,14			
11	3	4	29,47			
12	3	4	27,71	27,51	2,636	9,579
13	4	4	14,04			
14	4	4	15,21			
15	4	4	13,54			
16	4	4	9,48	13,07	2,492	19,070

Tabela 17. Teor de potássio em g/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	K g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	0,75			
2	1	1	0,59			
3	1	1	0,66			
4	1	1	0,72	0,68	0,071	10,399
5	2	1	0,79			
6	2	1	1,12			
7	2	1	0,50			
8	2	1	0,66	0,77	0,264	34,271
9	3	1	27,87			
10	3	1	34,85			
11	3	1	30,85			
12	3	1	29,43	30,75	2,994	9,736
13	4	1	10,41			
14	4	1	9,35			
15	4	1	9,48			
16	4	1	8,20	9,36	0,906	9,680

Tabela 18. Teor de potássio em g/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	K g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	7,12			
2	1	2	8,47			
3	1	2	12,13			
4	1	2	13,29	10,25	2,930	28,580
5	2	2	13,92			
6	2	2	11,78			
7	2	2	11,76			
8	2	2	11,06	12,13	1,239	10,218
9	3	2	27,08			
10	3	2	39,38			
11	3	2	34,46			
12	3	2	30,55	32,87	5,285	16,079
13	4	2	10,41			
14	4	2	9,35			
15	4	2	9,48			
16	4	2	8,20	9,36	0,906	9,680

Tabela 19. Teor de potássio em g/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	K g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	9,45			
2	1	3	10,23			
3	1	3	12,98			
4	1	3	15,35	12,00	2,697	22,469
5	2	3	14,35			
6	2	3	12,08			
7	2	3	11,34			
8	2	3	11,35	12,28	1,423	11,587
9	3	3	36,28			
10	3	3	34,17			
11	3	3	39,10			
12	3	3	33,25	35,70	2,597	7,276
13	4	3	8,75			
14	4	3	9,12			
15	4	3	7,94			
16	4	3	11,03	9,21	1,310	14,219

Tabela 20. Teor de potássio em g/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	K g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	10,53			
2	1	4	11,46			
3	1	4	12,91			
4	1	4	14,34	12,31	1,671	13,570
5	2	4	16,81			
6	2	4	12,60			
7	2	4	12,54			
8	2	4	13,65	13,90	2,005	14,424
9	3	4	34,03			
10	3	4	39,12			
11	3	4	43,85			
12	3	4	45,80	40,70	5,257	12,917
13	4	4	8,15			
14	4	4	9,02			
15	4	4	8,34			
16	4	4	9,41	8,86	0,645	7,281

Tabela 21. Teor de cálcio em g/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Ca g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	13,00			
2	1	1	8,95			
3	1	1	10,10			
4	1	1	10,67	10,68	1,707	15,985
5	2	1	9,45			
6	2	1	11,12			
7	2	1	10,16			
8	2	1	10,12	10,21	0,686	6,713
9	3	1	94,58			
10	3	1	101,12			
11	3	1	99,78			
12	3	1	94,76	97,56	3,382	3,467
13	4	1	29,32			
14	4	1	27,46			
15	4	1	26,96			
16	4	1	31,10	28,71	1,889	6,581

Tabela 22. Teor de cálcio em g/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Ca g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	119,01			
2	1	2	121,00			
3	1	2	134,12			
4	1	2	126,87	125,25	6,790	5,421
5	2	2	80,57			
6	2	2	69,38			
7	2	2	83,29			
8	2	2	99,40	83,16	12,389	14,898
9	3	2	175,23			
10	3	2	180,76			
11	3	2	180,00			
12	3	2	223,73	189,93	22,666	11,934
13	4	2	29,32			
14	4	2	27,46			
15	4	2	26,96			
16	4	2	31,10	28,71	1,889	6,581

Tabela 23. Teor de cálcio em g/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Ca g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	111,00			
2	1	3	102,98			
3	1	3	110,67			
4	1	3	98,67	105,83	6,042	5,709
5	2	3	108,71			
6	2	3	113,00			
7	2	3	93,21			
8	2	3	73,56	97,12	17,859	18,389
9	3	3	274,00			
10	3	3	248,67			
11	3	3	201,67			
12	3	3	172,67	224,25	45,615	20,341
13	4	3	31,61			
14	4	3	28,75			
15	4	3	28,89			
16	4	3	32,47	30,43	1,893	6,220

