

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS DE NOVILHOS
SUPERPRECOSES: RECICLAGEM ENERGÉTICA E DE
NUTRIENTES**

MÔNICA SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
Outubro - 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS DE NOVILHOS
SUPERPRECOSES: RECICLAGEM ENERGÉTICA E DE
NUTRIENTES**

MÔNICA SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Júnior

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
Outubro - 2005

À minha admirável mãe Arlete

Ao meu amado Luiz Antonio

À luz da minha vida Luiz Francisco

DEDICO

Eu aprendi

Que a melhor sala de aula do mundo está aos pés de uma pessoa mais velha

Eu aprendi

Que ter uma criança adormecida nos braços é um dos momentos mais pacíficos do mundo

Eu aprendi

Que ser gentil é mais importante do que estar certo

Eu aprendi

Que deveríamos ser gratos a Deus por não nos dar tudo que lhe pedimos

Eu aprendi

Que dinheiro não compra “classe”

Eu aprendi

Que são os pequenos acontecimentos diários que tornam a vida espetacular

Eu aprendi

Que Deus não fez tudo num só dia; o que me faz pensar que eu possa?

Eu aprendi

Que ignorar os fatos não os altera

Eu aprendi

Que o AMOR e não o TEMPO, é que cura todas as feridas

Eu aprendi

Que a maneira mais fácil para eu crescer como pessoa é me cercar de gente mais inteligente do que eu

Eu aprendi

Que cada pessoa que a gente conhece deve ser saudada com um sorriso

Eu aprendi

Que a vida é dura, mas eu sou mais ainda

Eu aprendi

*Que as oportunidades nunca são perdidas; alguém vai aproveitar as que você
perdeu*

Eu aprendi

*Que devemos sempre ter palavras doces e gentis, pois amanhã talvez tenhamos que
engoli-las*

Eu aprendi

Que um sorriso é a maneira mais barata de melhorar a aparência

Eu aprendi

*Que só se deve dar conselhos em duas ocasiões: quando é pedido ou em caso de vida
ou morte*

Eu aprendi

Que quanto menos tempo tenho, mais coisas consigo fazer.

Autor desconhecido

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Júnior, pela oportunidade, consideração, carinho, orientação e amizade.

Às minhas queridas amigas Ana Carolina e Carla e ao meu amigo Luizinho do Depto. de Engenharia Rural da FCAV, pela grande ajuda, amizade e dedicação.

Ao Conselho do Curso de Energia na Agricultura pela oportunidade.

À CAPES pela concessão da bolsa.

À UNIOESTE pela liberação em tempo integral para realização deste doutorado.

Ao Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal nas pessoas dos Prof. Antonio Carlos Silveira e Mario de Beni Arrigoni e da Pós Doutoranda Cinthia Ludowico, pela gentileza em permitir a realização da pesquisa sempre favorecendo nossas condições de trabalho.

Aos funcionários do Setor de Bovinocultura de Corte pela atenção, solicitude e apoio.

Aos funcionários do Depto. de Engenharia Rural, Rosângela Moreci, Gilberto Winckler e Maury Torres, pelo auxílio e atenção.

À todos os funcionários do Depto. de Agricultura da FCA , pela ajuda, amizade e carinho.

Às meninas da Pós Graduação, Marilena C. Santos, Marlene R. Freitas, Jaqueline M. Gonçalves e Kátia Otomo Duarte, pela gentileza e solicitude.

Aos funcionários da FAZENDA pela grande ajuda e solicitude.

Ao meu amigo e vizinho Eduardo Russo e Família, pela solicitude, amizade e atenção.

Aos meus amigos ADILSON PELÁ, DÁCIO OLIBONE, CLAUDEMIR ZUCARELI, GLÁUCIA DE MELLO PELÁ e ANA PAULA ENCIDE OLIBONE, pela ajuda e amizade.

À todos que de alguma maneira contribuíram para a realização de mais esta etapa da minha vida.

À DEUS, ACIMA DE TUDO.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Abreviaturas.....	xvi
1. Resumo.....	17
2. Summary.....	19
3. Introdução.....	21
4. Revisão de Literatura.....	24
4.1 Bovinocultura – Aspectos Gerais.....	24
4.2 Processos Biológicos de Reciclagem.....	28
5. Material e Métodos.....	37
5.1 Descrição do Local.....	37
5.2 Descrição do Experimento.....	37
5.3 Ensaio de quantificação e caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces.	38
5.3.1 Quantificação dos dejetos: cálculo do coeficiente de resíduo (CR).....	38
5.3.2 Caracterização dos dejetos produzidos.....	42
5.4 Ensaio de Compostagem.....	44
5.5 Ensaio de Vermicompostagem.....	46
5.6 Ensaio de Biodigestão Anaeróbia.....	47
5.6.1 Biodigestores de Bancada operados no sistema batelada.....	49
5.6.2 Biodigestores de Bancada operados no sistema contínuo.....	51
5.6.3 Cálculo do potencial de produção de biogás.....	53
5.6.4 Análise Estatística.....	53
5.7 Metodologias utilizadas.....	54
5.7.1 Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis.....	54
5.7.2 Digestão sulfúrica para quantificação de minerais.....	54
5.7.3 Teor de Carbono Orgânico.....	55
6. Resultados e Discussão.....	57
6.1 Quantificação dos dejetos produzidos: determinação do coeficiente de resíduo...	57

6.2 Caracterização dos dejetos produzidos.....	59
6.3 Ensaio de Compostagem.....	70
6.3.1 Condução das leiras.....	70
6.3.2 Monitoramento da temperatura.....	73
6.3.3 Composição química do material enleirado e do composto.....	77
6.3.4 Estimativa de redução de volume.....	80
6.4 Ensaio de Vermicompostagem.....	82
6.4.1 Condução do processo de vermicompostagem.....	82
6.4.2 Composição química do material antes e após o processo de vermicompostagem.....	83
6.5 Ensaio de Biodigestão Anaeróbia	87
6.5.1 Biodigestores de bancada operados no sistema batelada.....	87
6.5.1.1. Teores de Sólidos Totais e Voláteis.....	87
6.5.1.2. Distribuição da Produção de Biogás.....	88
6.5.1.3. Potenciais de Produção.....	92
6.5.2 Biodigestores de bancada operados no sistema contínuo.....	94
6.5.2.1. Teores de Sólidos Totais e Voláteis.....	94
6.5.2.2. Distribuição da Produção de Biogás.....	95
6.5.2.3. Potenciais de Produção.....	98
6.5.1.4. Composição química do Afluente e do Efluente.....	100
7. Considerações Finais.....	103
8. Conclusões.....	106
9. Referências Bibliográficas.....	108
APÊNDICE.....	123
Apêndice 1.....	124
Apêndice 2.....	125
Apêndice 3.....	126

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição bromatológica das dietas oferecidas aos animais durante o ensaio de quantificação e caracterização.....	42
TABELA 2. Composição bromatológica das dietas oferecidas aos animais durante o ensaio de biodigestão anaeróbia.....	47
TABELA 3. Teores de macronutrientes nos dejetos produzidos com as Dietas 1 e 2 utilizados no ensaio de Biodigestão Anaeróbia.....	51
TABELA 4. Teores de micronutrientes nos dejetos produzidos com as Dietas 1 e 2 utilizados no ensaio de Biodigestão Anaeróbia.....	51
TABELA 5. Composição química dos substratos das dietas 1 e 2 e do inóculo utilizados na carga dos biodigestores.....	52
TABELA 6. Dietas oferecidas aos animais, resíduo gerado por animal, ganho de peso, fator ganho de peso e coeficiente de resíduo em cada período do confinamento.....	57
TABELA 7. Teores de ST, umidade, SV e MM nos dejetos em cada período estudado nas duas dietas oferecidas aos animais.....	60
TABELA 8. Composição bromatológica dos dejetos coletados durante o ensaio de caracterização.....	61
TABELA 9. Consumo de ração por animal, determinado na baia contendo animais da raça BRANGUS e relação entre dejetos gerados e ração consumida por animal nos períodos estudados.....	63
TABELA 10. Composição química dos dejetos produzidos durante os diferentes períodos do confinamento.....	64
TABELA 11. Valores da composição química de outros dejetos comparados com os produzidos por novilhos superprecoces.....	66
TABELA 12. Peso médio por animal, obtido na baia contendo animais da raça BRANGUS durante o confinamento.....	67

TABELA 13. Quantidades de nutrientes produzidos por animal durante os períodos de confinamento, considerando a quantidade de resíduo gerado.....	69
TABELA 14. Quantidade (em kg) de matéria natural (MN) e seca (MS), % de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), % de redução de MS, de SV e de volume das leiras no início e final do processo de compostagem, nas três dietas avaliadas.....	71
TABELA 15. Porcentagens de C e N, relação C:N, MOC, MOR e DQO, no início e ao final do processo de compostagem.....	72
TABELA 16. Temperaturas médias semanais (° C), máximas observadas durante a compostagem, dia da ocorrência, tempos de pré-secagem, compostagem e total (dias).....	74
TABELA 17. Valores de pH e condutividade elétrica (CE) em mS/cm no início e ao final do processo de compostagem, nas três dietas estudadas.....	77
TABELA 18. Quantidades médias, na MS, de macronutrientes na leira (em kg) e de micronutrientes (em g) nos períodos inicial e final e % de variação dos nutrientes durante a compostagem, nas três dietas estudadas.	79
TABELA 19. Volume (m ³) ocupado no início, durante e ao final do processo de compostagem, por leiras confeccionadas com dejetos de novilhos superprecoceos alimentados com três diferentes dietas (Dietas 1, 2 e 3) e respectivas % de reduções.....	80
TABELA 20. Quantidades médias de MN e MS (em kg), porcentagem de ST e SV, porcentagem de redução de MS e SV antes e após o processo de vermicompostagem, nas três dietas estudadas (Dietas 1, 2 e 3).....	83
TABELA 21. Teores médios de C, N, relação C:N, matéria orgânica compostável (MOC), matéria orgânica resistente à decomposição (MOR) e demanda química de oxigênio (DQO) encontrados no material, antes e após o processo de vermicompostagem nas três dietas	84
TABELA 22. Valores de pH e condutividade elétrica (CE) em mS/cm no início e ao final do processo de compostagem, nas três dietas estudadas.....	85

TABELA 23. Quantidades médias, na MS, de macronutrientes na massa de vermicompostagem (em kg) e de micronutrientes (em g) nos períodos inicial e final e % de variação dos nutrientes durante a vermicompostagem, nas três dietas estudadas.....	86
TABELA 24. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis, em porcentagem e em massa e redução de Sólidos Voláteis para as duas dietas analisadas.....	88
TABELA 25. Produções de biogás, em m ³ , em todos os tratamentos.....	89
TABELA 26. Potenciais médios de produção de biogás, corrigidos para 20° C e 1 atm., para os diferentes tipos de substrato, preparados com estrume de animais alimentados com três dietas variando as proporções de volumoso e concentrado.....	93
TABELA 27. Teores de Sólidos Totais e Voláteis, em porcentagem e em massa e redução de Sólidos voláteis para as duas dietas analisadas, na temperatura de 40° C.....	96
TABELA 28. Potenciais médios de produção de biogás, corrigidos para 20° C e 1 atm. e média diária de produção de biogás, para os diferentes tipos substratos, preparados com estrumes de animais alimentados com três dietas, variando a proporção de volumoso e concentrado.....	99
TABELA 29. Composição química do afluente e do efluente, nas duas dietas estudadas e nas três temperaturas.....	101
APÊNDICE 1. Teores de ST e SV, em porcentagem e em massa e redução de ST e SV para as duas dietas analisadas na temperatura de 40° C.....	125
APÊNDICE 2. Teores de ST e SV, em porcentagem e em massa e redução de ST e SV para as duas dietas analisadas na temperatura de 35° C.....	126
APÊNDICE 3. Teores de ST e SV, em porcentagem e em massa e redução de ST e SV para as duas dietas analisadas na temperatura de 25° C.....	127

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Vista geral do confinamento.....	39
FIGURA 2. Vista da baía.....	39
FIGURA 3. Piso inferior do confinamento onde as dejeções são depositadas.....	40
FIGURA 4. Coleta dos dejetos no confinamento para ensaio de compostagem.....	44
FIGURA 5. Pré-secagem dos dejetos antes do enleiramento.....	45
FIGURA 6. Procedimento de pesagem e cubicagem da massa de compostagem.....	46
FIGURA 7. Detalhe do biodigestor de bancada.....	48
FIGURA 8. Caixa de fibrocimento contendo oito biodigestores de bancada.....	48
FIGURA 9. Caixa de fibrocimento contendo os gasômetros independentes.....	50
FIGURA 10. Corte transversal da caixa de fibrocimento contendo os gasômetros imersos em água.....	50
FIGURA 11. Monitoramento diário da temperatura no interior da leira e no ambiente durante a compostagem dos dejetos de novilhos superprecoces que receberam a dieta 1.....	75
FIGURA 12. Monitoramento diário da temperatura no interior da leira e no ambiente durante a compostagem dos dejetos de novilhos superprecoces que receberam a dieta 2.....	76
FIGURA 13. Monitoramento diário da temperatura no interior da leira e no ambiente durante a compostagem dos dejetos de novilhos superprecoces que receberam a dieta 3.....	76
FIGURA 14. Comportamento do pH durante o processo de compostagem nas três dietas estudadas.....	78
FIGURA 15. Comportamento da Condutividade Elétrica durante o processo de compostagem nas três dietas estudadas.....	78
FIGURA 16. Tendências e equações de redução de volume em leiras de compostagem confeccionadas com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com três diferentes dietas (Dietas 1, 2 e 3).....	81

FIGURA 17. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores batelada abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 40° C.....	90
FIGURA 18. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores batelada abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 35° C.....	90
FIGURA 19. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores batelada abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 25° C.....	91
FIGURA 20. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 40° C.....	97
FIGURA 21. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 35° C.....	97
FIGURA 22. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 25° C.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS

CR	=	Coeficiente de Resíduo
CD	=	Coeficiente de Disponibilidade
ST	=	Sólidos Totais
SV	=	Sólidos Voláteis
MS	=	Matéria Seca
MM	=	Matéria Mineral
PB	=	Proteína Bruta
FB	=	Fibra Bruta
EE	=	Extrato Etéreo
FDN	=	Fibra em Detergente Neutro
FDA	=	Fibra em Detergente Ácido
ENN	=	Extrato Não Nitrogenado
NDT	=	Nutrientes Digestíveis Totais
CE	=	Condutividade Elétrica
PV	=	Peso Vivo
MOC	=	Matéria Orgânica Compostável
MOR	=	Matéria Orgânica Resistente à Decomposição
DQO	=	Demanda Química de Oxigênio

1. RESUMO

Com o objetivo de caracterizar quantitativa e qualitativamente os dejetos produzidos em um sistema de confinamento para criação de novilhos superprecoces e avaliar o desempenho de processos biológicos de reciclagem de nutrientes: compostagem, vermicompostagem e biodigestão anaeróbia, conduziu-se esta pesquisa. O trabalho foi dividido em quatro ensaios: caracterização dos dejetos, compostagem, vermicompostagem e biodigestão anaeróbia. O ensaio de caracterização dos dejetos teve como objetivo principal determinar o coeficiente de resíduo para o período de confinamento. Nos ensaios de compostagem e vermicompostagem objetivou-se avaliar o desempenho dos processos utilizando-se dejetos produzidos por animais que receberam três dietas (dieta 1: 65% concentrado + 35% volumoso; dieta 2: 70% concentrado + 30% volumoso e dieta 3: 75% concentrado + 25% volumoso), oferecidas aos animais durante o período de engorda. No ensaio de biodigestão anaeróbia, foram avaliados os efeitos de duas dietas (dieta 1: 65% concentrado + 35% volumoso e dieta 2: 80% concentrado + 20% volumoso), uso de inóculo e três níveis de temperatura (40° C, 35° C e 25° C) sobre a produção de biogás. O coeficiente de resíduo encontrado, considerando todo o período de engorda, foi de 3,03, ou seja, para cada quilo de animal produzido, gerou-se 3,03 kg de dejetos (matéria seca). Considerando todo o período de confinamento, 154 dias, cada animal gerou 515,4 kg de dejetos (matéria seca) ou 2577 kg (fezes + urina), os quais em termos de nutrientes produzidos por animal representam 12,4 kg de N; 8,8 kg de P₂O₅; 6,7 kg de K₂O; 397,0 kg de MO; 219,6 kg de C; 13,9 kg de Ca; 2,6 kg de Mg; 1,6 kg de S; 2,2 kg de Na; 0,05 kg de Cu; 1,0 kg de Fe; 0,06 kg de Mn; 0,11 kg de Zn. Os valores dos componentes da análise bromatológica dos dejetos foram 14% de PB;

20,7% de FB; 2,2% de EE; 51,9% de FDN; 33,3% de FDA; 48,2% de ENN e 63,16% de NDT. As porcentagens de redução de matéria seca durante o ensaio de compostagem foram de 44,5%; 40,5% e 43,8% para os dejetos provenientes de animais alimentados com as dietas 1, 2 e 3, respectivamente. Com relação aos valores de redução de volume obteve-se 44,64%; 50% e 47,97% para os dejetos provenientes de animais alimentados com as dietas 1, 2 e 3, respectivamente. Os dejetos produzidos por novilhos superprecoces não se mostraram ideais para o desenvolvimento de minhocas do gênero *Eisenia foetida*, principalmente nos dejetos produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3. Os valores de pH e CE apresentaram-se elevados e inadequados para o processo de vermicompostagem. Quanto à produção de biogás, no ensaio batelada, houve efeito positivo da dieta e efeito negativo do uso de inóculo. A temperatura não influenciou a produção de biogás. O substrato composto pela dieta 2 sem a utilização de inóculo, na temperatura de 35° C apresentou o maior potencial de produção de biogás por kg de ST adicionado (0,25428 m³). No ensaio com biodigestores contínuos observou-se efeito positivo da utilização de inóculo, da temperatura e das dietas, ou seja, os maiores valores de produção de biogás foram obtidos com a utilização de inóculo, na temperatura de 40° C para os dejetos produzidos a partir da dieta 2 (0,5257 m³).

PALAVRAS CHAVE: coeficiente de resíduo, compostagem, vermicompostagem, biodigestão anaeróbia.

YOUNG CATTLE FED WASTE CHARACTERIZATION: ENERGETIC AND NUTRIENT RECYCLING

Botucatu, 2005

Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MÔNICA SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA

Adviser: JORGE DE LUCAS JÚNIOR

2. SUMMARY

The present study aimed to quantify wastes produced in a confined system for steers breeding and to evaluate the performance of biological process such as nutrient recycling, composting, vermicomposting and anaerobic biodigestion. Four trials were performed: wastes characterization, composting, vermicomposting and anaerobic biodigestion. The waste characterization trial aimed to determine the residual coefficient while animals were confined. The composting and vermicomposting trials were conducted in order to evaluate the process performance by using wastes products from animal fed three different diets (diet 1: 65% concentrated + 35% voluminous ; diet 2: 70% concentrated + 30% voluminous; diet 3: 75% concentrated + 25% voluminous). The effect of two different diets (diet 1: 65% concentrated + 35% voluminous and diet 2: 80% concentrated + 20% voluminous), inoculum and three temperatures rates (40° C, 35° C e 25° C) influence all over biogas production were evaluated during the biodigestion trial. The residue coefficient found during all confined period was 3.03, whereas, to produce one kilogram body weight, 3.03 kg of waste (dry matter) was produced. During all confined period (154 days), each animal produced 515.4 kg of waste (dry matter) or 2577 kg (feces + urine), wich represents in terms of nutrients produced per animal a total of: 12.4 kg of N; 8.8 kg of P₂O₅ ; 6.7 kg of K₂O ; 397.0 kg of OM ; 219.6 kg of C; 13.9 kg of Ca; 2.6 kg of Mg; 1.6 kg of S; 2.2 kg of Na; 0.05 kg of Cu; 1.0 kg of Fe; 0.06 kg of Mn; 0.11 kg of Zn. Bromatological analysis values of waste were: 14% of PB; 20,7% of FB; 2,2% of EE; 51,9% of FDN; 33,3% of FDA; 48,2% of ENN e 63,16% of NDT. Percentage of dry matter redution during composting trial were: 44.5%; 40.5% and 43.8% for

waste produced by animals that received diets 1, 2 and 3, respectively. Waste produced by animals that received diet 1, 2 and 3 presented volume reduction values of 44.64%; 50.0% and 47.97%, respectively. Wastes produced by young cattle fed were not considered ideal for developing of *Eisenia foetida* earthworms, mainly that produced from animal that received diets 2 and 3. The pH and EC values were increased and considered inadequate to perform the vermicomposting process. About biogas production, at batch trial, were positive effect of the diets and negative effects of the inoculum use. The temperature didn't influence the biogas production. The substrate of diet 2 without inoculum at 35° C presented the highest potential for biogas production per kg of total solid added (0.25428 m³). Positive effect was observed on continuous biodigestors trial considering use of inoculum, temperature and diets, thus, higher values of biogas production were obtained when inoculum was used, at 40° C from wastes produced for animal feed with diet 2 (0.5257 m³).

KEY WORDS: residue coefficient, composting, vermicomposting, anaerobic digestion.

3. INTRODUÇÃO

A questão da reciclagem dos nutrientes presentes nos resíduos da produção animal tem despontado como o grande desafio do setor no contexto atual. Sistemas que possibilitem aliar produção e qualidade ambiental têm merecido a atenção de pesquisadores, técnicos e produtores dos diferentes setores da produção animal.

No que se refere à bovinocultura de corte, principalmente em sistemas de confinamento e suas versões (novilho precoce e superprecoce), a preocupação com a geração de resíduos é fundamental no planejamento das instalações bem como na forma de disposição destes no ambiente após a reciclagem.

Com a globalização do mercado, a possibilidade de exportar produtos de origem animal tem levado a um crescimento das unidades de criação intensiva, principalmente nos países em desenvolvimento. Limitados por área física e pelo excesso de nutrientes no solo, países europeus têm aumentado as importações de produtos animais, porém com ressalvas no que se refere ao impacto ambiental causado nas diferentes etapas de transformação da matéria prima. O comprometimento da qualidade da água, principalmente a subterrânea, causado pelo acúmulo de resíduos dispostos no solo em quantidades que excedem o aproveitamento pelas culturas, configuram como um dos maiores problemas ambientais enfrentados pelos países desenvolvidos.

A degradação dos recursos naturais, justificada pela necessidade da produção de alimentos não é mais aceita pela sociedade atual. Sistemas sustentáveis de produção, onde se busca o máximo rendimento com o mínimo impacto, entretanto, requerem

ações integradas e não simplificadas, as quais necessariamente remetem à antiga parceria entre a produção vegetal e produção animal.

Nos últimos anos, as mudanças ocorridas na economia mundial vêm influenciando todos os setores, particularmente o da pecuária de corte. O fortalecimento do MERCOSUL, as dificuldades de se incorporarem novas áreas ao processo produtivo, a competitividade demonstrada por outras carnes e a necessidade de se estruturarem sistemas de produção eficientes e sustentáveis induziram profundas mudanças no perfil tecnológico da pecuária de corte brasileira (Euclides Filho & Cezar, 1995 citados por FIGUEIREDO et al., 2002). Os produtores passaram a intensificar a produção de carne utilizando tecnologias de custos mais elevados com uso mais intensivo da terra, conseqüentemente, com maior risco para o capital investido.

Segundo Cezar (2002), a estimativa para o novo milênio é de crescimento do negócio da carne bovina. A este crescimento impõem-se mudanças na produção, na pesquisa, nas ações políticas, de marketing e, principalmente, de comportamento do consumidor. O consumo de carne bovina no mundo deverá aumentar em torno de 10% e o Brasil, que já foi o terceiro maior exportador, terá de ser mais eficiente, não só para atender o mercado externo, como também o interno, crescente e exigente.

Dados da FAO têm confirmado esta tendência de aumento da produção intensiva de carne bovina, principalmente em países em desenvolvimento. A taxa de crescimento da produção de carne bovina entre 1990 e 1995 cresceu 4,3% nos países em desenvolvimento enquanto decresceu 2,0% nos países desenvolvidos (FAO, 2002).

Como alternativa para minimizar os impactos causados pela grande geração de resíduos em sistemas intensivos de criação animal estão os processos biológicos de reciclagem de nutrientes, que se caracterizam pela viabilidade técnica e econômica, além de fornecerem subprodutos, os quais contribuem para agregação de valor à tecnologia empregada.

A compostagem é uma das alternativas para a reciclagem de resíduos provenientes de sistemas de confinamento de gado bovino. O resíduo gerado possui características físicas (sólidos totais) que podem ser adequadas para o processo de compostagem, promovendo o saneamento e gerando ao final um produto praticamente estabilizado com características agrônômicas desejáveis.

Da mesma forma, a vermicompostagem possibilita transformar o resíduo em dois subprodutos de interesse comercial e ambiental, o vermicomposto (adubo orgânico) e as minhocas.

Outra alternativa é a utilização de biodigestores anaeróbios para a reciclagem dos resíduos, os quais, além de promover o saneamento ambiental, possibilitam a produção de biogás, combustível, e do biofertilizante, adubo orgânico rico em macro e micronutrientes.

Em todas estas tecnologias pode-se contar com as vantagens da promoção do saneamento ambiental bem como da reciclagem energética através da recuperação e posterior utilização dos nutrientes presentes nos dejetos.

Entretanto, há de se considerar também, o problema do ponto de vista do produtor. Preços baixos e alto custo de produção são alguns dos entraves que limitam ações mais eficientes no controle da poluição por resíduos. A relação custo-benefício quando da escolha do sistema de reciclagem de resíduos pode fazer a diferença entre optar ou não por determinada tecnologia.

Diante desse panorama, a tomada de decisão requer soluções que envolvam aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais na escolha do sistema adequado para reciclagem e disposição dos resíduos gerados.

A caracterização quantitativa e qualitativa dos dejetos produzidos em unidades de confinamento de novilhos superprecoces, portanto, torna-se uma necessidade para a escolha de sistemas de reciclagem, adequados as suas características estruturais e funcionais, bem como auxilia no planejamento da disposição correta destes resíduos ao solo, como fonte de nutrientes e matéria orgânica para a produção vegetal.

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar quantitativa e qualitativamente os resíduos produzidos em uma unidade de confinamento para novilhos superprecoces, considerando a importância destes parâmetros para o dimensionamento de sistemas de reciclagem; avaliar a adequação e o desempenho de três processos biológicos de reciclagem de resíduos: a compostagem, a vermicompostagem e a biodigestão anaeróbia, objetivando identificar o que mais se adequa às características de uma unidade de confinamento para novilhos superprecoces, visando promover o saneamento ambiental.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Bovinocultura – Aspectos Gerais

A bovinocultura de corte brasileira produziu no ano de 2003 mais de 6,0 milhões de toneladas de carne (USDA, 2003), atingindo o 2º lugar no ranking mundial. Neste mesmo ano, o Brasil se firmou como o maior exportador de carne bovina, exportando 1,40 milhões de toneladas. Em 2004, pelo segundo ano consecutivo, de acordo com informações da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o país ficou na primeira posição no ranking dos maiores exportadores mundiais de carne bovina, na frente de conceituados produtores, como Estados Unidos e Austrália.

Atualmente o Brasil domina cerca de 15% do comércio internacional do produto. Em termos de novos destinos, uma das grandes apostas do setor é a China, país para onde o Brasil vai começar a exportar carne no ano de 2005, que a médio prazo, poderá representar um mercado de US\$ 600 milhões, ou quase 30% das exportações atuais. Acredita-se que, já em 2005, a China absorverá cerca de 10% das vendas externas brasileiras Camardelli citado por ROCHA (2005).

Segundo uma perspectiva considerada pelo ANUALPEC (2003), em 2012 o rebanho bovino do estado de São Paulo contará com 11.463.793 animais, sendo que neste mesmo ano, o plantel brasileiro terá 181.834.388 animais. Estes números podem ser relacionados com a produção mundial de metano a partir da fermentação dos dejetos de

bovinos, estimada por Minami e Tanaka (1997), que foi da ordem de 20.000.000 a 30.000.000 toneladas de CH₄/ano. Ao considerar-se o rebanho mundial neste período, se obtém o valor de 20 a 30 kg de CH₄/animal, o que poderia corresponder a até 343.913,79 toneladas de CH₄ emitidas com a fermentação dos dejetos de bovinos, somente no estado de SP, no ano de 2012.

O crescimento da produção intensiva de carne bovina, justificado pelo aumento do consumo interno e o crescente aumento das exportações, gera uma preocupação ambiental com relação à produção e disposição correta dos resíduos.

Dentre as variantes dos sistemas de criação intensiva, destaca-se o modelo biológico superprecoce. Segundo Arrigoni (2003), novilhos superprecoces são animais que imediatamente após o desmame são terminados em regime de confinamento e abatidos até 15 meses de idade, com peso mínimo de 450 kg, ou acima de 16 arrobas e cobertura subcutânea superior a 3,0 mm, que aliada à idade jovem dos mesmos podem garantir as características de qualidade dos produtos cárneos e seus subprodutos. Este sistema de produção explora a máxima eficiência biológica dos animais, que pode ser definida primariamente como sendo o ganho de peso vivo em relação ao consumo de energia, se constitui em um excelente modelo biológico de crescimento intensivo para bovinos. O modelo superprecoce permite avaliar a taxa de crescimento e as transformações e desenvolvimento dos tecidos, notadamente o muscular esquelético, na fase de crescimento rápido, ou seja de auto-aceleração.

Segundo Omer e Fadalla (2003) a sustentabilidade para o crescimento e desenvolvimento econômico da produção animal somente poderá ocorrer quando o sistema produtivo incluir a geração de energia por meio da reciclagem dos resíduos produzidos. Ramachandra et al. (2004) destacaram a importância da biodigestão anaeróbia promovida com os dejetos gerados na bovinocultura de corte, principalmente pela geração diária dos resíduos em grandes quantidades, o que permite que a produção de biogás seja significativa e contínua.

O grande desafio, portanto, está em inserir a produção animal como um setor produtivo importante para a economia, sem, contudo agredir os recursos naturais onde este sistema se encontra. Formas ou sistemas para a reciclagem dos resíduos devem ser adotados, visando o saneamento ambiental, bem como um planejamento adequado de

utilização do produto reciclado (adubo) deve ser implementado, respeitando-se a capacidade suporte do ambiente.

Considerando que a interação do homem com o meio ambiente é o que determina a qualidade de vida, torna-se necessário que os produtores e demais envolvidos com a produção animal tomem consciência da gravidade dos fatos e passem a adotar medidas de controle para a proteção e conservação da água, do solo e do ar (SILVA & MAGALHÃES, 2001).

Nos Estados Unidos, onde os problemas com a geração e disposição correta dos resíduos no solo são críticos, vários estudos foram e estão sendo realizados com o objetivo de analisar os impactos e propor medidas de mitigação.

A concentração da produção animal em grandes sistemas de confinamento gerando acúmulo da carga de nutrientes no solo que pode exceder a capacidade de utilização pelas culturas e provocar a degradação da qualidade da água foi abordada por Lanyon & Beegle (1989) citados no National Research Council (1993); Atkinson & Watson (1996) realizaram estudo para identificar os impactos ambientais causados pelos sistemas intensivos de produção animal em planícies; Kellogg et al. (2000) analisaram as mudanças temporais e espaciais no número, tamanho e tipo de instalações animais e as mudanças no número de animais, quantidade de resíduos produzidos, disponibilidade de solo para aplicação de resíduos e excesso de nutrientes provenientes destes resíduos considerando a propriedade em si e a região em que a propriedade se insere; Fedler & Parker (2002) comentam que com o sonho de produzir aproximadamente 25% do total do rebanho bovino da nação americana em uma área concentrada nas planícies altas do Texas veio a realidade de ser esta a causa de muitos problemas reais e perceptíveis, como a contaminação do Rio Ogallala com nutrientes produzidos pela grande quantidade de bovinos.

Para Bradford (1999) a produção animal afeta potencialmente tanto negativa como positivamente a qualidade do ambiente. Os efeitos benéficos da produção animal, além da razão básica, ou seja, a produção de alimento para o homem, incluem a reciclagem de resíduos para as plantas e a contribuição para a manutenção da matéria orgânica do solo e a fertilidade e deste modo contribui para a sustentabilidade da produção vegetal. Os maiores efeitos deletérios são a contribuição para a perda da biodiversidade, a erosão do solo pelo manejo impróprio das pastagens, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas

com o excesso de nutrientes (N e P principalmente) ou patógenos provenientes dos criatórios intensivos.

Para Wells (2002), devido a sua composição química, os resíduos animais apresentam importância agrônômica quando aplicados ao solo, pois fornecem nutrientes para uso das plantas e aumentam o teor de matéria orgânica do solo, em consequência promovem a estruturação do solo (agregação), porosidade (densidade) e a capacidade de retenção de água.

Para Zhang & Hamilton (2002) a aplicação de resíduos animais ao solo é uma prática de manejo econômica e ambientalmente compensatória para a maioria dos produtores de gado confinado. A aplicação no solo faz retornar os nutrientes do resíduo auxiliando na construção da fertilidade. Os resíduos fornecem N, P, K, Ca, Mg, micronutrientes e matéria orgânica. A aplicação de resíduos ao solo tem apresentado aumento da produtividade, aumento da capacidade de retenção de água, redução da erosão eólica e hídrica e aumento da aeração. Entretanto, lembram os autores, a aplicação de resíduos no solo deve ser realizada com o objetivo principal de reciclar nutrientes às plantas e não como um método de disposição destes.

A caracterização dos resíduos gerados nos sistemas de criação é, portanto muito importante tanto para o dimensionamento dos sistemas de reciclagem/tratamento como para calcular a quantidade a ser aplicada no solo visando a produção vegetal.

A precisão na coleta das amostras é importante tanto para a caracterização quantitativa como qualitativa dos resíduos. Risser (1985) e Strehler & Sützle (1987) citados por Santos (1997) comentam que na determinação do potencial de um resíduo com o objetivo de suprir uma atividade, deve-se obter a quantidade total do resíduo (base seca) em relação à massa de colheita com umidade no campo. Esta relação é definida pelos autores como coeficiente de resíduo (CR) que, juntamente com o coeficiente de disponibilidade (CD) - que é a relação entre a quantidade de resíduos disponíveis (base seca) e a massa total de resíduos, em % - tem sido aplicado em estudos sobre o aproveitamento de resíduos de origem vegetal. Os conceitos de coeficiente de resíduo e de disponibilidade foram utilizados por Santos (1997) em estudo com frangos de corte considerando três tipos de cama e dois ciclos de criação. Segundo a autora, os conceitos de coeficiente de resíduo e

de disponibilidade podem, em muitas situações, ser aplicados em estudos com animais, fornecendo importantes informações quanto ao balanço de massa no sistema alimento x animal x resíduo. No que se refere ao coeficiente de disponibilidade, em especial, a autora comenta que para as atividades de produção avícola, este deve apresentar índice 1, devido ao fato do manejo adotar o confinamento total das aves, o que permite a recuperação da totalidade dos resíduos gerados.

Com relação às atividades de produção de gado de corte em sistema de confinamento, não são encontrados na literatura relatos sobre a determinação dos coeficientes de resíduo e disponibilidade. Entretanto, pode-se inferir que de acordo com as instalações e o manejo dos dejetos, pode-se recuperar totalmente ou parcialmente os resíduos, podendo-se assim, determinar os referidos coeficientes para estimar seu potencial de aproveitamento.

4.2 Processos biológicos de reciclagem de resíduos

No que se refere aos processos biológicos de reciclagem dos resíduos provenientes de criações animais, estes apresentam vantagens e desvantagens, que devem ser estudadas para cada caso buscando aliar viabilidade técnica e econômica. Dentre estes processos pode-se citar a compostagem, a vermicompostagem e a biodigestão anaeróbia.

Com relação ao processo de compostagem, este consiste na disposição de materiais orgânicos, vegetais e animais em camadas, para que ocorra de forma acelerada o processo de decomposição através da ação de microrganismos. Como produto final, gera-se um material de cor escura, denominado composto.

Para o desenvolvimento de um bom composto, alguns parâmetros devem ser observados, tais como: relação C/N, muito importante para uma boa degradação do material; manutenção da taxa de umidade entre 50 e 60%, para que a atividade microbiana seja intensa; valores de pH próximos à neutralidade, para um bom desempenho microbiano; aeração ou revolvimento constante ou a injeção de ar no interior da pilha, para garantir o suprimento de oxigênio aos microrganismos, que são aeróbios, tendo sua máxima atividade em presença de ar (KIEHL, 1985 e DECARLI, 1999).

O emprego de esterco bovino em processos de compostagem dos mais diferentes resíduos é bastante comum, pois este age como inóculo acelerando o processo de decomposição do material (KIEHL, 1985; PEIXOTO, 1988 e NAKAGAWA, 1992).

Encontram-se na literatura nacional vários relatos sobre a utilização da compostagem como sistema de reciclagem de resíduos provenientes de diferentes origens.

Vitorino e Pereira Neto (1994) estudaram a compostabilidade dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira pela confecção de leiras de compostagem com bagaço-de-cana e torta de filtro; Malheiros e Paula Jr. (1997) em pesquisa realizada com resíduos agroindustriais no processo de compostagem, avaliaram dentre outros resíduos como esterco bovino, torta de filtro e casca de pinus, um resíduo de lã de carneiro, normalmente descartado em aterros sanitários; Mello e Vitti (1997) realizaram compostagem com resíduo da indústria de cerveja, constituído da mistura de lodo + terra infusória e cavacos de eucalipto, na proporção de 1:2, respectivamente; Decarli (1999) utilizou resíduos provenientes de abatedouros, constituídos de vísceras e descartes do abate de suínos e bovinos. As leiras de compostagem foram montadas intercalando-se material vegetal (feno de trigo impróprio para o consumo animal) e resíduos de abatedouro; Ausina et al. (2000) realizaram, em casa de vegetação, a compostagem de materiais orgânicos (casca de café, fino de carvão vegetal, casca de arroz, serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e sabugo de milho triturado) com água residuária da suinocultura; Silva et al. (2000) estudaram o processo de compostagem conduzido com carcaças de frango e cama de aviário, visando obter uma alternativa adequada para disposição das aves mortas na atividade agrícola.

Além da compostagem, outra maneira eficiente de reciclar resíduos sólidos é a vermicompostagem. Segundo Kiehl (1985) a vermicompostagem é uma tecnologia na qual se utilizam as minhocas para digerir a matéria orgânica, provocando sua degradação.

Para Martinez (1992) os produtos orgânicos resultantes da agroindústria bem como os da indústria manufatureira podem ser compostados e fornecidos como alimento para as minhocas, dentre estes o autor cita as tortas de sementes oleaginosas, a borra de café, os resíduos de frigoríficos e matadouros, resíduos de curtumes e das indústrias de madeira, entre outros.

A utilização da vermicompostagem em complementação a compostagem tem sido mais freqüentemente usada na reciclagem de resíduos de lixo urbano

como se pode observar em trabalhos encontrados na literatura: Venturini et al. (1999) avaliaram os níveis de metais pesados encontrados em lixo urbano processado via vermicompostagem em usinas de lixo do Rio Grande do Sul; Cruz et al. (1999) avaliaram o efeito da calagem e do vermicomposto de lixo urbano no enriquecimento de alface em ferro e manganês; Silva et al. (1999) avaliaram a eficiência da vermicompostagem na redução de microrganismo fecais em lodo de esgoto; Pelisson et al. (1999) estudaram a vermicompostagem como alternativa para o tratamento de lixo urbano quando comparada ao processo convencional de compostagem; Sestak (2001) avaliaram a eficiência da vermicompostagem em resíduos de algodão inoculado com o conteúdo ruminal de bovinos por meio da composição química do vermicomposto.

A biodigestão anaeróbia, conversão anaeróbia de substratos orgânicos complexos, na ausência de luz, nitrato, nitrito e sulfato é realizada por bactérias quimioheterotróficas e bactérias metanogênicas. Os compostos orgânicos são hidrolisados pelas bactérias quimioheterotróficas não metanogênicas a açúcares, álcoois, ácidos voláteis, hidrogênio e CO₂. A etapa subsequente refere-se à fermentação de açúcares e aminoácidos a acetato ou à produtos intermediários como propionato e butirato, enquanto que os álcoois e ácidos voláteis com mais de dois carbonos são oxidados formando hidrogênio e acetato. Na seqüência, os produtos intermediários são oxidados a acetato e hidrogênio, ocorrendo, então, formação de metano através da descarboxilação do acetato e redução de CO₂ pelo hidrogênio (Speece, 1983 citado por LUCAS JR., 1995).

A biodigestão anaeróbia dos dejetos produzidos por bovinos destinados ao abate, assim como quando o processo é desenvolvido com os dejetos gerados por suínos, é influenciada por diversos fatores que atuam no início da produção de biogás, degradação do substrato, população de microrganismos presentes no substrato, assim como na eliminação de patógenos. Estes fatores englobam temperatura, pH, uso de inóculo, composição do material e teor de sólidos totais, entre outros.

Ahring et al. (2001) definiram o esterco bovino como sendo capaz de gerar substratos que sustentam, por si só o desenvolvimento da biodigestão anaeróbia, por conterem carboidratos, proteínas e gorduras. Estes constituintes são hidrolizados e fermentados até que ocorra a produção de ácidos graxos de cadeia curta (como acetato,

propionato, butirato, isobutirato e etc.), álcoois, hidrogênio e dióxido de carbono, que na seqüência são convertidos em metano e dióxido de carbono. A extensão da produção de biogás a partir dos dejetos de bovinos é dependente da alimentação dos animais, visto que, na maioria das vezes, eles consomem elevadas quantidades de alimento volumoso, que será responsável pela geração de substratos com maiores quantidades de carboidratos estruturais (componentes da parede celular), o que irá acarretar em maior lentidão na produção de biogás, e provavelmente a produção será em menores quantidades.