Tabela 24. Teor de cálcio em g/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Ca g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	130,55			
2	1	4	115,00			
3	1	4	131,00			
4	1	4	136,45	128,25	9,231	7,198
5	2	4	116,43			
6	2	4	102,68			
7	2	4	98,15			
8	2	4	103,42	105,17	7,860	7,473
9	3	4	225,00			
10	3	4	251,00			
11	3	4	228,67			
12	3	4	203,00	226,92	19,653	8,661
13	4	4	29,34			
14	4	4	28,35			
15	4	4	30,58			
16	4	4	28,73	29,25	0,976	3,337

Tabela 25. Teor de magnésio em g/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mg g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	0,99			
2	1	1	0,51			
3	1	1	1,13			
4	1	1	0,43	0,77	0,348	45,553
5	2	1	0,80			
6	2	1	1,06			
7	2	1	0,42			
8	2	1	0,66	0,74	0,269	36,620
9	3	1	14,89			
10	3	1	12,45			
11	3	1	13,99			
12	3	1	10,19	12,88	2,058	15,982
13	4	1	6,45			
14	4	1	8,73			
15	4	1	7,57			
16	4	1	7,41	7,54	0,935	12,399

Tabela 26. Teor de magnésio em g/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mg g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	9,48			
2	1	2	8,64			
3	1	2	10,91			
4	1	2	13,02	10,51	1,914	18,210
5	2	2	10,31			
6	2	2	10,97			
7	2	2	9,45			
8	2	2	9,47	10,05	0,733	7,290
9	3	2	21,24			
10	3	2	20,30			
11	3	2	21,34			
12	3	2	24,40	21,82	1,783	8,170
13	4	2	6,45			
14	4	2	8,73			
15	4	2	7,57			
16	4	2	7,41	7,54	0,935	12,399

Tabela 27. Teor de magnésio em g/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mg g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	11,84			
2	1	3	6,71			
3	1	3	14,87			
4	1	3	6,82	10,06	4,002	39,785
5	2	3	10,93			
6	2	3	14,36			
7	2	3	7,75			
8	2	3	7,84	10,22	3,132	30,637
9	3	3	28,82			
10	3	3	27,41			
11	3	3	20,86			
12	3	3	12,90	22,50	7,274	32,334
13	4	3	8,12			
14	4	3	7,74			
15	4	3	7,23			
16	4	3	10,11	8,30	1,261	15,187

Tabela 28. Teor de magnésio em g/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mg g/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	9,55			
2	1	4	10,56			
3	1	4	11,33			
4	1	4	9,00	10,11	1,037	10,261
5	2	4	10,51			
6	2	4	11,45			
7	2	4	9,03			
8	2	4	9,37	10,09	1,106	10,959
9	3	4	26,88			
10	3	4	29,38			
11	3	4	23,59			
12	3	4	13,97	23,46	6,754	28,795
13	4	4	6,55			
14	4	4	8,23			
15	4	4	7,79			
16	4	4	6,27	7,21	0,948	13,148

Tabela 29. Teor de cobre em mg/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Cu mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	13,63			
2	1	1	9,49			
3	1	1	11,70			
4	1	1	10,16	11,25	1,840	16,359
5	2	1	15,86			
6	2	1	19,93			
7	2	1	14,10			
8	2	1	14,95	16,21	2,584	15,938
9	3	1	75,35			
10	3	1	95,33			
11	3	1	83,41			
12	3	1	97,00	87,77	10,255	11,683
13	4	1	624,33			
14	4	1	595,78			
15	4	1	667,18			
16	4	1	660,31	636,90	33,235	5,218