Sobre este aspecto Yadvika et al. (2004) consideraram que a adição de inóculo aos substratos preparados com os dejetos de bovinos irá atuar para que as condições do meio se mantenham favoráveis e assim ocorra rápida produção de biogás. Estas condições incluem: pH, inibição e/ou promoção de acetogênese e metanogênese e ação das bactérias celulolíticas, que em consórcio com fungos actinomicetos, poderão elevar a produção de biogás de 8,4 até 44,0 %.

Callaghan et al. (1999) efetuaram a biodigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos com adição de inóculo (90% de dejetos e 10% de inóculo), em digestores com capacidade de 1 litro, mantidos à 35° C, por um período de 17 semanas. Os autores verificaram redução de 31,1% nos teores de sólidos voláteis, produção de metano igual a 4,27 litros e potencial de produção de metano igual a 0,3 m³/kg de SV removido.

A operação de biodigestores alimentados com os dejetos de bovinos de corte demonstra melhores resultados quando conduzida na faixa de temperatura mesofílica, em relação ao processo desenvolvido em temperaturas consideradas termofílicas. Este comportamento foi verificado por Ahring et al. (2001) quando conduziram a biodigestão dos dejetos de bovinos em reatores com capacidade de 3 litros e mantidos na temperatura de 65° C. Como resultados os autores observaram redução da degradação da fração fibrosa, diminuição da população de *Archaeas* metanogênicas, elevação da concentração de ácidos graxos voláteis, especialmente de propionato, e como consequência redução na produção de metano. Esta faixa de temperatura demonstrou resultados positivos somente sobre a redução de patógenos.

No entanto, em estudos desenvolvidos em países tropicais, a manutenção dos biodigestores na temperatura ambiente tem demonstrado resultados positivos sobre a remoção de patógenos, desde que o período de retenção seja adequado. Kearney et al.

(1993) trabalhando com resíduos de bovinos de corte não detectaram a presença de *Escherichia coli* nos efluentes de biodigestores contínuos operados na faixa mesofílica, com TRH de 25 dias. No trabalho de Schocken-Iturrino et al. (1995) os patógenos *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium* e *Escherichia coli* não foram detectados no efluente de biodigestores contínuos operados em temperatura ambiente com TRH de 35 dias. Entretanto o TRH de 20 dias não foi suficiente para destruir bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*.

Os efeitos da concentração de amônia foram relatados por Borja et al. (1996) que verificaram a inibição no processo de produção de metano a partir de dejetos de bovinos quando a concentração de amônia chegou a 5 g L^{-1} , em reatores operados continuamente. A velocidade de produção de metano diminuiu 25 % quando 5 e 7 g-N L^{-1} foram adicionadas, em comparação com o controle, com 2 g-N L^{-1} . Entretanto, os autores observaram que o processo não foi afetado com a concentração de 4 g-N L^{-1} , quando o aumento na concentração de amônia foi gradual. Em reatores com concentrações de 6 e 7 g-N L^{-1} , após longo período de exposição, o processo alcançou a estabilidade, embora com baixa produção de metano. Os autores concluíram que a instabilidade do processo devido às altas concentrações de amônia resultou no acúmulo de ácidos graxos voláteis, os quais levaram a uma diminuição do pH, com conseqüente declínio na concentração de amônia livre, explicando a habilidade do processo em alcançar a estabilidade em altas concentrações de amônia, com uma produção baixa, mas estável de metano.

Com relação aos modelos de biodigestores, Benincasa et al. (1991) comenta que é comum a classificação como "convencionais" e "não convencionais". Para os autores, entretanto, tal classificação não é aconselhável, pois o que existe são biodigestores mais simples ou mais complexos, variando de país para país, em função da experiência e da disponibilidade de resultados para elaboração de projetos mais adaptados a cada situação. Dependendo do grau de desenvolvimento técnico-científico e econômico dos países, dos diferentes tipos de materiais de construção e de matérias-primas para digestão postas em disponibilidade, os biodigestores são construídos para atender objetivos distintos, o que determina concepções, também, distintas de sistemas.

No Brasil, no meio rural, os modelos de biodigestores encontrados com mais frequência eram o **batelada**, quando o resíduo é obtido com periodicidade; o **indiano e o chinês**, no caso dos resíduos produzidos diariamente; com uso mais recente encontram-se o **tubular**, também biodigestor do tipo contínuo e o **batelada seqüencial**, quando há interesse em grande quantidade de biogás em curto intervalo de tempo e no uso de inóculo.

Os biodigestores em batelada são carregados de uma só vez, mantidos fechados por um período conveniente, sendo a matéria orgânica fermentada descarregada posteriormente. Este modelo, apesar da simplicidade, pode ser útil em situações em que o resíduo é obtido periodicamente, como é o caso da cama obtida nos galpões de frangos de corte (LUCAS JR., 1995). Considerando que este modelo de biodigestor apresenta produção de biogás na forma de picos, que é abastecido de uma só vez e que o tempo de fermentação é relativamente longo, o problema consiste basicamente em adequar estas premissas à necessidade energética contínua, isto é, diária e durante o ano todo. Uma forma de solução é a adoção de uma bateria de unidades biodigestoras. A consistência do projeto está na confiabilidade dos estudos realizados sobre o potencial energético da biomassa, isto é, no comportamento da produção de biogás, durante o tempo previsto (ORTOLANI et al., 1991).

Quando a disponibilidade dos resíduos for diária, o interesse volta-se para os biodigestores contínuos como os modelos Indiano e Chinês (LUCAS JR., 1995). O processo é dito contínuo porque a cada carga diária, corresponde uma carga de volume semelhante de material fermentado. A biomassa no interior do biodigestor se movimenta por diferença de carga hidráulica, entre a entrada do substrato e a saída do biofertilizante no momento do carregamento. Cada carga requer um tempo de retenção, geralmente entre 30 e 50 dias, dependendo se a temperatura do meio onde está inserido o biodigestor é elevada ou baixa. Por essa razão, reatores contínuos são subterrâneos (BENINCASA et al., 1991).

No caso dos biodigestores Batelada Seqüencial, citados por Santos (2001) na reciclagem de nutrientes provenientes da cama de frangos de corte, trata-se de uma modificação da metodologia proposta por Ortolani et al. (1991), na qual deixa-se de adotar o sistema de bateria de biodigestores, optando-se pela utilização de apenas um biodigestor batelada abastecido com o resíduo a ser reciclado e, quando for o caso, uma quantidade de inóculo que permite o pico de produção logo no início do processo. O autor modificou a forma de dimensionamento, utilizando um biodigestor e adotando como critério para

dimensionamento apenas os conceitos de quantidade de biogás necessária por dia, de biomassa necessária para o enchimento de uma unidade biodigestora (Eu) e de Volume Útil da Unidade Biodigestora (V_d), propostos por Ortolani et al. (1991).

O emprego dos diferentes modelos de biodigestores na reciclagem de nutrientes provenientes de resíduos de bovinos bem como os fatores que interferem no processo, são encontrados na literatura nacional.

Oliveira et al. (1991) avaliaram o desempenho de biodigestores rurais modelos Indiano e Chinês abastecidos com cargas diárias aquecidas na faixa de 30-35° C e as relações térmicas no sistema biodigestor - solo - atmosfera; Castro & Cortez (1998) realizaram estudo com biodigestores batelada mantidos a diferentes temperaturas visando analisar os níveis mais favoráveis à produção de biogás e a degradação de sólidos totais e voláteis de esterco bovino; Hardoim & Lucas Jr. (1998) conduziram estudo para determinar o efeito da temperatura e da agitação mecânica na produção de biogás durante a fase de partida de biodigestores alimentados com dejetos de bovino; Hardoim et al. (1999) determinaram o efeito do controle da temperatura a 25, 35 e 40° C e da carga orgânica de 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 e 7,5 g/l . dia, na redução do teor de sólidos voláteis de biodigestores anaeróbios alimentados com dejetos de bovino; Takitane et al. (2000) realizaram estudo de análise econômica dos custos de instalação de um biodigestor modelo indiano alimentado com esterco de bovinos, utilizando-se do método de pesquisa de estudo de caso; Hardoim et al. (2000) avaliaram o efeito da temperatura e da agitação mecânica na produção de metano em biodigestores alimentados com dejetos de bovinos submetidos à diferentes tempos de retenção hidráulica -TRH (10,0; 13,6; 16,7; 21,4 e 30,0 dias).

Com relação aos subprodutos gerados durante os processos biológicos de reciclagem, menciona-se o composto orgânico, proveniente da compostagem, o vermicomposto e as minhocas, provenientes da vermicompostagem e o biofertilizante e o biogás, provenientes do processo de biodigestão anaeróbia. Estes subprodutos devem ser considerados na tomada de decisão para escolha do melhor processo que se adapte às características do confinamento, pois além de apresentarem valor agregado, podendo ser comercializados, também podem ser reutilizados na propriedade, diminuindo custos com insumos necessários à produção dos alimentos para os animais, diminuindo assim os custos de produção.

Neste aspecto, a utilização dos produtos gerados pelos processos biológicos de reciclagem de nutrientes proporciona, de maneira geral, melhorias nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo com reflexo direto na produtividade das culturas (OLIVEIRA & ESTRELA, 1984; KIEHL, 1985; NAKAGAWA, 1992; PASCHOAL, 1996).

A avaliação do desempenho dos diferentes processos biológicos de reciclagem de dejetos na diminuição do potencial poluente destes é obtida com o monitoramento de alguns parâmetros capazes de indicar modificações físicas, químicas e microbiológicas do substrato antes e após os processos.

Neste sentido, parâmetros como Sólidos Totais, Sólidos Voláteis, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Composição química do resíduo "in natura" e após o tratamento e a produção de biogás, podem fornecer informações importantes para o dimensionamento e condução dos diferentes sistemas, sobre o desempenho do processo e também sobre a disposição do produto final no solo de acordo com a capacidade suporte do ambiente.

A opção pela utilização dos sistemas biológicos de reciclagem de nutrientes provenientes dos resíduos de confinamento bovino, necessita, portanto, um estudo de viabilidade técnica e econômica, no qual o maior número de parâmetros monitorados contribui para o planejamento adequado, considerando desde a escolha do sistema que mais se adapte às características do empreendimento até o seu dimensionamento, enfocando ainda o desempenho do processo na redução da carga poluente do material "in natura" bem como na produção dos diferentes subprodutos. A característica poluente dos dejetos é substituída pelas qualidades agronômicas dos diferentes subprodutos, sendo estes importantes na recuperação da qualidade do solo, desde que respeitada sua capacidade suporte, configurando-se como mais uma ferramenta na busca pela sustentabilidade no setor produtivo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição do local

O trabalho foi realizado na Fazenda Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu-SP, cujas coordenadas geográficas são 22° 49' S e 48° 25' W, com altitude média de 770 metros.

A classificação climática de Botucatu, segundo KÖPPEN é Cfa, isto é, clima temperado, região constantemente úmida,, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10° C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22° C, com precipitação média anual de 1512,2 mm, e temperatura média anual próxima de 20,5° C.

5.2 Descrição do experimento

O experimento foi dividido em quatro ensaios:

- Ensaio de Caracterização dos dejetos produzidos por novilhos superprecoce
- Ensaio de Compostagem
- Ensaio de Vermicompostagem
- Ensaio de Biodigestão Anaeróbia

No Ensaio de Caracterização dos dejetos produzidos por novilhos superprecoce, determinou-se a quantidade de dejetos produzidos por animal bem como o

Coefficiente de Resíduos. Quanto à caracterização qualitativa dos dejetos determinou-se a composição química e bromatológica dos dejetos durante o período de confinamento.

No ensaio de Compostagem, os dejetos foram coletados no confinamento e destinados a um pátio de compostagem, onde foram submetidos ao processo de compostagem em leiras.

No ensaio de Vermicompostagem, os dejetos coletados foram submetidos a um processo de pré-compostagem, e em seguida, em caixas de polipropileno receberam minhocas do gênero *Eisenia foetida* para realização da vermicompostagem.

No ensaio de Biodigestão Anaeróbia realizaram-se dois experimentos. Em ambos os experimentos, utilizaram-se dejetos produzidos por animais que receberam duas dietas distintas, definindo-se quatro substratos, a saber: dieta 1 com inóculo; dieta 1 sem inóculo; dieta 2 com inóculo e dieta 2 sem inóculo. Os biodigestores foram preenchidos com os diferentes substratos e submetidos a três níveis de temperatura, 40° C, 35° C e 25° C. O primeiro experimento foi conduzido em biodigestores de bancada no sistema batelada e o segundo recebeu cargas diárias caracterizando o sistema contínuo.

5.3 Ensaio de quantificação e caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces

5.3.1 Quantificação dos dejetos: cálculo do Coeficiente de Resíduo (CR)

O experimento foi conduzido no setor de confinamento de bovinos de corte da Fazenda Lageado pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ/UNESP localizado no município de Botucatu-SP, no período de 11/07/02 à 24/10/02.

O confinamento é de alvenaria, coberto, composto por 26 baias (Figura 1). Cada baia possui dimensões de 5 x 5 metros contendo 06 animais, apresentando piso suspenso e vazado (Figura 2), o que permitiu coletar as dejeções na parte inferior das instalações (Figura 3).



Figura 1. Vista geral do confinamento.



Figura 2. Vista da baia.



Figura 3. Piso inferior do confinamento onde as dejeções eram depositadas.

Os resíduos produzidos pelos animais durante o período de engorda foram quantificados através do peso das dejeções (fezes + urina). Semanalmente, no período de 11/07/02 à 24/10/02, durante 24 horas, foram coletadas as dejeções de uma baia, referente a um lote de animais da raça BRANGUS.

Os resíduos foram coletados com auxílio de uma lona plástica, disposta em toda extensão da baia (5 x 5 m), impedindo que as dejeções fossem perdidas durante a retirada da mesma. Após a retirada da lona, todo o resíduo foi pesado em balança digital, com capacidade para 200 kg. Em seguida, foram coletadas 20 sub-amostras das dejeções para determinação da matéria seca (MS). As sub-amostras foram coletadas em latinhas de alumínio, previamente taradas, que depois de pesadas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até peso constante. Em seguida, foram resfriadas em dessecador e pesadas novamente para a obtenção do peso seco.

As informações sobre ganho de peso e consumo de ração, nos diferentes estádios de desenvolvimento do animal, foram fornecidas pelo Departamento de Produção Animal da FMVZ, responsável pelo Confinamento.

O Coeficiente de disponibilidade (CD) foi considerado com valor 1 devido às características estruturais do sistema de confinamento que favorecerem o aproveitamento quase total dos resíduos gerados.

O Coeficiente de resíduo (CR) foi calculado pela relação entre a quantidade de dejetos gerados (MS) e o peso vivo (PV) dos animais produzidos no sistema, conforme adaptado de Risser (1985) e Strehler & Sützle (1987) por Santos (1997), ou seja:

$$CR = \text{kg de dejetos (MS)} / \text{ganho de peso dos bovinos (kg PV)}$$

Calculou-se o CR total considerando todo o período de confinamento, bem como os Cr parciais em diferentes períodos que coincidiram com as pesagens dos animais (08/07 à 05/08; 05/08 à 03/09; 03/09 à 30/09 e 30/09 à 28/10) e com as mudanças na dieta oferecida, ou seja, a primeira dieta de 08/07 à 30/09 composta de 70% de concentrado e 30% de volumoso e a segunda, de 30/09 à 28/10 composta de 80% de concentrado e 20% de volumoso.

Foram coletadas amostras de cada dieta para análise de sua composição bromatológica. Os resultados foram fornecidos pelo Departamento de Produção Animal da FMVZ/Unesp e as análises realizadas no Laboratório de Bromatologia. A matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foram analisados segundo os protocolos da AOAC (1984). A fibra em detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) e lignina foram verificadas segundo metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). O nitrogênio insolúvel em fibra detergente ácido (N-FDA) foi mensurado segundo Krishnamoorthy et al. (1982). Análise de amido foi realizada conforme metodologia descrita por Poore et al. (1989). Os Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) foram calculados pela fórmula sugerida por Weiss (NRC, 2001).

Na Tabela 1 está apresentada a composição bromatológica das dietas oferecidas aos animais durante o período estudado.

Tabela 1. Composição bromatológica, em porcentagem da matéria seca, das dietas oferecidas aos animais durante o ensaio de quantificação e caracterização.

DIETA	PERÍODO	MS	CNF	PB	EE	FDN	FDA	Lignina	MM	NDT
% MS										
1*	08/07 à 05/08	64,41	45,43	16,39	6,42	25,24	14,97	2,66	6,51	76,71
1*	05/08 à 03/09	64,52	45,36	15,03	6,26	25,49	14,50	3,27	7,86	71,20
1*	03/09 à 30/09	63,94	43,93	15,62	6,35	27,56	14,64	3,54	6,54	75,54
2**	30/09 à 28/10	64,25	43,84	16,23	6,10	27,32	14,32	4,02	6,51	71,89

MS = matéria seca. CNF = carboidrato não fibroso. PB = proteína bruta. EE = extrato etéreo. FDN = fibra detergente neutro. FDA = fibra detergente ácido. MM = matéria mineral. NDT = nutrientes digestíveis totais.

*Dieta 1: 70% de concentrado e 30% de volumoso.

**Dieta 2: 80% de concentrado e 20% de volumoso.

5.3.2 Caracterização dos dejetos produzidos

Foram realizadas análises para caracterização física dos dejetos, ou seja, sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV).

Para a caracterização da composição química dos dejetos produzidos realizaram-se análises de carbono orgânico pelo método de Walkley & Black (KIEHL, 1985); pH através de medidor de pH de bancada; Nitrogênio (N) utilizando-se o Destilador de Kjeldahl, segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1989); Fósforo (P) por espectrometria, segundo Sarruge e Haag (1974) e Malavolta et al. (1989); Enxofre (S) por espectrometria, segundo Vitti (1989) e Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) em absorção atômica após digestão em ácido nitro-perclórico. As análises de caracterização da composição química dos dejetos foram realizadas pelo Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA/Unesp.

A caracterização da composição bromatológica dos dejetos produzidos foi realizada no Laboratório de Bromatologia da FCA/Unesp, segundo metodologia descrita em Silva & Queiroz (2002). Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína

bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), extrativo não nitrogenado (ENN) e nutrientes digestíveis totais (NDT), descritos a seguir:

- *Matéria Seca (MS)*: os teores de matéria seca foram determinados submetendo-se as amostras a 105° C em estufa, por 24 horas.
- *Proteína Bruta (PB)*: as análises de proteína bruta foram realizadas com auxílio do aparelho Micro Kjeldahl e os teores de PB foram obtidos pela aplicação da fórmula:

$$PB = (\text{titulação} \times 0,4378) / \text{peso da amostra}$$

- *Matéria Mineral (MM)*: os teores de matéria mineral foram obtidos carbonizando-se as amostras em mufla a 500° C por 6 horas.
- *Extrato Etéreo (EE)*: o extrato etéreo foi determinado utilizando-se o aparelho de extração “Soxhlet”, tendo como solvente o éter de petróleo (p.e. 30-60° C) com refluxo contínuo através da amostra, por 6 horas.
- *Fibra Bruta (FB)*: os teores de fibra bruta foram determinados através da submissão da amostra seca às digestões ácida (H₂SO₄ – 1,25%) e básica (NaOH – 1,25%) durante 30 minutos em cada digestão. O resíduo orgânico é recebido em cadinho de vidro. Calcula-se a FB pela diferença de peso do cadinho antes e após a queima do resíduo em mufla, a 500° C.
- *Fibra em Detergente Neutro (FDN)*: os teores de FDN foram determinados através da digestão das amostras em solução detergente neutra por 60 minutos. O resíduo orgânico é recebido em cadinho de vidro após lavagem com acetona. Calcula-se a FDN pela diferença de peso do cadinho antes e após secagem em estufa a 100° C durante 12 horas.
- *Fibra em Detergente Ácido (FDA)*: os teores de FDA foram determinados através da digestão das amostras em solução detergente ácida por 60 minutos. O resíduo orgânico é recebido em cadinho de vidro refratário após lavagem com acetona. Calcula-se a FDA pela diferença de peso do cadinho antes e após secagem em estufa a 100° C durante 12 horas.
- *Extrato Não Nitrogenado (ENN)*: os valores de extrativo –não-nitrogenado das amostras foram estimados com base nos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e fibra bruta (FB), pela fórmula:

$$ENN = MS - (PB + EE + MM + FB)$$

- *Nutrientes Digestíveis Totais*: os valores de NDT foram obtidos pela aplicação da seguinte fórmula:

$$NDT = 40,2625 + (0,1969*\%PB) + (0,4228*\%ENN) + (1,1903*\%EE) - (0,1379*\%FB)$$

5.4 Ensaio de Compostagem

O ensaio de compostagem foi realizado com os dejetos coletados no Setor de Confinamento da FMVZ/Unesp de Botucatu, produzidos pelos animais confinados no sistema superprecoce, no período de 23/06/04 a 31/01/05.

A coleta dos dejetos se deu manualmente com auxílio de ferramentas que permitiram a raspagem das dejeções acumuladas por um período de sete dias, provenientes de 13 das 26 baias do confinamento (Figura 4).



Figura 4. Coleta dos dejetos no confinamento para ensaio de compostagem.

Foram coletados dejetos em três épocas durante o período em que os animais permaneceram confinados, coincidentes com as dietas fornecidas aos animais, ou seja:

- Dieta 1: 65% de concentrado + 35% de volumoso. Coleta em 23/06/2004.
- Dieta 2: 70% de concentrado + 30% de volumoso. Coleta em 15/10/2004.
- Dieta 3: 75% de concentrado + 25% de volumoso. Coleta em 15/10/2004.

Após a coleta, os dejetos foram levados ao pátio de compostagem, local provido de piso de cimento e cobertura, onde foram esparramados com uma altura média de 5,0 cm para permitir uma pré-secagem anterior ao enleiramento (Figura 5).



Figura 5. Pré-secagem dos dejetos antes do enleiramento.

Os dejetos foram inicialmente pesados em balança digital e acondicionados em uma caixa de tamanho conhecido (1,5 x 2,0 x 0,6 m) para obtenção do volume inicial (Figura 6). Este procedimento se deu a cada quinze dias para proporcionar a obtenção de equações representativas das reduções de peso e volume da leira durante o processo.

Para cada dieta, confeccionou-se uma única leira de compostagem, cujas dimensões aproximadas foram 1,0 m de diâmetro e 1,5 m de altura no ponto mais alto.



Figura 6. Procedimento de pesagem e determinação de volume do substrato em compostagem.

Após o enleiramento dos dejetos, efetuaram-se revolvimentos semanais seguidos de rega e coleta de material para amostragem, monitorando-se diariamente a temperatura da leira em seis pontos, com auxílio de termômetro de vidro, em diferentes profundidades. Monitorou-se também, a temperatura ambiente no pátio de compostagem.

5.5 Ensaio de vermicompostagem

Foram realizados três ensaios de vermicompostagem, no período de 16/08/04 a 20/05/05. Os dejetos utilizados no ensaio de vermicompostagem foram coletados no mesmo dia que os dejetos utilizados para o ensaio de compostagem e foram submetidos ao mesmo procedimento de pré secagem anteriormente descrito.

Após a pré-secagem os dejetos foram enleirados e submetidos a um processo de pré-compostagem até que a temperatura média da massa de compostagem não atingisse valores superiores à 40° C. Em seguida o material foi transferido para caixas de

polipropileno, em número de quatro, com capacidade para 310 L, permanecendo por um período de trinta dias, quando então se adicionaram minhocas do gênero *Eisenia foetida*.

Ao ser transferido para as caixas o material foi pesado e amostrado, bem como ao final do processo. Sempre que necessário foi acrescentado água para garantir umidade em torno de 50%.

5.6 Ensaio de Biodigestão Anaeróbia

O ensaio de biodigestão anaeróbia foi conduzido no Laboratório de Biodigestão Anaeróbia, localizado no Departamento de Engenharia Rural da FCAV/Unesp, Campus de Jaboticabal, no período de 21/12/04 a 26/08/2005.

Utilizaram-se para este ensaio, dejetos produzidos pelos animais confinados no modelo superprecoce quando alimentados com duas diferentes dietas:

- Dieta 1: 65% de concentrado + 35% de volumoso
- Dieta 2: 80% de concentrado + 20% de volumoso

A composição bromatológica das dietas é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição bromatológica das dietas oferecidas aos animais durante o ensaio de biodigestão anaeróbia.

Dieta	MS	PB	FB	EE	ENN	NDT	FDN	FDA	MM
	%MS								
1	48,12	19,62	19,5	5,28	50,11	68,91			5,49
2	55,55	15,8	10,67	4,44	63,91	74,23	40,25	14,16	5,08

Para este ensaio utilizaram-se três baterias com oito biodigestores cada, perfazendo um total de 24 biodigestores com capacidade para 10 litros de substrato (Figura 7). Cada bateria de oito biodigestores encontrava-se em uma caixa completada com água e provida de resistência elétrica para aquecer a água a três temperaturas: 25°, 35° e 40° C, em cada caixa (Figura 8).

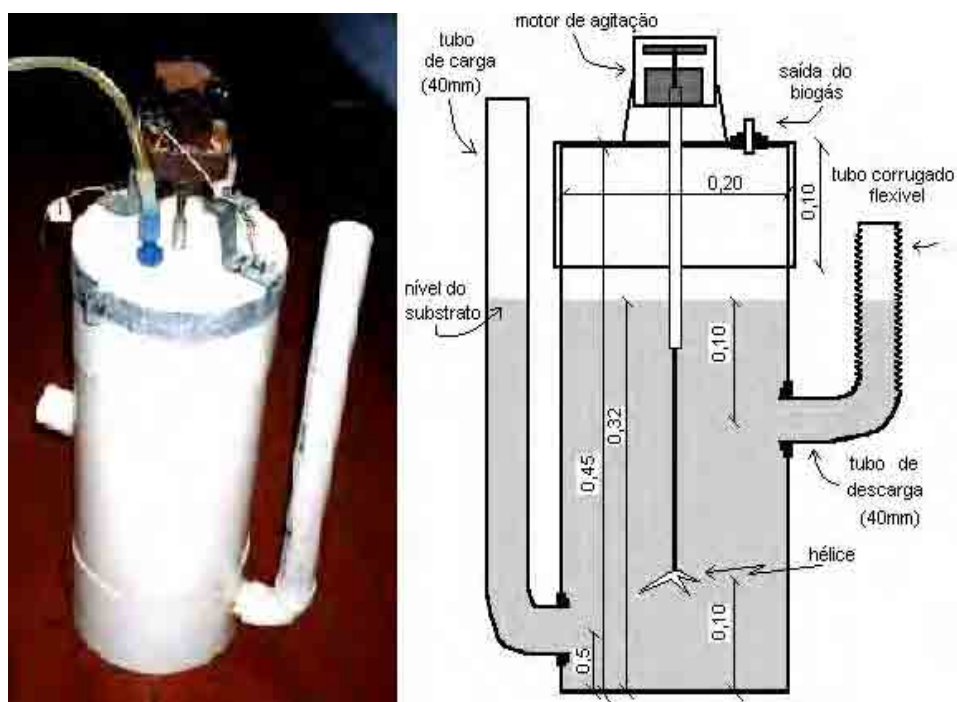


Figura 7. Detalhe do biodigestor de bancada.

FONTE: Souza, 2001.



Figura 8. Caixa de fibrocimento contendo oito biodigestores de bancada.

FONTE: Souza, 2001.

Neste ensaio, foram realizados dois experimentos, o primeiro com biodigestores operados no sistema batelada e o segundo com biodigestores operados no sistema contínuo. Em nenhum dos ensaios, entretanto, fez-se uso dos agitadores mostrados na Figura 8.

5.6.1 Biodigestores de bancada operados no sistema batelada

Dos oito biodigestores de cada bateria, quatro foram completados com substrato contendo dejetos provenientes de animais alimentados com a Dieta 1, sendo dois com o uso de inóculo e dois sem inóculo, e os outros quatro com dejetos provenientes dos animais alimentados com a Dieta 2, sendo dois com o uso de inóculo e dois sem inóculo. Definiram-se, portanto 4 substratos, a saber:

D₁ Ci: esterco dieta 1 com inoculo

D₁ Si: esterco dieta 1 sem inoculo

D₂ Ci: esterco dieta 2 com inoculo

D₂ Si: esterco dieta 2 sem inoculo

Todos os tratamentos foram submetidos a três níveis de temperatura: 25°, 35° e 40° C. Cada biodigestor possuía um gasômetro com capacidade para 15 L de volume útil, o qual armazenava a produção de biogás e encontrava-se também submerso em água (Figuras 9 e 10).

A composição da carga dos biodigestores onde se utilizou inoculo consistiu de 2,0 kg de esterco + 1,5 kg de biofertilizante de origem bovina (inóculo) + 4,5 litros de água, perfazendo 8,0 litros de substrato em cada biodigestor. Para os tratamentos onde não se utilizou inóculo, a carga dos biodigestores consistiu de 2,4 kg de esterco + 5,6 litros de água. O abastecimento dos biodigestores se deu em 21/12/2004.



Figura 9. Caixa de fibrocimento contendo os gasômetros independentes.

FONTE: Souza, 2001.

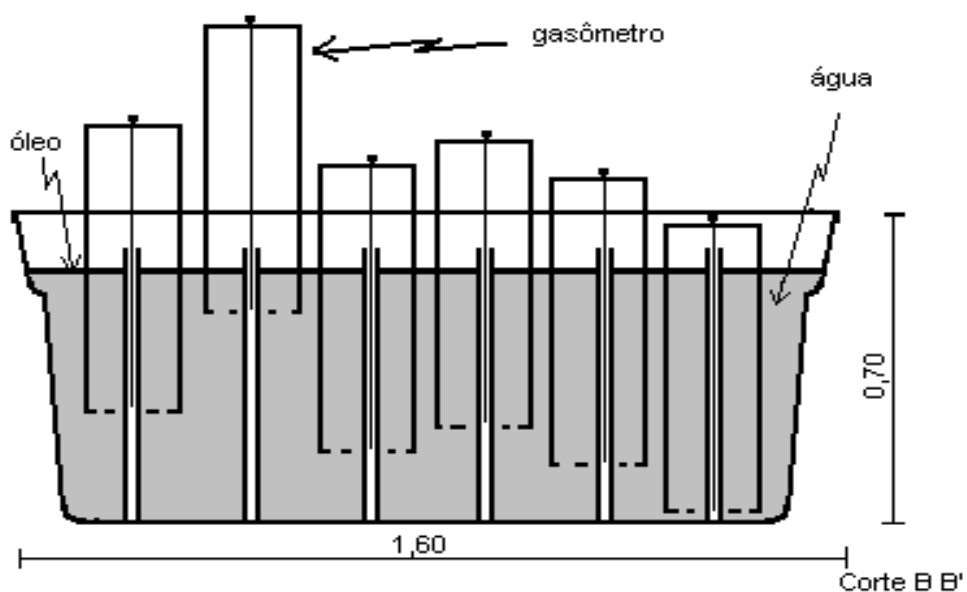


Figura 10. Corte transversal da caixa de fibrocimento contendo os gasômetros imersos em água.

FONTE: Souza, 2001.

A composição química dos dejetos da Dieta 1 e Dieta 2 utilizados na partida dos biodigestores está apresentada nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Teores de macronutrientes determinados nos dejetos produzidos com as Dietas 1 e 2 utilizados no primeiro experimento do ensaio de Biodigestão Anaeróbia.

Dieta	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg
	%			g/100g			
1	28,1	2,25	12:1	0,60	1,80	0,30	0,64
2	29,6	2,31	13:1	0,56	2,55	0,26	0,62

Tabela 4. Teores de micronutrientes determinados nos dejetos produzidos com as Dietas 1 e 2 utilizados no primeiro experimento do ensaio de Biodigestão Anaeróbia.

Dieta	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	Co
	mg/100g					
1	350	229	7,1	17,5	37	7,9
2	320	186	6,9	14,0	31	7,9

Com a carga inicial (partida) descrita anteriormente, os biodigestores foram monitorados até o dia 14/03.

5.6.2 Biodigestores de bancada operados no sistema contínuo

Em 13/06/05, todos os biodigestores foram abertos, pois se julgou que a produção de biogás estava muito baixa. Os substratos de todos os biodigestores que continham dejetos provenientes dos animais alimentados com a Dieta 1 foram misturados, idem para os substratos da Dieta 2. Após homogeneizados, foram coletadas amostras dos substratos, sendo estes novamente adicionados aos biodigestores, conforme as quantidades especificadas por tratamentos abaixo apresentadas:

D₁ Ci: 4 litros do substrato dieta 1 com 4 litros de inóculo (biofertilizante de origem bovina)

D₁ Si: 8 litros do substrato dieta 1 sem inóculo

D₂ Ci: 4 litros do substrato dieta 2 com 4 litros de inóculo (biofertilizante de origem bovina)

D₂ Si: 8 litros do substrato dieta 2 sem inóculo

A composição química dos substratos das Dietas 1 e 2 e do inóculo utilizado é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Composição química dos substratos das dietas 1 e 2 e do inóculo utilizados na carga dos biodigestores.

Nutriente	Substrato Dieta 1	Substrato Dieta 2	Inóculo
pH	7,36	7,37	6,67
Nitrogênio (%)	2,55	3,06	2,28
Fósforo (g/100g)	1,38	1,44	1,00
Potássio (g/100g)	6,71	4,97	1,56
Cálcio (g/100g)	0,88	0,71	1,77
Magnésio (g/100g)	2,76	3,06	0,97
Sódio (g/100g)	1,72	2,55	9,20
Ferro (mg/100g)	456,1	545,7	388,7
Cobre (mg/100g)	12,95	24,16	6,74
Manganês (mg/100g)	26,95	21,04	26,08
Zinco (mg/100g)	76,18	63,42	28,26
Cobalto (mg/100g)	11,15	11,93	9,99

A partir do dia 21/06, iniciou-se a carga diária nos biodigestores, composta de 60,80 g de esterco + 139,20 g de água, perfazendo 0,20 litros de substrato por dia e tempo de retenção de 40 dias.

A produção do biogás foi determinada medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se pela área da seção transversal interna dos gasômetros, ou seja, 0,030887 m². Após cada leitura os gasômetros foram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás.

A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm. e 20° C, foi efetuada com base no trabalho de Caetano (1985), onde pelo fator de compressibilidade (Z), o biogás apresentava comportamento próximo ao ideal.

Conforme descrito por Caetano (1985), para a correção do volume de biogás, utilizou-se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, onde:

$$V_0 P_0 / T_0 = V_1 P_1 / T_1$$

Sendo que:

V_0 = volume de biogás corrigido, m³;

P_0 = pressão corrigida do biogás, 10322,72 mm de H₂O;

T_0 = temperatura corrigida do biogás, 293,15 °K;

V_1 = volume do gás no gasômetro;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9652,10mm de H₂O;

T_1 = temperatura do biogás , em °K, no instante da leitura.

Considerando-se a pressão atmosférica de Jaboticabal igual a 9641,77 mm de coluna d'água e pressão conferida pelos gasômetros de 10,33 mm de coluna d'água, obtém-se como resultado a seguinte expressão, para correção do volume de biogás:

$$V_0 = V_1 / T_1 \times 273,84575$$

5.6.3 Cálculo do potencial de produção de biogás

O potencial de produção de biogás foi calculado utilizando-se os dados de produção diária e as quantidades de estrume “in natura”, de substrato, de sólidos totais e de sólidos voláteis adicionados nos biodigestores, além das quantidades de sólidos voláteis reduzidos durante o processo de biodigestão anaeróbia. Os valores são expressos em m³ de biogás por kg de substrato, de dejetos ou de sólidos totais ou voláteis.

5.6.4 Análise Estatística

Os resultados de potencial de produção de biogás, gerados em ambos os experimentos realizados no ensaio de biodigestão anaeróbia foram comparados pelo teste de

Tukey ao nível de 5% de probabilidade, adotando-se um delineamento inteiramente casualizado com fatorial 2 x 2 x 3 (2 dietas, com e sem inóculo e 3 níveis de temperatura), considerando-se duas repetições por tratamento.

5.7 Metodologias utilizadas

5.7.1 Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis

Na determinação de sólidos totais as amostras (dejetos coletados no ensaio de caracterização, dejetos utilizados na formação, monitoramento e finalização das leiras de compostagem e vermicompostagem), dejetos utilizados para o processo de biodigestão anaeróbia (abastecimento), afluente (após o abastecimento) e efluente (no desabastecimento), foram acondicionadas em latinhas de alumínio, previamente taradas, pesados para obtenção do peso úmido (Pu) do material e após isto, levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante, sendo à seguir resfriadas em dessecador e novamente pesadas em balança com precisão de 0,01g, obtendo-se então o peso seco (Ps). O teor de sólidos totais foi determinado segundo metodologia descrita por APHA (1995).

Para a determinação dos sólidos voláteis, o material já seco em estufa, resultante da determinação dos sólidos totais, foi levado a mufla, em cadinhos de porcelana previamente tarados, e mantidos a uma temperatura de 575°C por um período de 2 horas, após queima inicial com a mufla parcialmente aberta e, em seguida, após o resfriamento em dessecadores, o material resultante foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0001g, obtendo-se o peso das cinzas ou matéria mineral. O teor de sólidos voláteis foi determinado segundo metodologia descrita por APHA (1992).

5.7.2 Digestão sulfúrica para quantificação de minerais

Após secas em estufa a 65° C, as amostras dos ensaios de compostagem, vermicompostagem e biodigestão anaeróbia foram trituradas em moinho de facas. Em seguida

efetuou-se a digestão sulfúrica, a fim de avaliar a composição química das mesmas. Para tanto, as amostras coletadas foram digeridas utilizando-se o digestor Digesdahl Hach, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 50%.

Com o extrato obtido desta digestão foi possível determinar-se os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco e Sódio segundo Bataglia et al. (1983).

O nitrogênio total foi determinado através da utilização do destilador de micro-Kjedahl, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ($(NH_4)_2SO_4$) em amônia (NH_3), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H_2SO_4 até nova formação de $(NH_4)_2SO_4$, na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por Silva (1981).

Os teores de fósforo foram determinados pelo método colorimétrico utilizando-se espectrofotômetro HACH modelo DR-2000. O método baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6N, onde a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de fósforo das amostras, através da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52 μ g de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por Malavolta (1991).

As concentrações de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

5.7.3 Teor de Carbono Orgânico

Os teores de Carbono Orgânico das amostras provenientes dos ensaios de caracterização dos dejetos, compostagem, vermicompostagem e biodigestão anaeróbia foram determinados segundo metodologia descrita em Kiehl (1985). Segundo o autor esta determinação fornece três informações: teor de matéria orgânica compostável, matéria orgânica resistente a compostagem e demanda química de oxigênio – DQO. O método de determinação do carbono orgânico fundamenta-se no fato da matéria orgânica oxidável ser

atacada pela mistura sulfo-crômica, utilizando-se o próprio calor formado pela reação do Dicromato de potássio com o ácido sulfúrico como fonte calorífica; o excesso de agente oxidante, que resta deste ataque, é determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal. O método oferece a vantagem de não oxidar a fração da matéria orgânica não decomponível durante o período de compostagem.

Para o cálculo do carbono orgânico utilizou-se a seguinte fórmula:

$$C\% = (V_1 - V_2) \times 0,003 \times 74,15 \times 1/p$$

Sendo:

C% = porcentagem de carbono orgânico

V₁= volume, em ml, de dicromato de potássio utilizado

V₂= volume, em ml, de sulfato ferroso amoniacal utilizado na titulação

p= peso da amostra tomada

A partir deste dado e dos valores de matéria orgânica total (sólidos voláteis - SV), pode-se calcular os seguintes parâmetros:

- *matéria orgânica compostável-MOC*: multiplicando-se o teor de carbono orgânico pelo fator 1,8;
- *matéria orgânica resistente à compostagem- MOR*: subtraindo-se do teor de matéria orgânica total (SV) o valor da matéria orgânica compostável;
- *demanda química de oxigênio – DQO*: o fundamento do cálculo baseia-se no fato de que na compostagem a matéria orgânica é oxidada pelos microrganismos formando gás carbônico, água e calor, como produtos primários de seus metabolismos; o cálculo pretende medir a oxidação biológica ocorrida no composto, pela determinação da oxidação química em laboratório. A DQO pode ser calculada pela fórmula:

$$DQO \text{ mg/g} = C \text{ orgânico } \% \times 26,66$$

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Quantificação dos dejetos produzidos: determinação do Coeficiente de Resíduo

Para facilitar a apresentação dos dados coletados no ensaio de quantificação dos dejetos produzidos, optou-se por agrupá-los por períodos, coincidentes com a pesagem dos animais. A quantidade de dejetos produzidos por animal, o ganho médio de peso, o fator ganho de peso e o coeficiente de resíduo em cada período considerado são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Dietas oferecidas aos animais e dados médios de resíduo gerado por animal, ganho de peso, fator ganho de peso e coeficiente de resíduo em cada período do confinamento.