Tabela 30. Teor de cobre em mg/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Cu mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	376,00			
2	1	2	341,33			
3	1	2	480,33			
4	1	2	452,00	412,42	64,702	15,689
5	2	2	491,33			
6	2	2	304,67			
7	2	2	373,33			
8	2	2	470,67	410,00	87,055	21,233
9	3	2	412,24			
10	3	2	498,15			
11	3	2	523,48			
12	3	2	489,81	480,92	47,973	9,975
13	4	2	624,33			
14	4	2	595,78			
15	4	2	667,18			
16	4	2	660,31	636,90	33,235	5,218

Tabela 31. Teor de cobre em mg/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Cu mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	593,67			
2	1	3	508,00			
3	1	3	607,33			
4	1	3	614,00	580,75	49,233	8,477
5	2	3	614,35			
6	2	3	663,00			
7	2	3	555,33			
8	2	3	704,33	634,25	64,193	10,121
9	3	3	612,45			
10	3	3	592,89			
11	3	3	679,54			
12	3	3	682,33	641,80	45,902	7,152
13	4	3	721,11			
14	4	3	610,42			
15	4	3	631,89			
16	4	3	596,74	640,04	55,949	8,742

Tabela 32. Teor de cobre em mg/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Cu mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	831,00			
2	1	4	786,00			
3	1	4	744,33			
4	1	4	848,00	802,33	46,683	5,818
5	2	4	801,33			
6	2	4	763,67			
7	2	4	804,12			
8	2	4	834,67	800,95	29,079	3,631
9	3	4	748,11			
10	3	4	861,41			
11	3	4	823,13			
12	3	4	859,67	823,08	53,004	6,440
13	4	4	701,12			
14	4	4	645,67			
15	4	4	623,12			
16	4	4	605,69	643,90	41,509	6,447

Tabela 33. Teor de zinco em mg/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Zn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	32,15			
2	1	1	22,24			
3	1	1	18,16			
4	1	1	31,16	25,93	6,831	26,345
5	2	1	21,12			
6	2	1	19,47			
7	2	1	16,78			
8	2	1	18,64	19,00	1,805	9,498
9	3	1	310,67			
10	3	1	391,00			
11	3	1	349,67			
12	3	1	378,33	357,42	35,642	9,972
13	4	1	614,35			
14	4	1	712,45			
15	4	1	667,34			
16	4	1	660,12	663,57	40,158	6,052

Tabela 34. Teor de zinco em mg/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Zn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	504,67			
2	1	2	400,56			
3	1	2	379,90			
4	1	2	428,19	428,33	54,601	12,748
5	2	2	473,15			
6	2	2	637,21			
7	2	2	421,67			
8	2	2	348,87	470,23	122,443	26,039
9	3	2	438,57			
10	3	2	701,24			
11	3	2	694,54			
12	3	2	608,33	610,67	122,285	20,025
13	4	2	614,35			
14	4	2	712,45			
15	4	2	667,34			
16	4	2	660,12	663,57	40,158	6,052

Tabela 35. Teor de zinco em mg/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Zn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	651,00			
2	1	3	598,33			
3	1	3	618,00			
4	1	3	533,00	600,08	49,722	8,286
5	2	3	775,87			
6	2	3	614,14			
7	2	3	560,67			
8	2	3	535,00	621,42	108,116	17,398
9	3	3	833,67			
10	3	3	985,14			
11	3	3	856,34			
12	3	3	710,54	846,42	112,498	13,291
13	4	3	634,26			
14	4	3	657,11			
15	4	3	712,45			
16	4	3	646,89	662,68	34,473	5,202

Tabela 36. Teor de zinco em mg/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Zn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	812,35			
2	1	4	922,47			
3	1	4	794,77			
4	1	4	681,65	802,81	98,580	12,279
5	2	4	775,87			
6	2	4	614,14			
7	2	4	560,67			
8	2	4	535,00	621,42	108,116	17,398
9	3	4	970,14			
10	3	4	879,32			
11	3	4	985,47			
12	3	4	930,06	941,25	47,436	5,040
13	4	4	675,42			
14	4	4	564,67			
15	4	4	612,23			
16	4	4	752,48	651,20	81,344	12,491