PERÍODO	DIETA	RESÍDUO GERADO (MS) kg	GANHO DE PESO (PV) kg	FATOR GANHO DE PESO	CR kg dejetos (MS)/ Ganho de Peso (PV)
08/07 à 05/08	1 ^a	79	60,3	2,2	1,30
05/08 à 03/09	1 ^a	106	49,7	1,7	2,13
03/09 à 30/09	1 ^a	104	37,7	1,4	2,76
30/09 à 28/10	2 ^a	104	45,0	1,6	2,31
08/07 à 28/10	1^a e 2^a	383	192,7	1,7	1,99

Com relação à quantidade de dejetos gerado (Tabela 6), Van Horn (1994) comenta que diversos fatores podem estar envolvidos como a quantidade de fezes excretada pelos bovinos, entre eles pode-se citar: peso, idade, nível de produção, estado fisiológico, quantidade e qualidade do alimento fornecido aos animais, sistema de produção (pasto, confinamento ou semiconfinamento) e até mesmo com a estação do ano. Animais estabulados recebendo altos níveis de alimentação terão produção mais elevada de dejetos do que animais mantidos em regime de pastejo.

Hirata et al. (1990) verificaram que as quantidades excretadas podem variar de 0,67 a 3,30 kg de massa seca/bovino/dia. Já Marsh e Campling (1970) obtiveram médias de 19 a 40 kg fezes/dia como quantidades médias evacuadas pelos animais estimando entre 1,0 a 3,5 kg de massa seca/defecação nas diferentes categorias avaliadas. De maneira geral a quantidade de dejetos excretados por bovinos de corte é inferior, em comparação com vacas produtoras de leite, principalmente quando se toma como base animais em pastejo. Um bovino de corte excreta em média 24 kg /dia de dejetos frescos (Ensminger et al., 1990) e segundo Fraser (1980) uma vaca da raça Holandesa chega a defecar até 40 kg de fezes por dia.

O coeficiente de resíduo total determinado fornece uma estimativa do potencial de resíduos gerados em um sistema de confinamento para novilhos superprecoces, mais especificamente, para cada kg de animal produzido (peso vivo) será gerado 1,99 kg de resíduo (peso seco), sem considerar o período de adaptação.

Esta informação é valiosa tanto para o planejamento do sistema mais adequado para a reciclagem dos resíduos, levando em consideração aspectos práticos, econômicos, sociais e ambientais como para o planejamento do uso destes resíduos no solo, respeitando-se a capacidade suporte do ambiente (LUCAS JR., 1996).

Do ponto de vista energético, o conhecimento do coeficiente de resíduo, reflete o potencial de geração de resíduo passível de ser transformado em energia através de sistemas como os biodigestores. Segundo Santos (1998) os dejetos representam, ao mesmo tempo, um elevado potencial de poluição bem como uma alternativa energética, fertilizante e também alimentar para outras espécies. O direcionamento para cada uma dessas situações depende exclusivamente do manejo adotado que, quando bem conduzido, permite o aproveitamento quase que integral dos dejetos dentro das condições estabelecidas em cada propriedade.

Com relação a outros trabalhos em que se determinou o coeficiente de resíduos para animais pode-se citar Santos (1997) trabalhando com cama de frango, obtendo um CR de 0,521 (1º ciclo) e 0,439 kg de MS de cama/kg de peso vivo de ave produzida (cama reutilizada no 2º ciclo) e Santos (2001) avaliando a quantidade final de cama de aviário em diferentes densidades populacionais em galpões de frango de corte, obtendo CR com valores desde 0,730 (quando se adotou densidade de 10 aves/m² com um lote de criação sobre a cama) até 0,332 (com densidade 22 aves/m² com reutilização num segundo lote). Tomando-se a densidade de 16 aves/m² como base, obteve CR médio de 0,600, quando se cria apenas um lote sobre a cama e CR = 0,394, quando se reutiliza a cama num segundo lote. Em condições de campo (galpão comercial), obteve CR = 0,590.

Para os coeficientes de resíduo parciais observou-se um comportamento diferente do esperado, isto é, esperava-se um aumento do CR ao longo do tempo, uma vez que a tendência é a diminuição do ganho de peso dos animais. Entretanto, por se tratar de um sistema de confinamento diferenciado pela dieta oferecida aos animais, observou-se na última pesagem um aumento no ganho de peso enquanto nas anteriores observava-se tendência de diminuição. Este fato coincidiu com a mudança da dieta, ou seja, de 70% de concentrado e 30% de volumoso passou-se para 80% de concentrado e 20% de volumoso, o que pode ter causado aumento no ganho de peso dos animais e, por conseguinte diminuição do coeficiente de resíduo, embora não se espere este comportamento caso os animais continuassem confinados por mais tempo.

6.2 Caracterização dos dejetos produzidos

Na Tabela 7 estão apresentados os teores de sólidos totais (ST), umidade, sólidos voláteis (SV) e matéria mineral (MM) dos dejetos em cada período estudado.

Para efeito de comparação, entretanto, não se encontram na literatura trabalhos que relatem a caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces. Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa foram comparados aos resultados obtidos com dejetos provenientes de outros animais.

Tabela 7. Teores de ST, umidade, SV e MM nos dejetos em cada período estudado nas duas dietas oferecidas aos animais.

PERÍODO	DIETA	% ST	% UMIDADE	% SV	%MM
08/07 à 05/08	1 ^a	17,1	82,9	86,7	13,3
05/08 à 03/09	1 ^a	21,9	78,1	84,8	15,2
03/09 à 30/09	1 ^a	22,0	78,0	85,6	14,4
30/09 à 28/10	2 ^a	20,3	79,7	83,3	16,7
08/07 à 28/10	1^a e 2^a	20,3	79,7	85,1	14,9

Com relação aos dados apresentados na Tabela 7, pode-se dizer que a porcentagem de sólidos totais (ST) de um dejetos varia muito em função do consumo de água pelo animal, dentre outros fatores. Em uma dieta rica em proteína, o consumo de água é maior, o que resulta em maior produção de urina nas defeções, diminuindo assim os valores de ST. Amorim (2002) trabalhando com dejetos de caprinos alimentados com diferentes dietas e categorias de animais, classificados por idade, também observou diferenças na produção de urina relacionada à composição da dieta, quanto mais energética a dieta, maior a necessidade de água para melhorar a eficiência da digestão.

Comparando-se os resultados de ST encontrados com os observados por outros autores ao estudarem dejetos de bovinos, pode-se citar Hardoim & Lucas Jr. (1998), em trabalho com esterco bovino, encontraram em média 20,6% de ST e Xavier (2005) trabalhando com dejetos de vacas leiteiras encontrou valores de ST variando de 17,90 e 21,13 (ensaio de primavera/verão) e 23,16 e 24,83 (outono/inverno)

Os teores de sólidos voláteis (SV) expressam a porcentagem dos sólidos totais passível de ser decomposta, quando o resíduo for submetido aos processos biológicos de reciclagem da matéria orgânica. Assim, quanto maior a porcentagem de SV do dejetos, maior a possibilidade de geração de gás metano através da biodigestão anaeróbia ou, por outro lado, menor a quantidade de nutrientes presentes no dejetos, representado pelo teor de matéria mineral (MM). Santos (1997) encontrou valores de ST iguais a 80,70%, 78,31% e 80,70%, dos quais 80,13%, 80,09% e 77,46% eram voláteis, respectivamente para camas de aviário do primeiro ciclo em que se utilizou capim napier (N), capim napier + maravalha (NM) e maravalha (M) como materiais originais. As camas obtidas após o segundo ciclo

apresentaram-se com 67,74%, 66,59% e 69,02% de ST, dos quais 78,26%, 80,30% e 80,90% eram voláteis, respectivamente para N, NM e M. Kalia & Singh (1997) trabalhando com dejetos de bovinos, encontraram teores de SV de 89,10%. Güngör-Demirce & Demirer (2004) obtiveram valores de SV iguais a 83,20% em dejetos de bovinos.

Com relação aos valores de matéria mineral (MM), Santos (1997) encontrou 21,64%, 21,40% e 24,03% para as camas do primeiro ciclo com N, NM e M, respectivamente, como materiais originais e 22,00%, 21,03% e 19,33% para as camas do segundo ciclo. Martins (1997) trabalhando com dejetos de suínos raspados do piso das baias de animais em crescimento e terminação obteve valor médio de 14,67%, próximo aos encontrados para o dejetos dos novilhos superprecoces, 14,9%.

A composição bromatológica dos resíduos foi realizada com as amostras coletadas semanalmente. Na Tabela 8, apresentam-se os valores médios encontrados, agrupados por períodos, bem como a média geral de todo o período de confinamento estudado.

Tabela 8. Composição bromatológica dos dejetos coletados durante o ensaio de caracterização.

PERÍODO	DIETA	% PB	%FB	%EE	%FDN	%FDA	%ENN	%NDT
08/07 à 05/08	1 ^a	14,1	21,9	1,9	54,3	35,0	48,8	62,91
05/08 à 03/09	1 ^a	14,1	23,8	2,3	52,3	36,1	44,6	61,35
03/09 à 30/09	1 ^a	14,3	19,9	2,5	51,4	31,8	48,9	63,98
30/09 à 28/10	2 ^a	13,4	18,1	2,0	47,6	30,0	49,8	63,84
08/07 à 28/10	1^a e 2^a	14,0	20,7	2,2	51,9	33,3	48,2	63,16

O termo proteína bruta envolve grande grupo de substâncias com estruturas semelhantes, porém com funções fisiológicas muito diferentes (SILVA & QUEIROZ, 2002). Loehr (1984) apresenta valor de 16,5% para PB em dejetos de gado de corte; Santos (1997) trabalhando com cama de aviário após um e dois ciclos de criação, obteve valores médios de PB de 16,33 e 19,08% respectivamente para o material obtido no primeiro e segundo ciclos de criação. Martins (1997) trabalhando com dejetos de suíno encontrou valor médio de PB de 24,27%.

Sob o termo fibra bruta encontram-se as frações de celulose e lignina insolúvel. Fibra bruta é a parte dos carboidratos resistente ao tratamento sucessivo com ácido e

base diluídos, representando a grande parte da fração fibrosa dos alimentos. A maior fração da fibra bruta, a celulose, é bem aproveitada pelos ruminantes, uma vez que os microrganismos do rúmen são capazes de desdobrá-la, formando ácidos graxos voláteis, que são fonte de energia para esses animais (SILVA & QUEIROZ, 2002). Observa-se pela Tabela 7, um decréscimo nos valores de FB de acordo com o tempo. Este fato pode estar relacionado à mudança da dieta 1 para a dieta 2, uma vez que esta apresenta teor de volumoso de apenas 20% , como pode ser observado na Tabela 1. Loehr (1984) apresenta valor de 22,6% para FB em dejetos de bovinos de corte; Santos (1997) obteve teores médios de FB iguais a 27,19% para a cama de aviário do primeiro ciclo e 22,94% para a cama de aviário reutilizada.

Os valores de extrato etéreo ou gordura bruta expressam a porcentagem de gordura do material, sendo útil para quantificar energia. Os materiais com altos teores de gordura têm altos valores de NDT (nutrientes digestíveis totais), pelo fato das gorduras fornecerem 2,25 vezes mais energia quando comparadas com os carboidratos e proteínas. Os valores de extrato etéreo encontrados, média de 2,2%, são superiores aos encontrados por Santos (1997), 1,28% e 1,11% para o primeiro e segundo ciclos em cama de aviário, respectivamente; porém inferiores ao encontrado por Loehr (1984) em dejetos de bovino de corte, 2,8% e Martins (1997) em dejetos de suínos, 7,95%.

O teor de Fibra em detergente Neutro (FDN) expressa a porcentagem dos principais componentes da parede celular das plantas (celulose, hemicelulose e lignina), proteína danificada pelo calor e proteína da parede celular. A Fibra em Detergente Ácido (FDA) é a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen (SILVA & QUEIROZ, 2002). Os teores de FDN encontrados para os dejetos de novilhos superprecoces estão próximos aos encontrados por Rocha (2002), que obteve teores variando de 53,1%; 53,1%; 57,4%; 68,3% e 64,8% para fezes de ovinos que receberam dietas com 80% de concentrado e 20% de volumoso, variando-se os níveis de PB em 12%,14%,16%,18% e 20% com base na matéria seca. Já para os teores de FDA, os dejetos de novilhos superprecoces apresentaram valores menores quando comparados aos obtidos por Rocha (2002), que variaram em 51,6%, 55,8%, 57,3%, 66,3% e 63,6% nas dietas com 12,14,16,18 e 20% de PB. Os valores de FDA dos dejetos produzidos por novilhos superprecoces indicam que este resíduo é mais facilmente digerível do que os dejetos produzidos por ovinos.

Com relação à extrativos-não-nitrogenados (ENN) estes representam todos os componentes que não contêm nitrogênio em sua composição, o que indiretamente pode ser uma estimativa dos carboidratos, principalmente os carboidratos de mais fácil digestão, ou seja, os amidos e açúcares. Os teores de ENN dos dejetos de novilhos superprecoce são maiores do que os encontrados por Santos (1997) em cama de aviário, tanto no primeiro ciclo (32,85%) como no segundo ciclo (36,08%).

O teor de NDT representa o valor energético do material, o valor encontrado 63,16% é superior ao apresentado por Loehr (1984), 48,5% em dejetos de bovinos de corte.

Os dados da Tabela 9 revelam um aumento do volume de dejetos excretado por quilo de ração ingerida. Este dado demonstra que quanto mais velhos os animais, menor o aproveitamento da ração e maior a perda de nutrientes pelas fezes. Amorim (2002), entretanto, encontrou valores maiores de fezes excretadas por ração ingerida, em animais mais jovens (caprinos), com idade de 02 a 04 meses, e justificou este fato devido à capacidade de aproveitamento dos alimentos ingeridos pelos animais, uma vez que estes animais apresentavam aparelho digestório menos desenvolvido.

Tabela 9. Consumo de ração por animal, determinado na baía contendo animais da raça BRANGUS e relação entre dejetos gerados e ração consumida por animal nos períodos estudados.

PERÍODO	DIETA	Consumo diário de ração por animal (kg da MS)	Produção de dejetos (MS)/ consumo de ração (MS)
08/07 à 05/08	1 ^a	8,37	0,34
05/08 à 03/09	1 ^a	9,29	0,39
03/09 à 30/09	1 ^a	5,50	0,65
30/09 à 28/10	2 ^a	5,59	0,64

Com relação à caracterização químico-mineral dos dejetos produzidos, elaborou-se a Tabela 10, onde são apresentados os teores de macro e micronutrientes dos dejetos, em cada período estudado, bem como os teores médios considerando o período total do confinamento.

Tabela 10. Composição química dos dejetos produzidos durante os diferentes períodos do confinamento.

PERÍODO	DIETA	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C:N	pH
08/07 à 05/08	1 ^a	2,4	1,9	1,5	78,5	43,7	2,2	0,6	0,3	4725	117	2169	131	269	19:1	7,6
05/08 à 03/09	1 ^a	2,4	1,7	1,3	77,0	42,7	2,9	0,5	0,3	4250	97	2119	115	193	19:1	7,6
03/09 à 30/09	1 ^a	2,3	1,5	1,2	76,0	42,0	2,3	0,4	0,3	4700	69	1681	95	195	19:1	7,2
30/09 à 28/10	2 ^a	2,4	1,8	1,3	76,0	42,1	3,2	0,5	0,3	3667	95	1585	125	192	18:1	7,3
08/07 à 28/10	1^a e 2^a	2,4	1,7	1,3	77,0	42,6	2,7	0,5	0,3	4336	95	1889	117	212	19:1	7,4

Segundo Eghball (2000), alguns fatores podem afetar a composição mineral dos dejetos, como tamanho e espécie do animal, tipo de ração, armazenamento dos dejetos e condições climáticas. Em experimento realizado por Overcash et al. (1983), os teores de N encontrados nos dejetos de gado bovino foram 31, 42, 27 e 19 g N kg⁻¹ (peso seco) quando foram coletados por raspagem em piso de cimento, canaleta, cama e baia, respectivamente. Com relação às perdas, o N é frequentemente perdido por volatilização de amônia em dejetos estocados. Gilbertson et al. (1971) recuperaram apenas 42 a 55% do N excretado em dejetos de confinamento, indicando que o restante fora perdido.

As concentrações de nutrientes nos dejetos produzidos pelos bovinos variam significativamente, principalmente de acordo com a ingestão de alimento e os níveis de suplementação (Van Horn, 1994). De maneira geral, os dejetos produzidos pelos bovinos destinados ao abate, apresentam características menos poluidoras do que os excretados por suínos, no entanto não devem ser encarados somente sob este ponto de vista, pois devido aos bovinos serem maiores, excretam maiores quantidades e apresentam maior idade de abate, em comparação com os suínos.

Uma preocupação constante é a concentração de nutrientes nos dejetos, pois segundo Kelleher et al. (2002) de 60 a 80% do N total contido no esterco fresco, está na forma de uréia e proteínas. Dependendo das condições ambientais uma considerável parcela do N orgânico será convertida em amônia, que poderá ocorrer na forma gasosa (NH₃) ou ionizada (NH₄⁺), sendo esta última prontamente solúvel em água. O NH₃ será facilmente perdido para a atmosfera, por volatilização e o NH₄⁺ poderá ser transformado em nitrato (NO₃) por ação dos microrganismos.

Tamminga (1992) ressaltou que, em média, de 75 a 85% do N ingerido por vacas produtoras de leite será perdido na forma fezes e urina; exemplificou que uma vaca leiteira que consome 88,0 kg de N ao ano, irá utilizar 33,0 kg e 4,0 kg do elemento para a produção de leite e tecido muscular, respectivamente, sendo o N restante perdido nas excretas.

A composição dos dejetos de bovinos destinados ao abate foi avaliada por Güngör – Demirci e Demirer (2004), que observaram teores de 16,9 e 83,2% para os ST e SV, respectivamente, demanda química de oxigênio igual a 1237,5 mg O₂/g de massa seca,

sendo que a DQO dissolvida representou 10% deste valor, e concentrações de 4,5, 2,4 e 3,4 mg de N, NH₃ e P, respectivamente, por grama de massa seca dos dejetos.

A composição química de dejetos de novilhos superprecoces não foi encontrada na literatura a fim de se comparar com os dados obtidos nesta pesquisa. Assim, tornou-se necessário comparar os resultados aqui obtidos com outros em que se determinou a composição dos dejetos de diferentes animais (Tabela 11).

Tabela 11. Valores da composição química de outros dejetos comparados com os produzidos por novilhos superprecoces.

	Tipos de dejetos				
	Bovino Leite ¹	Caprinos ²	Aves ³	Suínos ⁴	Novilho Superprecoce
N (% MS)	4,3	1,39	3,65	2,01	2,4
P ₂ O ₅ (% MS)	1,8	1,9	3,0	0,89	1,7
K ₂ O (% MS)	2,9	0,7	4,0	1,00	1,3
Ca (% MS)	1,72	0,43	2,5	0,03	2,7
Mg (% MS)	0,67	0,22	0,63	0,02	0,5
S (% MS)			0,033		0,3
Na (mg/kg)	7700	3400	3866	2900	4336
Cu (mg/kg)		50	388	159,4	95
Fe (mg/kg)		3400	1787	4682	1889
Mn (mg/kg)		283	415	83,9	117
Zn (mg/kg)		261	298	145,1	212

Fonte: 1. Van Horn et al. (1994); 2. Amorim (2002); 3. Santos (1997); 4. Serafim (2004)

Pode-se observar pelos dados da Tabela 11 que os teores dos principais elementos encontrados nos dejetos de novilhos superprecoce são semelhantes aos teores encontrados em outros dejetos, chamando a atenção para os altos valores de Na encontrados. Este fato pode estar associado à dieta recebida pelos animais, ou seja, dietas com alto teor de concentrado, proporcionam maior concentração de Na excretado. Outro aspecto diz respeito

ao fato das amostras dos dejetos de novilhos superprecoces serem compostas de fezes + urina, sendo esta última rica em Na (AMORIM, 2002).

Os teores de matéria orgânica e carbono determinados nos dejetos de novilhos superprecoces são relativamente baixos quando comparados com os encontrados em outros dejetos. Sestak (2002) obteve teor de 58,9% de C em esterco bovino; porém Van Horn (1994) apresentou valor de 42,4% para dejetos de vacas leiteiras. Este fato está relacionado à baixa quantidade de volumoso consumida pelos animais, ou seja, pouca quantidade de fibra rica em carbono.

Com base nas informações obtidas junto ao Setor de Confinamento da FCA/Unesp, elaborou-se a Tabela 12, contendo a idade e os pesos dos animais avaliados.

Tabela 12. Peso médio por animal, obtido na baia contendo animais da raça BRANGUS, durante o confinamento.

Dia da Pesagem	Idade do animal (dias)	Peso (kg)
28/05	240	271,7
08/07	281	316,5
05/08	309	377,0
03/09	338	426,5
30/09	365	464,0
28/10	393	509,2

Observa-se pelos dados da Tabela 12, que em 08/07, início do processo de engorda no modelo superprecoce, os animais pesavam em média 316,5 kg. Após a última pesagem em 28/10 os animais foram enviados para abate com peso médio de 509,2 kg. Obteve-se, portanto, em média, um aumento de 192,7 kg por animal, desconsiderando o período de adaptação (41 dias). Considerando o CR encontrado (Tabela 6), estima-se que cada animal produziu durante o período de confinamento aproximadamente 383 kg de resíduo na base seca ou aproximadamente 1915 kg de resíduo (fezes + urina) considerando um teor de sólidos totais de aproximadamente 20% (Tabela 7).