Tabela 37. Teor de ferro em mg/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Fe mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	118,33			
2	1	1	311,67			
3	1	1	233,65			
4	1	1	101,67	191,33	99,398	51,951
5	2	1	191,89			
6	2	1	181,34			
7	2	1	176,26			
8	2	1	185,67	183,79	6,629	3,607
9	3	1	6221,67			
10	3	1	8518,00			
11	3	1	6918,33			
12	3	1	7918,00	7394,00	1022,835	13,833
13	4	1	900,81			
14	4	1	1233,27			
15	4	1	999,81			
16	4	1	1111,31	1061,30	143,309	13,503

Tabela 38. Teor de ferro em mg/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Fe mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	1422,33			
2	1	2	1283,25			
3	1	2	1047,98			
4	1	2	1112,33	1216,47	169,383	13,924
5	2	2	1141,67			
6	2	2	1094,43			
7	2	2	1449,00			
8	2	2	1382,12	1266,81	174,990	13,813
9	3	2	8322,78			
10	3	2	8678,82			
11	3	2	7490,67			
12	3	2	7473,69	7991,49	605,837	7,581
13	4	2	900,81			
14	4	2	1233,27			
15	4	2	999,81			
16	4	2	1111,31	1061,30	143,309	13,503

Tabela 39. Teor de ferro em mg/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Fe mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	2526,00			
2	1	3	2643,67			
3	1	3	2156,86			
4	1	3	2709,00	2508,88	246,595	9,829
5	2	3	3304,67			
6	2	3	2967,33			
7	2	3	2876,78			
8	2	3	2826,90	2993,92	215,165	7,187
9	3	3	11127,33			
10	3	3	12154,69			
11	3	3	6589,33			
12	3	3	6963,33	9208,67	2843,868	30,882
13	4	3	960,46			
14	4	3	1021,83			
15	4	3	1111,47			
16	4	3	1243,44	1084,30	122,886	11,333

Tabela 40. Teor de ferro em mg/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Fe mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	4442,33			
2	1	4	5519,89			
3	1	4	4653,48			
4	1	4	5145,62	4940,33	485,907	9,836
5	2	4	4540,67			
6	2	4	4241,33			
7	2	4	5099,67			
8	2	4	4695,67	4644,34	357,363	7,695
9	3	4	11112,21			
10	3	4	11750,67			
11	3	4	9496,40			
12	3	4	10462,04	10705,33	962,459	8,990
13	4	4	945,25			
14	4	4	1080,68			
15	4	4	1098,87			
16	4	4	1058,40	1045,80	69,046	6,602

Tabela 41. Teor de manganês em mg/kg na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	79,67			
2	1	1	89,33			
3	1	1	94,73			
4	1	1	87,00	87,68	6,247	7,124
5	2	1	91,00			
6	2	1	75,33			
7	2	1	50,42			
8	2	1	69,33	71,52	16,773	23,452
9	3	1	330,00			
10	3	1	419,12			
11	3	1	379,00			
12	3	1	406,67	383,70	39,530	10,303
13	4	1	499,31			
14	4	1	726,55			
15	4	1	722,30			
16	4	1	504,32	613,12	128,552	20,967

Tabela 42. Teor de manganês em mg/kg na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	604,33			
2	1	2	702,00			
3	1	2	607,24			
4	1	2	724,11	659,42	62,598	9,493
5	2	2	683,00			
6	2	2	678,26			
7	2	2	750,67			
8	2	2	480,75	648,17	116,411	17,960
9	3	2	700,67			
10	3	2	791,00			
11	3	2	629,00			
12	3	2	747,67	717,08	69,347	9,671
13	4	2	499,31			
14	4	2	726,55			
15	4	2	722,30			
16	4	2	504,32	613,12	128,552	20,967

Tabela 43. Teor de manganês em g/kg na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	611,68			
2	1	3	727,67			
3	1	3	608,98			
4	1	3	713,00	665,33	63,803	9,590
5	2	3	579,57			
6	2	3	571,00			
7	2	3	639,00			
8	2	3	732,00	630,39	74,181	11,767
9	3	3	882,00			
10	3	3	770,33			
11	3	3	684,67			
12	3	3	807,67	786,17	82,055	10,437
13	4	3	682,78			
14	4	3	694,73			
15	4	3	622,33			
16	4	3	493,56	623,35	92,148	14,783

Tabela 44. Teor de manganês em mg/kg na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Mn mg/kg	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	677,33			
2	1	4	616,57			
3	1	4	755,63			
4	1	4	710,33	689,97	58,518	8,481
5	2	4	550,33			
6	2	4	687,00			
7	2	4	753,42			
8	2	4	660,33	662,77	84,563	12,759
9	3	4	780,33			
10	3	4	819,33			
11	3	4	699,00			
12	3	4	874,67	793,33	73,844	9,308
13	4	4	533,17			
14	4	4	531,45			
15	4	4	613,90			
16	4	4	593,31	567,96	42,018	7,398

Tabela 45. Percentual de umidade na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% umidade	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	37,97			
2	1	1	15,46			
3	1	1	16,90			
4	1	1	34,39	26,18	11,654	44,515
5	2	1	12,47			
6	2	1	12,17			
7	2	1	7,78			
8	2	1	9,83	10,56	2,199	20,815
9	3	1	12,88			
10	3	1	15,72			
11	3	1	16,07			
12	3	1	18,29	15,74	2,220	14,107

Tabela 46. Percentual de umidade na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% umidade	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	76,49			
2	1	2	82,92			
3	1	2	77,81			
4	1	2	76,93	78,54	2,973	3,785
5	2	2	78,84			
6	2	2	81,15			
7	2	2	79,53			
8	2	2	89,84	82,34	5,093	6,185
9	3	2	75,17			
10	3	2	63,86			
11	3	2	72,77			
12	3	2	72,78	71,15	4,986	7,008

Tabela 47. Percentual de umidade na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% umidade	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	53,85			
2	1	3	71,28			
3	1	3	59,21			
4	1	3	67,46	62,95	7,885	12,526
5	2	3	68,26			
6	2	3	59,61			
7	2	3	68,83			
8	2	3	66,38	65,77	4,238	6,444
9	3	3	66,79			
10	3	3	68,92			
11	3	3	70,21			
12	3	3	71,86	69,45	2,140	3,082

Tabela 48. Percentual de umidade na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% umidade	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	37,85			
2	1	4	38,22			
3	1	4	35,10			
4	1	4	36,96	37,03	1,393	3,761
5	2	4	43,77			
6	2	4	46,47			
7	2	4	45,98			
8	2	4	50,62	46,71	2,859	6,121
9	3	4	54,51			
10	3	4	58,34			
11	3	4	55,42			
12	3	4	54,99	55,82	1,724	3,089

Tabela 49. Percentual de carbono na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% carbono	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	57,01			
2	1	1	58,10			
3	1	1	55,02			
4	1	1	51,50	55,41	2,900	5,235
5	2	1	54,94			
6	2	1	60,09			
7	2	1	56,96			
8	2	1	55,64	56,91	2,281	4,009
9	3	1	22,25			
10	3	1	21,22			
11	3	1	15,09			
12	3	1	8,34	16,72	6,420	38,392

Tabela 50. Percentual de carbono na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% carbono	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	35,72			
2	1	2	43,47			
3	1	2	43,58			
4	1	2	40,30	40,77	3,694	9,061
5	2	2	44,98			
6	2	2	47,61			
7	2	2	49,36			
8	2	2	53,29	48,81	3,488	7,145
9	3	2	28,60			
10	3	2	23,91			
11	3	2	27,95			
12	3	2	31,42	27,97	3,096	11,071

Tabela 51. Percentual de carbono na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% carbono	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	45,53			
2	1	3	49,29			
3	1	3	43,36			
4	1	3	49,18	46,84	2,905	6,202
5	2	3	43,92			
6	2	3	50,72			
7	2	3	46,14			
8	2	3	51,55	48,08	3,658	7,607
9	3	3	29,72			
10	3	3	35,98			
11	3	3	35,78			
12	3	3	43,36	36,21	5,581	15,415