Porém, se for considerado o período de adaptação, quando o animal recebeu dieta composta de 60% de volumoso + 40% de concentrado, e apresentou 44,80 kg de

ganho de peso, pode-se estimar o coeficiente de resíduo neste período, no caso 3,03. Com este dado e considerando o ganho de peso, aplica-se a fórmula: $CR = \text{kg de dejetos (MS)} / \text{kg de ganho de peso dos bovinos}$, obtém-se a quantidade de dejetos (MS) produzida no período, ou seja, 46,37 kg dejetos (MS)/animal durante o período de adaptação. Assim, a quantidade de dejetos total produzida por animal durante todo o período de confinamento (28/05 à 28/10), considerando um CR de 3,03, é de 515,4 kg na matéria seca, ou 2577 kg (fezes + urina), considerando um teor de ST = 20%.

Com base nestas informações e de acordo com a composição química dos dejetos (Tabela 10), elaborou-se a Tabela 13, onde se pode observar a quantidade de nutrientes contidos nos dejetos produzidos por apenas um animal durante os diferentes períodos estudados, bem como a quantidade total de dejetos gerado durante todo período de engorda (considerando o período de adaptação). Os resultados da Tabela 13 são expressivos e permitem que se elaborem algumas considerações do ponto de vista ambiental e econômico.

Todo o processo de transformação da matéria-prima gera resíduo. A quantidade gerada e a frequência desta geração são aspectos importantes que devem ser considerados em um plano estratégico de gerenciamento de resíduos.

Do ponto de vista ambiental, a geração de resíduos em um sistema de produção animal é um dos aspectos mais relevantes. Atualmente, a demanda por produtos de origem animal tem aumentado, porém aumenta na mesma escala a preocupação com a qualidade e segurança do processo produtivo, principalmente nos países europeus (TAMMINGA, 2003).

Para Fischer (2005) a maior preocupação ou necessidade de um plano de manejo é obter o maior valor nutricional possível dos dejetos a serem aplicados no solo para o desenvolvimento das plantas. O aumento da concentração animal nas propriedades preocupa os produtores com relação ao impacto do excesso de nutrientes comprometendo a qualidade ambiental. O excesso de N no solo pode lixiviar até o lençol freático aumentando o teor de nitrato na água potável. O movimento de N, P e K no solo por escoamento superficial aumenta o potencial de contaminação da água dos rios. Com estas duas preocupações em mente, um bom programa de manejo de nutrientes irá reduzir o custo de energia associado ao manejo dos dejetos e manter a qualidade ambiental.

Tabela 13. Quantidades médias de nutrientes produzidos por animal durante os períodos de confinamento, considerando o total de resíduo gerado.

PERÍODO	DIETA	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C:N	pH	g/kg dejetos (MS)/animal	
																	kg/animal	
08/07 à 05/08	1 ^a	1,9	1,5	1,2	62,0	34,5	1,7	0,5	0,2	373	9,2	171	10	21	19:1	7,6		
05/08 à 03/09	1 ^a	2,5	1,8	1,4	82,0	45,3	3,1	0,5	0,3	451	10,3	225	12	21	19:1	7,6		
03/09 à 30/09	1 ^a	2,4	1,6	1,2	79,0	43,7	2,4	0,4	0,3	489	4,8	175	10	20	19:1	7,2		
30/09 à 28/10	2 ^a	2,5	1,9	1,4	79,0	43,8	3,3	0,5	0,3	381	9,9	165	13	20	18:1	7,3		
28/05 à 28/10	TODAS	12,4	8,8	6,7	397,0	219,6	13,9	2,6	1,6	2200,0	50,0	1000,0	60,0	110	19:1	7,4		

As perdas de nutrientes provenientes da criação animal comprometem a qualidade ambiental de diversas maneiras, seja pela contaminação de águas superficiais e subterrâneas, seja pela emissão de gases que geram o efeito estufa. Para Güngör – Demirci & Demirer (2004), a criação de animais em sistemas confinados tem colaborado para a intensificação dos problemas ambientais, principalmente por esta atividade estar concentrada em determinadas regiões, resultando em limitação de espaço físico para a disposição dos resíduos, aumento das emissões de CO₂ e CH₄ e eutrofização de fontes de água e poluição do solo, principalmente pelo acúmulo de N e P.

Entretanto, ao mesmo tempo em que se configuram como poluentes em potencial, os dejetos gerados nos sistemas intensivos de criação de animais, caracterizam-se como verdadeiros reservatórios de nutrientes, constituídos de grande quantidade dos principais elementos responsáveis pelo desenvolvimento das culturas.

Inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o cultivo de plantas de valor comercial utilizando-se exclusivamente a adubação orgânica (SILVA, 1999; SORENSEN, 2001; BURIN, 2002 e GHOSH et al., 2004) proveniente de um processo de reciclagem de dejetos, seja este a compostagem, vermicompostagem ou biodigestão anaeróbia.

6.3 Ensaio de Compostagem

6.3.1 Condução das leiras

Os resultados obtidos com a implantação e finalização das leiras de compostagem das três dietas são apresentados na Tabela 14 com relação à quantidade do material enleirado (matéria natural -MN e matéria seca - MS), volume inicial e final, teores de sólidos totais e voláteis e % de redução.

As porcentagens de redução da matéria seca durante o processo de compostagem dos dejetos de novilhos superprecoces podem ser comparadas à de outros autores, quando trabalhando com diferentes dejetos.

Tabela 14. Quantidade (em kg) de matéria natural (MN) e seca (MS), % de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), % de redução de MS, de SV e de volume das leiras no início e final do processo de compostagem, nas três dietas avaliadas.

DIETA		1 ^a	2 ^a	3 ^a
MN (kg)	INÍCIO	1100,0	1000,0	1000,0
	FINAL	397,2	301,2	316,6
MS (kg)	INÍCIO	271,92	219,2	218,2
	FINAL	150,80	130,5	122,7
	<i>% redução</i>	<i>44,50</i>	<i>40,5</i>	<i>43,8</i>
% ST	INÍCIO	24,72	21,92	21,82
	FINAL	37,97	43,31	38,75
% SV	INÍCIO	85,20	82,0	88,0
	FINAL	74,7	72,0	74,8
	<i>% redução</i>	<i>12,3</i>	<i>12,2</i>	<i>15,0</i>

Sestak (2002) trabalhando com compostagem de algodão inoculado com conteúdo ruminal, encontrou 30% de redução em peso após 45 dias de compostagem. Gorgati (2001) trabalhando com a fração orgânica do lixo urbano encontrou redução de 46,9% e 47,1% em peso para leiras descobertas e cobertas respectivamente.

A redução da massa de compostagem varia de acordo com vários fatores, como tamanho da leira, umidade, aeração, temperatura e relação C:N (Kiehl, 1985) e se refere à quantidade de carbono que é perdido durante o processo de respiração dos microrganismos na forma de CO₂. A qualidade do C a ser digerido também interfere na velocidade e na quantidade de carbono que será transformado em CO₂ durante a compostagem. Quanto mais recalcitrante for o carbono (maravalha, por exemplo), menor será a velocidade de decomposição e menor a porcentagem de redução final em peso num mesmo período de tempo.

A Tabela 15 apresenta os dados de C, N, relação C:N, matéria orgânica (MO), matéria orgânica compostável (MOC), matéria orgânica resistente a compostagem (MOR) e demanda química de oxigênio (DQO), no início e ao final do processo de

compostagem, nas dietas estudadas. Os dados da Tabela 15 mostram diferenças interessantes em alguns parâmetros, os quais interferem diretamente no processo de compostagem.

Tabela 15. Porcentagens de C e N, relação C:N, MOC, MOR e DQO, no início e ao final do processo de compostagem.

	C (%)	N (%)	C:N	MOC (%)	MOR (%)	DQO (mg/g)
1ª dieta						
INÍCIO	30,1	2,3	13:1	54,2	31,0	802,4
FINAL	15,2	3,5	4:1	27,3	47,4	404,6
<i>% Variação</i>	- 49,5	+ 52,2	- 69,2	- 49,6	+ 52,9	- 49,6
2ª dieta						
INÍCIO	31,0	2,6	12:1	55,0	27,0	816,0
FINAL	25,0	3,8	7:1	45,0	27,0	664,0
<i>% Variação</i>	- 19,4	+ 46,1	- 41,7	- 18,2	0	- 18,6
3ª dieta						
INÍCIO	30,3	2,7	11:1	54,5	33,6	807,0
FINAL	24,4	3,9	6:1	44,0	30,8	651,3
<i>% Variação</i>	- 19,5	+ 44,4	- 45,5	- 19,3	- 8,3	- 19,3

Observa-se que o teor inicial de C é praticamente o mesmo para as três dietas. Entretanto, a variação nos teores de C inicial e final é bem maior nos dejetos provenientes dos animais que receberam a 1ª dieta do que nas duas outras. O mesmo comportamento foi observado para o parâmetro matéria orgânica compostável (MOC), ou seja, uma maior redução da MOC foi observada nos dejetos provenientes de animais alimentados com a dieta 1, embora a porcentagem inicial de MOC fosse semelhante para os dejetos provenientes dos animais alimentados com as três dietas. Este fato pode estar relacionado tanto com o tipo de C existente nos dejetos como com o próprio processo de compostagem. Para os teores de matéria orgânica resistente à decomposição (MOR), observou-se aumento da porcentagem ao final do processo de compostagem dos dejetos produzidos pelos animais que receberam a dieta 1. Para os dejetos produzidos por animais

alimentados com a dieta 2 não houve variação dos valores de MOR e para os dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 3 observou-se redução de 8,3%. Com relação aos dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 1, pode-se inferir que como houve maior redução da MOC houve aumento da MOR. Porém para os dejetos produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3, o comportamento da MOR exige uma explicação com base no tipo de C existente, cuja análise não foi realizada.

A relação C:N encontrada está abaixo daquela considerada ótima para o desenvolvimento do processo de compostagem (entre 26 e 35:1) segundo Kiehl (1985).

Com relação aos teores de N observa-se que em todas as leiras houve concentração de N pela perda de C. Isso indica que durante o processo de compostagem as perdas de N não foram significativas, ou seja, as condições de umidade e aeração estavam adequadas (KIEHL, 1985). Gorgati (2001) e Amorim (2002), entretanto, observaram decréscimos nos teores de N ao término do processo de compostagem.

A Demanda Química de Oxigênio é um parâmetro que permite avaliar o potencial poluente de um resíduo. Gorgati (2001) obteve redução média de 52,6% nos valores de DQO através da compostagem na fração orgânica do lixo urbano.

6.3.2 Monitoramento da Temperatura

O monitoramento da temperatura nas leiras de compostagem foi diário. Para fins de discussão serão apresentadas as médias semanais da temperatura, em ° C, a temperatura máxima atingida, o dia da ocorrência e os tempos de compostagem e pré-secagem (Tabela 16) e o monitoramento diário da temperatura no interior da leira e no ambiente, em forma de gráfico (Figuras 11 a 13).

Observa-se pela Tabela 16, o comportamento diferenciado do processo de compostagem de dejetos de novilhos superprecoces com relação à temperatura. As temperaturas observadas na dieta 1 foram inferiores às observadas nas duas outras dietas. Dois fatos podem ter influenciado neste comportamento. Ao se observarem os tempos de compostagem, nota-se que a leira em que se utilizou dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 1 permaneceu mais tempo em pré-secagem (54 dias) do que as outras duas (21 dias). Esse procedimento teve que ser adotado dada a umidade do material original

(esterco) e a temperatura ambiente (inverno). Neste espaço de tempo, a decomposição dos materiais de mais fácil degradação (açúcares e hemicelulose) ocorreu sem monitoramento da temperatura.

Tabela 16. Temperaturas médias semanais (° C), máximas observadas durante a compostagem, dia da ocorrência, tempos de pré-secagem, compostagem e total (dias).

SEMANAS	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3
1	48,4	31,9	28,3
2	51,9	53,4	39,9
3	53,8	63,1	60,3
4	50,8	62,9	61,3
5	42,9	55,1	57,9
6	51,0	47,4	54,1
7	37,0	51,1	53,8
8	32,8	52,1	51,8
9		48,5	44,6
10		43,7	42,2
11		35,3	32,4
12		35,3	31,7
Temperatura máxima	61,0	68,7	65,0
Pico de temperatura (dia)	17°	48°	56°
Tempo de pré-secagem (dias)	54	21	21
Tempo de compostagem (dias)	56	87	87
Tempo total (dias)	110	108	108

Ao se enleirar o material, a temperatura rapidamente subiu, tendo atingido o pico de temperatura aos 17 dias após a montagem da leira, caracterizando esta como sendo a fase ativa do processo. A fase ativa do processo de compostagem se caracteriza pelo desenvolvimento de reações bioquímicas mais intensas, apresentando temperaturas termofílicas, consequência da elevada atividade microbológica de degradação da matéria

orgânica. Com a exaustão da fonte de carbono mais disponível, a temperatura cai para valores em torno de 40° C, indicando, portanto, o término da primeira fase (ativa) (VITORINO & PEREIRA NETO, 1994). A fase ativa do processo de compostagem da leira em que se utilizou dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 1 permaneceu por aproximadamente 45 dias, quando as temperaturas diminuíram, atingindo valores próximos à temperatura ambiente em torno dos 59 dias após o enleiramento.

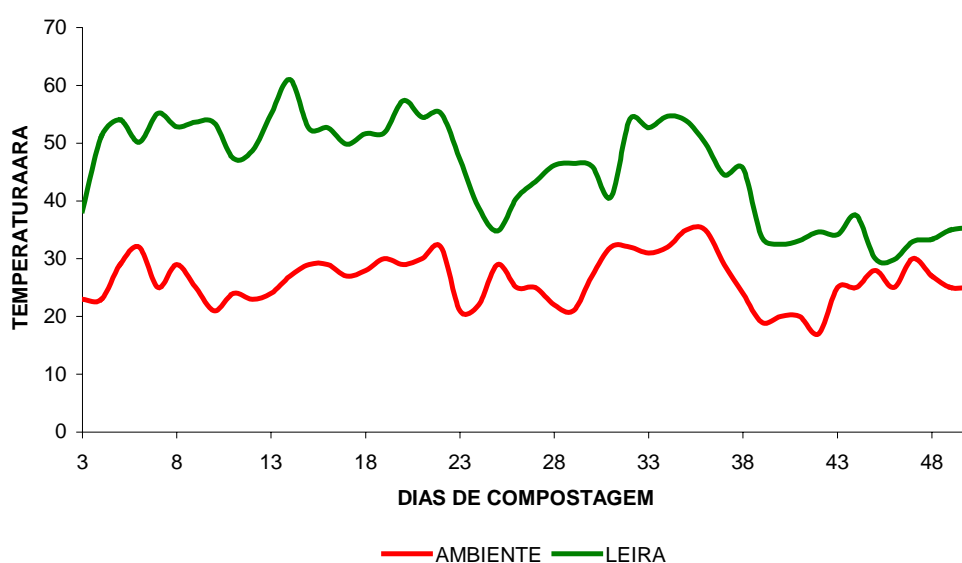


Figura 11. Monitoramento diário da temperatura no interior da leira e no ambiente durante a compostagem dos dejetos de novilhos superprecoces que receberam a dieta 1.

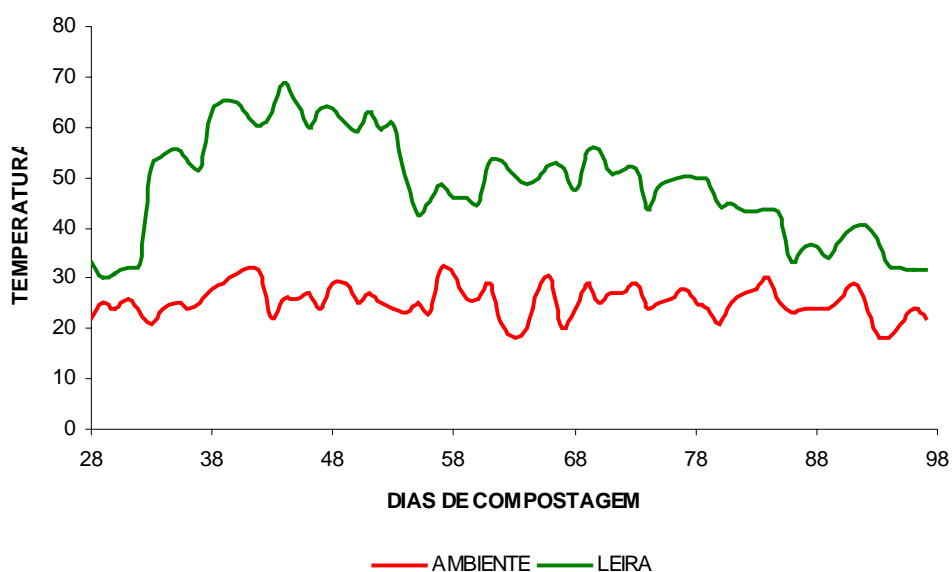


Figura 12. Monitoramento diário das temperaturas no interior da leira e no ambiente durante a compostagem dos dejetos de novilho superprecoce que receberam a dieta 2.

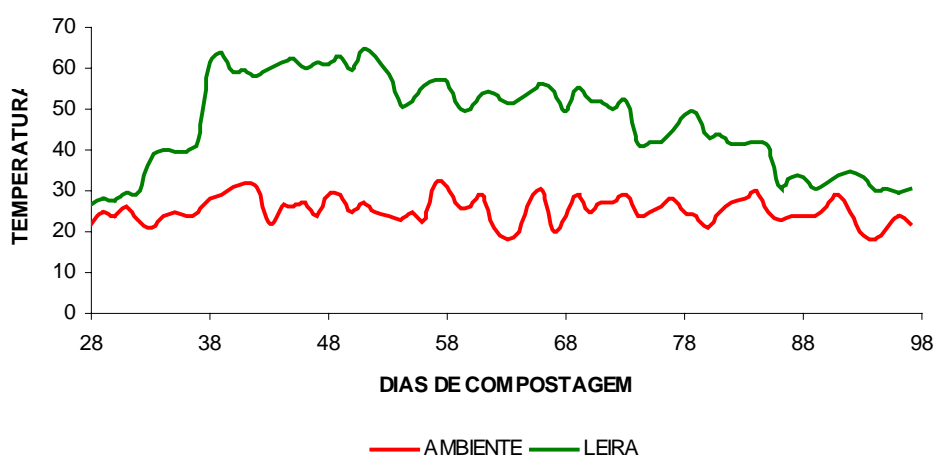


Figura 13. Monitoramento diário das temperaturas no interior da leira e no ambiente durante a compostagem dos dejetos de novilho superprecoce que receberam a dieta 3.

O comportamento das leiras em que se utilizou dejetos produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3 foi bastante semelhante. Como o período de pré-secagem foi menor (21 dias), pôde-se observar o processo de compostagem antes do início da fase ativa ou fase termófila, quando as temperaturas se elevam rapidamente até atingir o pico.

No caso da leira em que se utilizou dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 2, o pico máximo de temperatura se deu aos 48 dias após o enleiramento e na leira em que se utilizou dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 3, aos 56 dias após o enleiramento. Essa relativa demora para atingir o pico de temperatura está relacionada ao teor de umidade das leiras. Quando foram confeccionadas as leiras de compostagem, o material (dejetos) encontrava-se com 78% de umidade (ambas as dietas), apesar de permanecer por 21 dias esparramado para secagem. No primeiro revolvimento, onze dias após, a umidade da massa de compostagem era de 72% para a leira 2 (dieta 2) e 76% para a leira 3 (dieta 3). A umidade só atingiu índices adequados para a compostagem, em torno de 60%, (Kiehl, 1985; Nakagawa, 1992 e Pereira Neto, 1994) aproximadamente 30 dias após o enleiramento, mesmo realizando-se revolvimentos semanais.

A excessiva umidade do material favoreceu a proliferação incontrolável de moscas no período da pré-secagem, principalmente nos dejetos provenientes de animais alimentados com as dietas 2 e 3.

6.3.3 Composição química do material enleirado e do composto

Na Tabela 17 são apresentados os valores de pH e condutividade elétrica (CE) do material antes e após o processo de compostagem, considerando as três dietas estudadas.

Tabela 17. Valores de pH e condutividade elétrica (CE) em mS/cm no início e ao final do processo de compostagem, nas três dietas estudadas.

	Período	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
pH	Início	8,8	7,3	7,3
	Final	8,5	7,8	7,1
	<i>% Variação</i>	- 3,41	+ 6,85	- 2,74
CE	Início	5,1	5,0	4,2
	Final	7,2	9,2	8,1
	<i>% Variação</i>	+ 41,2	+ 84,0	+ 92,9

O comportamento dos parâmetros pH e CE durante todo o processo de compostagem foi medido semanalmente, podendo ser visualizado pelas Figuras 14 e 15, respectivamente.