Tabela 52. Percentual de carbono na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% carbono	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	31,56			
2	1	4	47,99			
3	1	4	40,14			
4	1	4	46,22	41,48	7,418	17,885
5	2	4	35,25			
6	2	4	51,27			
7	2	4	51,55			
8	2	4	45,41	45,87	7,625	16,623
9	3	4	30,00			
10	3	4	32,76			
11	3	4	36,97			
12	3	4	46,28	36,50	7,120	19,508

Tabela 53. Relação C/N na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Rel. C/N	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	220,88			
2	1	1	264,40			
3	1	1	184,72			
4	1	1	198,09	217,02	34,934	16,097
5	2	1	139,15			
6	2	1	180,30			
7	2	1	312,77			
8	2	1	217,73	212,49	74,161	34,901
9	3	1	7,49			
10	3	1	8,00			
11	3	1	4,98			
12	3	1	2,75	5,80	2,426	41,790

Tabela 54. Relação C/N na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Rel. C/N	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	23,34			
2	1	2	32,21			
3	1	2	17,94			
4	1	2	21,98	23,87	6,018	25,215
5	2	2	19,55			
6	2	2	21,93			
7	2	2	42,17			
8	2	2	38,72	30,59	11,502	37,598
9	3	2	9,56			
10	3	2	8,74			
11	3	2	9,27			
12	3	2	10,37	9,48	0,681	7,185

Tabela 55. Relação C/N na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Rel. C/N	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	21,68			
2	1	3	26,97			
3	1	3	23,34			
4	1	3	25,41	24,35	2,321	9,531
5	2	3	20,14			
6	2	3	28,69			
7	2	3	28,69			
8	2	3	20,79	24,58	4,756	19,354
9	3	3	14,04			
10	3	3	12,43			
11	3	3	12,16			
12	3	3	14,19	13,20	1,059	8,018

Tabela 56. Relação C/N na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Rel. C/N	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	14,98			
2	1	4	24,81			
3	1	4	19,83			
4	1	4	20,79	20,10	4,040	20,099
5	2	4	16,45			
6	2	4	23,21			
7	2	4	25,04			
8	2	4	21,09	21,45	3,705	17,276
9	3	4	14,17			
10	3	4	12,62			
11	3	4	14,68			
12	3	4	19,99	15,37	3,207	20,872

Tabela 57. Percentual de matéria orgânica na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% M O	Média	D. P.	% C. V.
1	1	1	97,75			
2	1	1	99,35			
3	1	1	92,95			
4	1	1	99,47	97,38	3,058	3,140
5	2	1	97,32			
6	2	1	97,99			
7	2	1	99,18			
8	2	1	99,46	98,49	1,006	1,021
9	3	1	71,16			
10	3	1	66,09			
11	3	1	74,09			
12	3	1	81,89	73,31	6,607	9,013

Tabela 58. Percentual de matéria orgânica na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% M O	Média	D. P.	% C. V.
1	1	2	86,12			
2	1	2	83,61			
3	1	2	83,44			
4	1	2	80,14	83,33	2,454	2,945
5	2	2	84,63			
6	2	2	89,30			
7	2	2	95,25			
8	2	2	94,00	90,79	4,845	5,336
9	3	2	68,45			
10	3	2	66,21			
11	3	2	74,28			
12	3	2	75,92	71,22	4,625	6,494

Tabela 59. Percentual de matéria orgânica na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% M O	Média	D. P.	% C. V.
1	1	3	83,54			
2	1	3	90,72			
3	1	3	79,42			
4	1	3	87,95	85,41	4,970	5,819
5	2	3	80,00			
6	2	3	84,59			
7	2	3	89,00			
8	2	3	92,18	86,44	5,306	6,138
9	3	3	63,23			
10	3	3	67,56			
11	3	3	72,71			
12	3	3	78,79	70,57	6,711	9,510

Tabela 60. Percentual de matéria orgânica na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	% M O	Média	D. P.	% C. V.
1	1	4	89,02			
2	1	4	87,98			
3	1	4	69,64			
4	1	4	82,99	82,41	8,912	10,814
5	2	4	71,66			
6	2	4	86,33			
7	2	4	91,36			
8	2	4	81,02	82,59	8,420	10,195
9	3	4	63,34			
10	3	4	65,82			
11	3	4	67,14			
12	3	4	75,53	67,96	5,286	7,778

Tabela 61. Densidade dos dejetos líquidos na primeira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Densidade	Média	D. P.	% C. V.
13	4	1	1015			
14	4	1	1014			
15	4	1	1015			
16	4	1	1011	1014	1,893	0,187

Tabela 62. Densidade dos dejetos líquidos na segunda coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Densidade	Média	D. P.	% C. V.
13	4	2	1015			
14	4	2	1014			
15	4	2	1015			
16	4	2	1011	1014	1,893	0,187

Tabela 63. Densidade dos dejetos líquidos na terceira coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Densidade	Média	D. P.	% C. V.
13	4	3	1012			
14	4	3	1015			
15	4	3	1010			
16	4	3	1016	1013	2,754	0,272

Tabela 64. Densidade dos dejetos líquidos na quarta coleta.

Produtor	Tratamento	Coleta	Densidade	Média	D. P.	% C. V.
13	4	4	1012			
14	4	4	1012			
15	4	4	1014			
16	4	4	1010	1012	1,633	0,161

Tabela 65. Produção de dejetos nas unidades experimentais nos diferentes tratamentos.

Repetição	Idade Dias	Nº suínos	VDLC m ³	VDLC s m ³	VS m ³	VS s m ³	PES kg/m ³	VDF m ³	VDF s m ³	PED kg/m ³	D s kg
Dejeto sólido											
1	108,0	1260	435,45	0,345	242,55	0,192	198,99	315,31	0,250	400,43	100,10
2	102,0	340	120,68	0,355	65,45	0,192	196,53	88,35	0,260	396,75	103,15
3	112,0	310	124,99	0,403	59,67	0,192	195,12	81,15	0,262	395,61	103,65
4	109,0	300	123,60	0,412	57,75	0,192	199,33	82,00	0,273	403,12	110,05
Média	107,7			0,379		0,192	197,49		0,261	398,98	104,24
5	110,0	300	128,70	0,429	57,75	0,192	85,20	72,18	0,240	349,13	83,79
6	107,0	1000	353,10	0,353	192,50	0,192	87,36	252,17	0,252	352,25	88,76
7	113,0	300	120,34	0,401	57,75	0,192	84,57	74,50	0,248	347,76	86,24
8	100,0	300	93,60	0,312	57,75	0,192	83,20	77,96	0,260	353,12	91,81
Média	107,5			0,374		0,192	85,08		0,250	350,56	87,65
9	104,0	380	148,59	0,391	73,15	0,192	477,00	106,79	0,333	610,63	203,34
10	108,0	600	212,54	0,354	115,50	0,192	469,33	211,48	0,352	613,18	215,84
11	106,0	600	195,88	0,326	115,50	0,192	482,39	208,79	0,348	608,27	211,68
12	112,0	300	121,96	0,406	57,75	0,192	479,13	112,89	0,376	611,32	229,85
Média	107,5			0,369		0,192	476,96		0,352	610,85	215,17
Dejeto líquido											
13	101,0	660	232,64	0,352				406,62	0,616	616,00	624,62
14	105,0	450	160,65	0,357				278,77	0,619	619,00	627,66
15	106,0	450	160,74	0,357				286,20	0,636	636,00	644,27
16	109,0	280	103,46	0,369				192,27	0,686	686,00	694,23
Média	105,2			0,359					0,639	639,00	647,70

VDLC m³ - Volume de dejetos líquidos produzidos na canaleta de retenção da instalação em m³.

VDLC s m³ - Volume de dejetos líquidos produzidos na canaleta de retenção da instalação por suíno alojado em m³.

VS m³ - Volume de substrato em m³.

VS s m³ - Volume de substrato por suíno alojado em m³.

PES kg/m³ - Peso específico substrato em kg/m³.

VDF m³ - Volume de dejetos finais em m³.

VDF s m³ - Volume de dejetos finais por suíno alojado em m³.

PED kg/m³ - Peso específico do dejetos em kg/m³.

D s kg - Dejetos produzidos por suíno alojado em kg. Para os dejetos líquidos multiplica-se o VDF s pelas densidades da tabela 64.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)