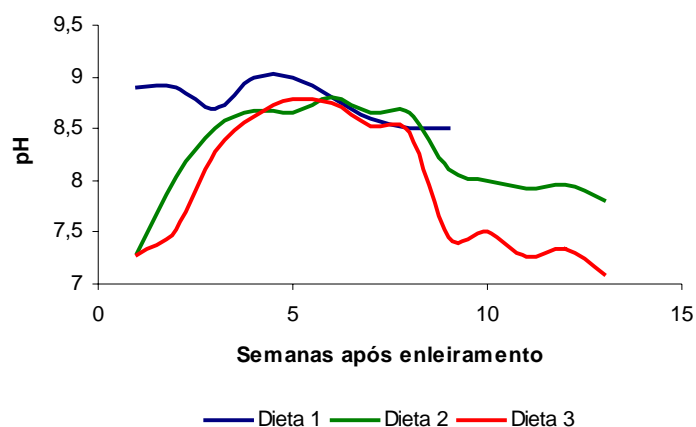


Figura 14. Variação do pH durante o processo de compostagem nas três dietas estudadas.

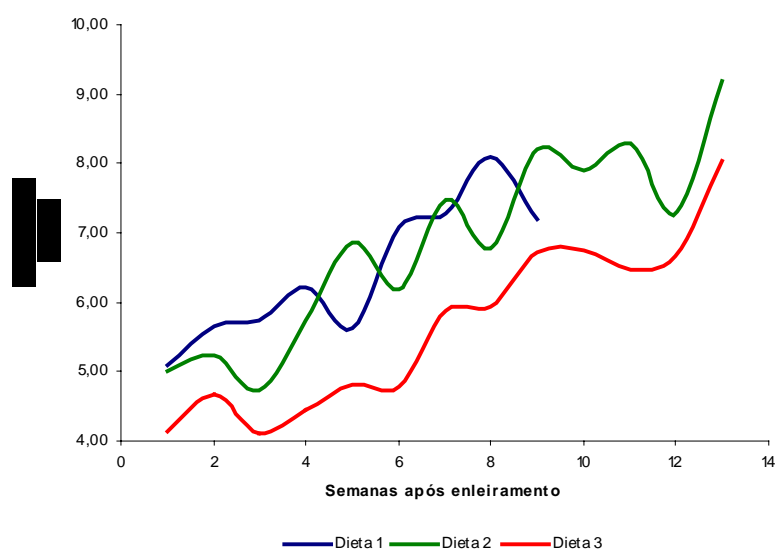


Figura 15. Variação da Condutividade Elétrica durante o processo de compostagem nas três dietas estudadas.

Na Tabela 18 são apresentadas as quantidades médias (na matéria seca) de macronutrientes, em quilos, e de micronutrientes, em gramas, nas leiras, no início e no final

do processo de compostagem, assim como as variações, em %, dos nutrientes, nas diferentes dietas estudadas.

Tabela 18. Quantidades médias, na MS, de macronutrientes na leira (em kg) e de micronutrientes (em g) nos períodos inicial e final e % de variação dos nutrientes durante a compostagem, nas três dietas estudadas.

	Nutriente	Período	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Massa Total na Leira (kg)	Fósforo	Inicial	0,65	0,64	0,65
		Final	0,65	0,74	0,75
	<i>% variação</i>		0	+ 15,63	+ 15,38
	Potássio	Inicial	11,1	8,29	7,68
		Final	8,6	7,73	6,58
	<i>% variação</i>		- 22,52	- 6,76	- 14,32
	Cálcio	Inicial	1,17	0,59	0,63
		Final	0,89	1,16	0,92
	<i>% variação</i>		- 23,93	+ 96,61	+ 46,03
Magnésio	Inicial	1,85	1,58	1,66	
	Final	1,83	1,94	2,21	
<i>% variação</i>		- 1,08	+ 22,78	+ 33,13	
Massa Total na Leira (g)	Ferro	Inicial	556,0	465,3	440,4
		Final	434,4	741,2	671,08
	<i>% variação</i>		- 21,87	+ 59,28	+ 52,38
	Sódio	Inicial	1170,0	770,0	790
		Final	910,0	613,35	588,0
	<i>% variação</i>		- 22,22	- 20,34	- 25,57
	Manganês	Inicial	29,62	33,12	30,94
		Final	26,91	35,81	32,94
	<i>% variação</i>		- 9,15	+ 8,12	+ 6,46
	Zinco	Inicial	62,02	46,0	43,55
		Final	54,98	49,15	45,33
	<i>% variação</i>		- 11,35	+ 6,85	+ 4,09
	Cobre	Inicial	14,33	12,8	12,72
		Final	13,79	16,31	15,51
	<i>% variação</i>		- 3,77	+ 27,42	+ 21,93
Cobalto	Inicial	22,77	16,83	17,85	
	Final	12,65	12,50	12,40	
<i>% variação</i>		- 44,44	- 25,73	- 30,53	

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 18 uma redução da quantidade de praticamente todos os macro e micronutrientes contidos no composto produzido

a partir dos dejetos de novilhos superprecoces que receberam a dieta 1. Para os compostos produzidos a partir dos dejetos de novilhos superprecoces alimentados com as dietas 2 e 3, por sua vez, foram encontradas reduções apenas para o K, Na e Co. Não se têm argumentos para atribuir este fato à composição das dietas ou mesmo ao processo de compostagem. Espera-se num processo de compostagem, perdas de N caso a temperatura ultrapasse 60° C ou ocorra anaerobiose no interior da leira e de C pelo processo de respiração dos microrganismos formando CO₂ (KIEHL, 1985). Para os demais elementos a tendência é que ocorram incrementos, uma vez que o C é perdido ocorre uma concentração dos outros nutrientes. As perdas encontradas no composto produzido a partir dos dejetos de novilhos superprecoces alimentados com a dieta 1 apenas podem ser explicadas por excesso de água, a qual provocou a lixiviação dos nutrientes.

6.3.4 Estimativa de redução de volume

Os resultados das medições do volume ocupado pelas leiras de compostagem, nas três dietas estudadas, bem como a % de redução do volume durante o processo, são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Volume (m³) ocupado no início, durante e ao final do processo de compostagem, por leiras confeccionadas com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com três diferentes dietas (Dietas 1, 2 e 3) e respectivas % de reduções.

Dieta	Volume (m ³)							% Redução
	Início	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	
1	1,68	1,28	1,18	1,01	0,93			44,64
2	1,26	1,20	0,92	0,85	0,77	0,64	0,63	50,00
3	1,23	1,14	0,91	0,84	0,75	0,65	0,64	47,97

As tendências e equações de reduções de volume (m^3) das leiras de compostagem, foram estimadas através de medições quinzenais e estão representadas na Figura 16.

As porcentagens de redução do volume obtidas para as leiras confeccionadas com dejetos de novilhos superprecoce estão em concordância com outros trabalhos em que se compostaram diferentes resíduos. Sestak (2002) trabalhando com resíduo da indústria de desfibrilação de algodão inoculado com conteúdo ruminal obteve redução de 46% no volume das leiras após 45 dias de compostagem.

As equações encontradas foram: $y = -0,085x + 1,6585$, $y = -0,0564x + 1,2907$ e $y = -0,052x + 1,2438$, para a 1^a, 2^a e 3^a dietas respectivamente, sendo que x representa o número de semanas após o enleiramento e y o volume, em m^3 . Estas equações são importantes para o planejamento da área necessária para condução do processo de compostagem quando do dimensionamento do pátio de compostagem, visando maximização de espaço e economia de área construída.

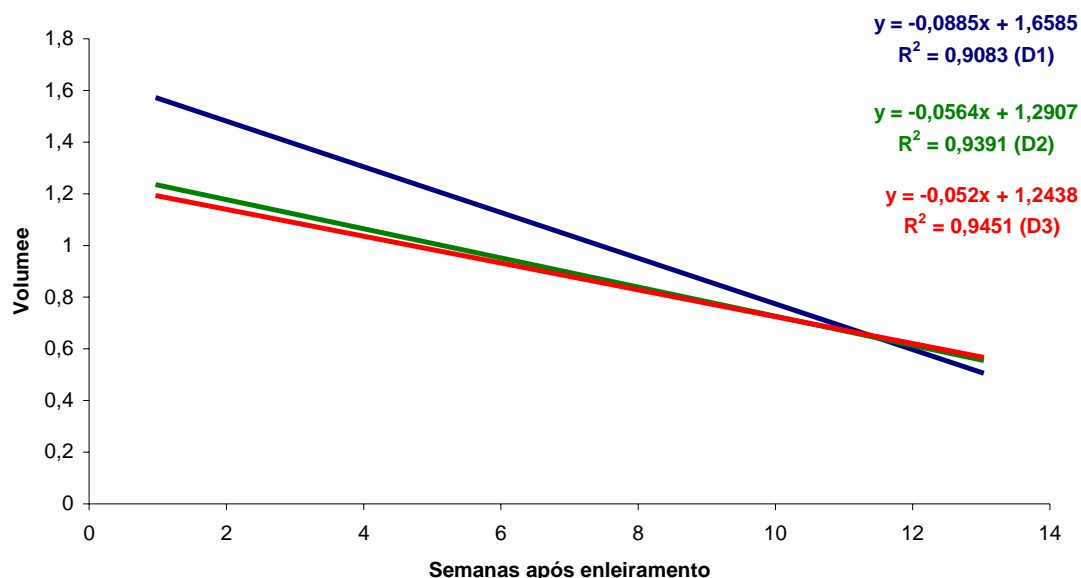


Figura 16. Tendências e equações de redução de volume em leiras de compostagem confeccionadas com dejetos de novilhos superprecoce alimentados com três diferentes dietas (Dietas 1, 2 e 3).

6.4 Ensaio de Vermicompostagem

6.4.1 Condução do processo de vermicompostagem

As características peculiares dos dejetos produzidos por novilhos superprecoces não foram favoráveis ao desenvolvimento do processo de vermicompostagem. Várias foram as tentativas para inoculação das minhocas, porém a população final sempre foi menor que a inicial. Dos três dejetos produzidos por animais alimentados com as três dietas estudadas, o dejetos produzido por animais alimentados com a dieta 1 ofereceu melhores condições para o desenvolvimento das minhocas, mesmo assim foram realizadas três inoculações (1 kg de minhocas cada inoculação) para garantir boa população. O tempo em que os dejetos permaneceram nas caixas foi de 90 dias. Nos dejetos produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3, a situação foi ainda menos satisfatória. Após três inoculações e um período de 120 dias nas caixas, foram encontradas poucas minhocas na massa final de vermicompostagem.

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados obtidos durante o processo de vermicompostagem dos dejetos produzidos por novilhos superprecoces que receberam três diferentes dietas durante o período de confinamento. Os resultados apresentados são quantidades de matéria natural (MN) e matéria seca (MS), em kg, % de sólidos totais e sólidos voláteis e % de redução da MS e SV considerando o material antes e após o processo de vermicompostagem.

Pode-se observar pelos resultados obtidos que a porcentagem de redução da matéria seca e dos sólidos voláteis foi maior nos dejetos produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3. Este resultado, entretanto, sofreu maior influência do tempo em que o material permaneceu nas caixas, do que pelo efeito da minhoca em revolver e favorecer o processo de decomposição. Segundo Kiehl (1985) a ação das minhocas no composto é mais mecânica do que biológica; o revolvimento e a aeração do composto, bem como a trituração dos resíduos orgânicos que passam pelo trato digestivo dos oligoquetos é um processo puramente mecânico. O efeito bioquímico está na decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos existentes nos intestinos das minhocas, de onde os resíduos saem mais ricos em nutrientes e mais assimiláveis pelas plantas. Só os microrganismos produzem húmus.

Tabela 20. Quantidades médias de MN e MS (em kg), porcentagem de ST e SV, porcentagem de redução de MS e SV antes e após o processo de vermicompostagem, nas três dietas estudadas (Dietas 1, 2 e 3).

	Período	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
MN (kg)	Início	100,0	80,0	100,0
	Final	78,74	103,25	112,83
MS (kg)	Início	27,43	40,34	44,59
	Final	18,83	26,55	29,25
	<i>% de Redução</i>	<i>31,37</i>	<i>34,18</i>	<i>34,40</i>
%ST	Início	27,43	49,91	44,59
	Final	21,77	25,64	25,95
% SV	Início	78,70	81,23	80,18
	Final	74,54	72,34	75,29
	<i>% de Redução</i>	<i>5,29</i>	<i>10,94</i>	<i>6,10</i>

6.4.2 Composição química do material antes e após o processo de vermicompostagem

Na Tabela 21 estão apresentados os teores médios de carbono, nitrogênio e relação C:N (valores com base na MS), do material antes e após o processo de vermicompostagem, nos dejetos produzidos por animais alimentados com as três dietas estudadas.

Observa-se pelos dados obtidos que a redução dos valores da relação C:N também foi maior nos dejetos produzidos pelos animais alimentados com as dietas 2 e 3, bem como as maiores reduções de DQO.

Tabela 21. Teores médios de carbono, nitrogênio, relação C:N, matéria orgânica compostável (MOC), matéria orgânica resistente à decomposição (MOR) e demanda química de oxigênio (DQO) encontrados no material, antes e após o processo de vermicompostagem nas três dietas.

Nutrientes	Período	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
C (kg)	Início	8,26	12,19	12,49
	Final	5,04	5,82	7,09
N (kg)	Início	0,63	1,31	1,37
	Final	0,50	0,98	1,07
C:N	Início	13,11	9,31	9,12
	Final	10,08	5,94	6,63
	<i>% Redução</i>	<i>23,11</i>	<i>36,21</i>	<i>27,30</i>
MOC	Início	14,87	21,92	22,51
	Final	9,07	10,43	12,78
MOR	Início	9,19	10,85	13,69
	Final	7,29	9,20	8,85
DQO	Início	22,01	32,47	33,35
	Final	13,44	15,45	18,92
	<i>% Redução</i>	<i>38,94</i>	<i>52,41</i>	<i>43,25</i>

Os dejetos utilizados no ensaio de vermicompostagem receberam o mesmo tratamento dado aos dejetos utilizados no ensaio de compostagem, ou seja, os dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 1 permaneceram 54 dias em pré-secagem contra 21 dias para os dejetos produzidos por animais alimentados com as Dietas 2 e 3. Os dejetos produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3, após o período de pré-secagem, foram enleirados para sofrer uma pré-compostagem por 38 dias e assim possibilitar aumento da temperatura antes de serem acondicionados nas caixas para vermicompostagem, onde permaneceram por mais 34 dias antes da inoculação das minhocas. Todo este período foi respeitado para que o dejetos apresentasse melhores condições para o desenvolvimento das

minhocas. Porém outros parâmetros devem ter influenciado, principalmente a composição química do material, como mostrado nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22. Valores de pH e condutividade elétrica (CE) em mS/cm no início e ao final do processo de vermicompostagem, nas três dietas estudadas.

	Período	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
pH	Início	8,8	9,3	8,3
	Final	8,5	7,6	7,6
	<i>% Variação</i>	<i>-3,41</i>	<i>-18,28</i>	<i>- 8,43</i>
CE	Início	4,2	7,4	7,1
	Final	4,9	6,4	6,1
	<i>% Variação</i>	<i>+ 16,67</i>	<i>- 13,51</i>	<i>- 14,08</i>

Os valores de pH e CE apresentados na Tabela 22 são referentes ao momento da colocação das minhocas, ou seja, após os períodos de pré-secagem, pré-compostagem e ainda mais aproximadamente 30 dias dentro das caixas antes da inoculação.

Mitchell (1997) trabalhando com dejetos de bovinos confinados, comenta que as minhocas foram incapazes de sobreviver nos dejetos em suas condições iniciais (“in natura”), ou seja, pH de 9,5 e CE de 5,0 mS/cm. Ao observar os dados da Tabela 23, observa-se que estas condições foram encontradas nos dejetos, principalmente os produzidos por animais alimentados com as dietas 2 e 3, após um período de 93 dias.

Loh et al. (2004) submeteram minhocas do gênero *Eisenia foetida* ao esterco bovino e de cabras. As concentrações iniciais, em porcentagem, dos nutrientes no esterco bovino foram: C = 54,42; N= 1,07; P= 0,34; K= 0,23; C:N= 50,98:1 e pH=7,05. Nestas condições, os autores concluíram ser o esterco de bovinos o melhor substrato para o desenvolvimento e reprodução das minhocas, produzindo vermicomposto de melhor qualidade quando comparado ao esterco de cabras. Os teores de C (%) dos dejetos de novilhos superprecoces alimentados com a 1ª, 2ª e 3ª dietas encontrados foram: 30,1; 30,2 e 28,0%, respectivamente. Os teores de N (%) encontrados para os dejetos produzidos por animais alimentados com a 1ª, 2ª e 3ª dietas foram: 2,28; 2,95 e 3,08%, respectivamente e a relação C:N

para os dejetos produzidos por animais alimentados com a 1^a, 2^a e 3^a dietas encontradas foram: 13:1; 10:1 e 9:1, respectivamente. Como se observa, esses valores, bem como os teores de K (Tabela 28) e pH (Tabela 27) são superiores aos encontrados por Loh et al. (2004) e considerados bons para o desenvolvimento das minhocas.

Tabela 23. Quantidades médias, na MS, de macronutrientes na massa de vermicompostagem (em kg) e de micronutrientes (em g) nos períodos inicial e final e % de variação dos nutrientes durante a vermicompostagem, nas três dietas estudadas.

	Nutriente	Período	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Massa Total na Leira (kg)	Fósforo	Inicial	0,07	0,18	0,21
		Final	0,09	0,15	0,18
	<i>% variação</i>		+ 28,6	- 16,7	- 14,3
	Potássio	Inicial	1,12	2,1	2,1
		Final	1,09	1,5	1,4
	<i>% variação</i>		- 2,7	-28,6	-33,3
	Cálcio	Inicial	0,12	0,17	0,22
		Final	0,10	0,20	0,23
	<i>% variação</i>		-16,7	+17,6	+4,5
Magnésio	Inicial	0,19	0,52	0,62	
	Final	0,25	0,37	0,47	
<i>% variação</i>		+31,6	-28,8	-24,2	
Massa Total na Leira (g)	Ferro	Inicial	561,0	116,06	140,15
		Final	565,0	142,95	168,14
	<i>% variação</i>		+0,7	+23,17	+ 19,97
	Sódio	Inicial	0,12	213,80	245,25
		Final	0,11	129,43	133,82
	<i>% variação</i>		-8,3	- 39,46	- 45,44
	Manganês	Inicial	3,0	9,2	10,8
		Final	3,5	7,2	8,2
	<i>% variação</i>		+16,7	-21,7	-24,1
	Zinco	Inicial	6,3	13,2	15,3
		Final	7,3	10,0	9,1
	<i>% variação</i>		+15,9	-24,2	-40,5
	Cobre	Inicial	1,5	3,8	4,6
		Final	1,7	3,2	4,0
	<i>% variação</i>		+13,3	-15,8	-13,0
Cobalto	Inicial	2,3	3,5	3,8	
	Final	1,7	2,8	3,3	
<i>% variação</i>		-26,1	-20,0	-13,2	

A composição química dos dejetos de novilhos superprecoces é muito diferente da composição química de bovinos criados em outros sistemas (a pasto ou confinamento tradicional). Dado o alto conteúdo de proteína, a composição dos dejetos de novilhos superprecoces se assemelha mais aos dejetos de suínos, caracterizado pelos altos teores de N. Alguns trabalhos relatam o desempenho de minhocas quando submetidas ao substrato composto por dejetos de suínos. Gunadi et al. (2003) avaliaram a influência de diferentes níveis de umidade no crescimento, fecundidade e sobrevivência de *Eisenia foetida* em dejetos de bovinos e suínos. Neste trabalho, a mortalidade das minhocas, em todos os níveis de umidade, foi superior quando se utilizou dejetos de suínos (20 a 100%) quando comparado com os dejetos de bovinos (7%). Os autores justificam este resultado pela maior quantidade de NH_4 e NO_3 encontrada nos dejetos de suínos. A relação C:N dos dejetos de suínos também foi menor do que a de bovinos (15,32 para suínos e 41,38 para bovinos).

6.5 Ensaio de Biodigestão Anaeróbia

6.5.1 Experimento com biodigestores de bancada alimentados no sistema batelada

6.5.1.1 Teores de Sólidos Totais e Voláteis

Os teores médios de sólidos totais e voláteis, em porcentagem e em massa, no início e ao final do processo de biodigestão anaeróbia, são apresentados na Tabela 24.

Os valores de redução de sólidos voláteis foram maiores para os dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 2 (80% concentrado + 20% volumoso), quando comparado com os dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 1 (65% concentrado + 35% volumoso).

Tabela 24. Teores de sólidos totais e voláteis, em porcentagem e em massa e redução de sólidos voláteis para as duas dietas analisadas.

Tratamentos	ST				SV				Redução de SV (%)
	%		kg		%		kg		
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
D ₁ Ci	4,57	3,79	0,366	0,303	3,63	2,846	0,29	0,23	21,6
D ₁ Si	4,15	3,11	0,332	0,249	3,49	2,742	0,28	0,22	21,4
D ₂ Ci	1,78	1,18	0,142	0,094	1,48	0,959	0,12	0,077	35,2
D ₂ SI	2,51	1,66	0,201	0,133	2,18	1,412	0,17	0,113	35,2

Estes valores estão de acordo com os apresentados por Amorim (2002) que obteve 45% de redução de sólidos voláteis nos dejetos de caprinos alimentados com dieta composta por 60% de concentrado + 40% de volumoso, indicando que as fezes produzidas a partir de dietas com maior quantidade de concentrado, quando submetidas ao processo de biodigestão anaeróbia, apresentam maior degradabilidade do que aquelas produzidas a partir de dietas com menor quantidade de concentrado. Serafim (2004) obteve valores de redução de SV no ensaio com biodigestores batelada da ordem de 20,44% para o substrato contendo água de lavagem da suinocultura; 37,17% para o substrato contendo esterco de suíno + água e 40,50% para o substrato contendo cama de suíno + água. Lucas Jr. (1994) trabalhando com dejetos de suínos obteve redução de SV de 41,38% para substrato contendo apenas o dejetos + água e 57,64% para o substrato contendo dejetos + água + inóculo.

6.5.1.2 Distribuição da produção de biogás

Na Tabela 25 estão relacionadas as produções de biogás (m³) para todos os substratos do ensaio com biodigestores batelada.

Nas Figuras 17 a 19 estão apresentados graficamente os resultados da produção de biogás (m³/dia).

Tabela 25. Produções de biogás, em m³, em todos os tratamentos.

Semanas	40 °C				35 °C				25 °C			
	D ₁ Ci	D ₁ Si	D ₂ Ci	D ₂ Si	D ₁ Ci	D ₁ Si	D ₂ Ci	D ₂ Si	D ₁ Ci	D ₁ Si	D ₂ Ci	D ₂ Si
1	0,00567	0,00221	0,00779	0,00070	0,00674	0,00608	0,00795	0,00225	0,00373	0,00249	0,00300	0,00094
2	0,00128	0,00596	0,00689	0,0040	0,00411	0,01126	0,00658	0,00625	0,00407	0,00516	0,00453	0,00207
3	0,00111	0,00441	0,00139	0,00894	0,00251	0,00675	0,00088	0,00868	0,00434	0,00695	0,00459	0,00352
4	0,00072	0,00122	0,00087	0,00809	0,00094	0,00347	0,00045	0,01014	0,00447	0,00580	0,00300	0,00500
5	0,00055	0,00034	0,00065	0,00711	0,00018	0,00223	0,00034	0,00801	0,00253	0,00320	0,00118	0,00503
6	0,00035	0,00000	0,00035	0,00531	0,00035	0,00155	0,00026	0,00564	0,00126	0,00162	0,00082	0,00487
7	0,00000	0,00000	0,00019	0,00152	0,00023	0,00074	0,00023	0,00280	0,00062	0,00109	0,00062	0,00455
8	0,00000	0,00000	0,00012	0,00124	0,00018	0,00053	0,00018	0,00229	0,00059	0,00068	0,00048	0,00366
9	0,00000	0,00000	0,00000	0,00078	0,00009	0,00018	0,00009	0,00114	0,00054	0,00000	0,00025	0,00220
10	0,00000	0,00000	0,00000	0,00078	0,00009	0,00018	0,00009	0,00114	0,00054	0,00000	0,00025	0,00220
11	0,00000	0,00000	0,00000	0,00078	0,00009	0,00018	0,00009	0,00114	0,00054	0,00000	0,00025	0,00220
12	0,00000	0,00000	0,00000	0,00038	0,00004	0,00009	0,00004	0,00071	0,00027	0,00000	0,00012	0,00108
Total	0,00968	0,01414	0,01825	0,03961	0,01509	0,03323	0,01719	0,05111	0,02351	0,02698	0,01911	0,03732

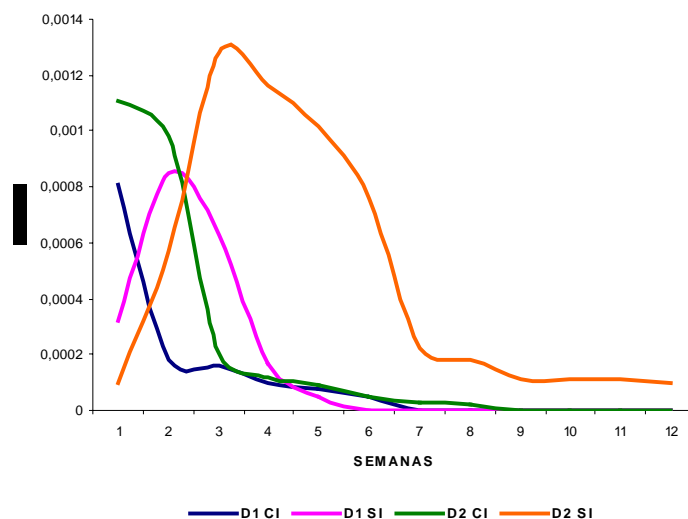


Figura 17. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores batelada abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de $40^\circ C$.

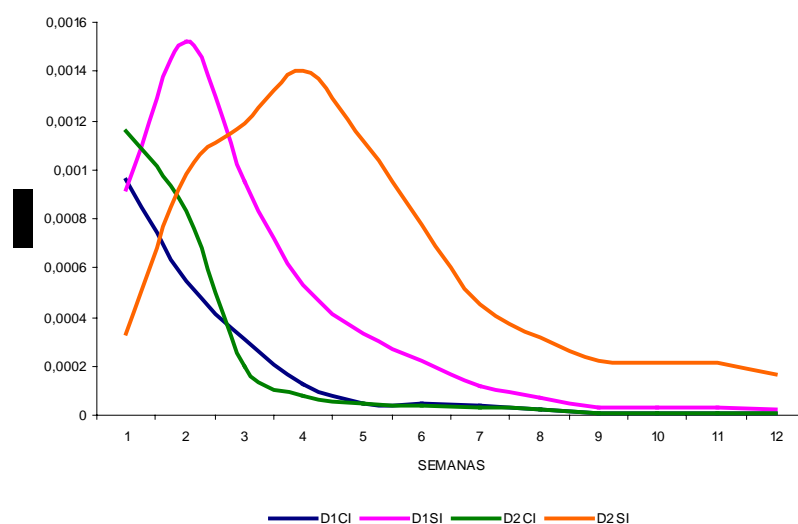


Figura 18. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores batelada abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de $35^\circ C$.

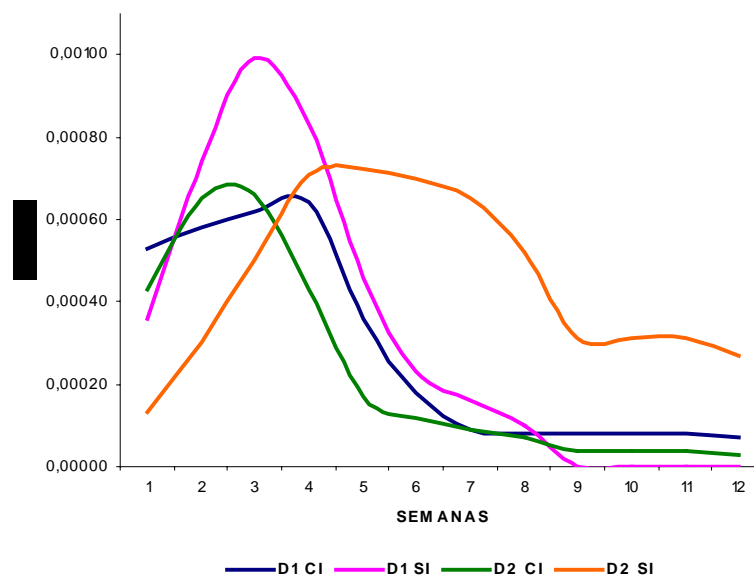


Figura 19. Distribuição da produção (m³) de biogás, em biodigestores batelada abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre volumoso e concentrado, na temperatura de 25° C.

Observa-se pelas Figuras 17 a 19 que em todas as situações estudadas, os substratos que receberam inóculo (D₁ Ci e D₂ Ci), apresentaram maior velocidade na produção de biogás, apresentando o pico de produção em menor tempo quando comparado com os substratos que não receberam inóculo (D₁ Si e D₂ Si). Entretanto, quanto ao volume de biogás produzido, observa-se pela Tabela 25 que em todas as temperaturas, nos substratos em que não se utilizou inóculo os valores foram superiores.

O efeito da utilização de inóculo em biodigestores é bem discutido na literatura (LUCAS JR., 1993; KALIA & SINGH, 1998; STEIL, 2001 e XAVIER, 2005).

Observa-se pela Tabela 25 o efeito da temperatura no desempenho dos biodigestores. A temperatura ótima para o desenvolvimento das bactérias metanogênicas está na faixa mesofílica (25 a 35° C). Neste trabalho observou-se que os maiores valores de produção de biogás estão nas temperaturas de 35° (D₁Si e D₂Si) e de 25° C (D₁Ci e D₂Ci).

De acordo com Batista (1981) rendimentos máximos de produção de biogás são alcançados a 54° C para a digestão anaeróbia termofílica e de 35° na digestão anaeróbia mesofílica.

6.5.1.3 Potenciais de Produção

Os potenciais médios de produção de biogás quando corrigidos para 20° C e 1 atm., são apresentados na Tabela 26, em m³ de biogás por kg de substrato, por kg de ST adicionados, por kg de SV adicionados, por kg de SV reduzidos e por kg de estrume, de substratos preparados com fezes de animais recebendo dietas com variação na proporção entre volumoso e concentrado, adicionados aos biodigestores, no ensaio de biodigestão batelada. Considerando as produções de biogás por kg de substrato, por kg de sólidos totais adicionados, por kg de sólidos voláteis adicionados e reduzidos e por kg de estrume adicionado, observa-se que houve interação dos fatores Dieta e Inóculo para todos os potenciais, exceto o potencial de produção de biogás por kg de SV reduzidos. Os substratos que continham dejetos provenientes de animais alimentados com a dieta 2 (80% concentrado + 20% volumoso), com ou sem o uso de inóculo, apresentaram maior potencial de produção de biogás do que os substratos preparados com os dejetos de animais alimentados com a dieta 1 (65% concentrado + 35% volumoso). O maior potencial de geração de biogás em dejetos provenientes de animais que receberam dietas com maiores teores de concentrado também foi observado por Amorim et al. (2004) trabalhando com dois genótipos de cabras para as quais se variou o teor de concentrado na dieta. Os autores observaram também que os potenciais de produção de biogás foram superiores dentro de uma mesma dieta nos biodigestores abastecidos com dejetos provenientes de cabras Saanen em relação aos oriundos de cabras F1.

Tabela 26. Potenciais médios de produção de biogás, corrigidos para 20° C e 1 atm, para os diferentes tipos substratos, preparados com estrumes de animais alimentados com três dietas, variando a proporção de volumoso e concentrado.

Potencial de Produção (m ³ de biogás)	Temp.	Com Inóculo		Sem Inóculo	
		Dieta 1	Dieta 2	Dieta 1	Dieta 2
kg de substrato	40	0,0012 Aa	0,0023 Ab	0,0018 Ba	0,0050 Aa
	35	0,0019 Aa	0,0021 Ab	0,0042 Ba	0,0064 Aa
	25	0,0029 Aa	0,0024 Ab	0,0034 Ba	0,0047 Aa
kg de ST adicionado	40	0,0264 Ba	0,1285 Ab	0,0426 Ba	0,1971 Aa
	35	0,0412 Ba	0,1211 Ab	0,1001 Ba	0,2543 Aa
	25	0,0642 Ba	0,1346 Ab	0,0813 Ba	0,1857 Aa
kg de SV adicionado	40	0,0334 Ba	0,1521 Ab	0,0505 Ba	0,2330 Aa
	35	0,0520 Ba	0,1433 Ab	0,1187 Ba	0,3006 Aa
	25	0,0811 Ba	0,1592 Ab	0,0964 Ba	0,2196 Aa
kg de SV reduzido *	40	0,1613 Bb	0,4244 Ab	0,2356 Ba	0,6949 Aa
	35	0,2516 Bb	0,3998 Ab	0,5539 Ba	0,8966 Aa
	25	0,3919 Bb	0,4443 Ab	0,4497 Ba	0,6548 Aa
kg de estrume	40	0,00484 Aa	0,0091 Ab	0,0059 Ba	0,0165 Aa
	35	0,0075 Aa	0,0086 Ab	0,0138 Ba	0,0213 Aa
	25	0,0118 Aa	0,0096 Ab	0,0112 Ba	0,0156 Aa

Na linha, letras maiúsculas comparam dietas e letras minúsculas comparam uso do inóculo em cada dieta. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

* Não houve interação do fator Dieta com fator Inóculo.

Observou-se diferença significativa, com efeito negativo, da utilização de inóculo, ou seja, nos substratos em que se utilizou inóculo, tanto nos dejetos provenientes de animais alimentados com a dieta 1 como com a dieta 2, a produção de biogás foi menor. Este fato está relacionado à menor quantidade de dejetos adicionados ao biodigestor quando se utiliza o inóculo, pois este ocupa espaço, porém apresenta pouco material passível de transformação em CH₄.

Não se observou diferença significativa na produção de biogás quando comparadas as temperaturas.

6.5.2 Biodigestores de bancada alimentados no sistema contínuo

6.5.2.1 Teores de Sólidos Totais e Voláteis

Para caracterizar o desempenho dos biodigestores operados no sistema contínuo, serão apresentados os dados referentes aos 30 dias intermediários do processo, ou seja, foram desprezados os dados do início e do final. Os teores médios de sólidos totais e voláteis, em porcentagem e em massa, em um período de 30 dias de condução do experimento, são apresentados nos Anexos 1 a 3.

Os valores de redução de SV encontrados, 73,3% (D₁ Ci); 69,1% (D₁ Si); 70,1% (D₂ Ci) e 82,1% (D₂ Si) na temperatura de **40° C**; 83,4% (D₁ Ci); 75,1% (D₁ Si); 85,0% (D₂ Ci) e 79,4% (D₂ Si) na temperatura de **35° C** e 83,8% (D₁ Ci); 83,9% (D₁ Si); 85,7% (D₂ Ci) e 76,0% (D₂ Si) na temperatura de **25° C**, foram bem superiores aos dados encontrados na literatura para outros dejetos submetidos ao processo de biodigestão anaeróbia em biodigestores contínuos, para todas as temperaturas estudadas. Lucas Jr. (1994) obteve redução de SV de 67,2% em dejetos de suínos, após 50 dias de operação de biodigestores contínuos. Hardoim (1999) trabalhando com dejetos de vacas leiteiras obteve valores de 36,15%, 35,90% e 26,98% de redução de SV nas temperaturas de 35°, 40° e 25° C, respectivamente. Zhao e Viraraghavan (2004) encontraram reduções de mais de 70% em SV ao trabalharem com água residuária, e atribuíram essa redução ao longo tempo de retenção hidráulica dos resíduos no sistema e à alta porcentagem de SV biodegradáveis nos resíduos.

Apesar de ser um dejetos com menor concentração de carbono, devido à pouca quantidade de volumoso ingerido pelos animais, as porcentagens de redução de SV foram superiores à esperada. Outros fatores podem ter contribuído para que os valores encontrados tenham sido superiores inclusive aos dejetos de suínos, os quais possuem características semelhantes. A própria coleta das amostras pode ter sido prejudicada devido à alta velocidade de decantação dos dejetos no fundo dos biodigestores.

6.5.2.2 Distribuição da produção de biogás

Na Tabela 27 estão relacionadas as produções de biogás (m^3) em todos os tratamentos durante 30 dias do ensaio com biodigestores operados no sistema contínuo.

Observa-se pelos dados da Tabela 27 os efeitos da dieta, do inóculo e da temperatura na produção de biogás.

Com relação às dietas, observa-se que os substratos que contêm dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 2, independente da temperatura e da adição de inóculo apresentaram produções de biogás superiores àqueles substratos que contêm dejetos oriundos de animais que receberam a dieta 1.

O mesmo fato ocorreu no ensaio com biodigestores batelada, entretanto, neste ensaio as produções foram superiores. As cargas diárias, após um período de adaptação que favoreceu o ambiente para as bactérias, permitiram que as produções fossem maiores.

Neste ensaio, pode-se observar também o efeito positivo do uso de inóculo. Em todas as temperaturas em que se utilizou inóculo, as produções foram superiores. Outros autores concordam com este resultado (LUCAS JR. et al, 1993; TORRES CASTILHO et al., 1995; SANTOS, 2001; STEIL, 2001).

Com relação ao efeito da temperatura, observou-se que apenas o substrato contendo dejetos de animais alimentados com a dieta 1 sem a utilização de inóculo apresentou maior produção acumulada de biogás à temperatura de 35° C. Nas demais situações, as maiores produções acumuladas ocorreram à 40° C, seguidas das produções à 35° C e as menores produções ocorreram a 25° C. Hardoim (1999) utilizando-se da mesma estrutura utilizada nesta pesquisa e trabalhando com dejetos de bovinos leiteiros concluiu que houve efeito da temperatura na redução do tempo necessário para início da carga dos biodigestores e na produção de metano, sendo que as temperaturas de 40° e 35° C apresentaram maiores produções de metano do que a temperatura de 25° C.

Nas Figuras 20 a 22 estão apresentados graficamente os resultados da produção de biogás (m^3 /dia).

Tabela 27. Produções de biogás, em m³, em todos os tratamentos.

Dias	40 °C						35 °C						25 °C									
	D ₁ Ci		D ₂ Ci		D ₂ Si		D ₁ Ci		D ₁ Si		D ₂ Ci		D ₂ Si		D ₁ Ci		D ₁ Si		D ₂ Ci		D ₂ Si	
1	0,007324	0,004821	0,00969	0,008467	0,004184	0,004612	0,010222	0,005976	0,003796	0,001152	0,006078	0,002304										
2	0,006918	0,004794	0,008832	0,008634	0,004673	0,004392	0,009627	0,007128	0,004174	0,001114	0,005917	0,002867										
3	0,006121	0,00418	0,007254	0,008109	0,005701	0,004145	0,008513	0,00715	0,004152	0,001029	0,005989	0,003212										
4	0,006357	0,004964	0,007744	0,008604	0,006685	0,005427	0,008869	0,00781	0,004501	0,001191	0,006221	0,003574										
5	0,006463	0,005381	0,008441	0,009125	0,006885	0,005516	0,00907	0,006148	0,005076	0,001204	0,006478	0,00409										
6	0,006546	0,005706	0,008983	0,009529	0,007041	0,005584	0,009226	0,004856	0,005523	0,001214	0,006677	0,004492										
7	0,006578	0,005391	0,008715	0,009498	0,005241	0,005128	0,00895	0,006734	0,004528	0,001178	0,005105	0,003996										
8	0,006667	0,005341	0,008484	0,00899	0,005349	0,004436	0,008506	0,007441	0,003371	0,000877	0,003882	0,00328										
9	0,006529	0,005146	0,008155	0,00797	0,006067	0,004335	0,007966	0,006782	0,002939	0,000711	0,00358	0,002236										
10	0,006543	0,005014	0,007954	0,007906	0,005809	0,004676	0,007713	0,00658	0,003182	0,000868	0,004002	0,002846										
11	0,006732	0,005064	0,008284	0,008227	0,005732	0,004974	0,007899	0,006756	0,003769	0,001319	0,004867	0,004301										
12	0,006792	0,005292	0,008196	0,008034	0,006368	0,00544	0,00824	0,006913	0,004009	0,001459	0,005189	0,004938										
13	0,006868	0,005576	0,007877	0,00798	0,006284	0,005369	0,008009	0,006962	0,004602	0,001711	0,005487	0,005148										
14	0,006691	0,005056	0,007569	0,007729	0,006119	0,005094	0,007641	0,006973	0,004719	0,001924	0,005271	0,005308										
15	0,006511	0,003236	0,00781	0,007457	0,005968	0,005437	0,007723	0,007358	0,004386	0,001854	0,005503	0,005643										
16	0,00655	0,003519	0,008049	0,007326	0,005779	0,005242	0,007739	0,007498	0,004231	0,001789	0,006126	0,004322										
17	0,006378	0,00417	0,00791	0,007551	0,005609	0,004698	0,007622	0,007383	0,004459	0,002254	0,006496	0,005396										
18	0,006327	0,003944	0,007744	0,007625	0,005453	0,005016	0,007507	0,007706	0,004726	0,002309	0,005791	0,00639										
19	0,006393	0,004269	0,008223	0,008177	0,005564	0,003731	0,007535	0,007495	0,004366	0,002092	0,005146	0,005839										
20	0,006366	0,003966	0,008027	0,007649	0,005311	0,004182	0,007147	0,007166	0,003683	0,001955	0,004639	0,005689										
21	0,006336	0,00411	0,008201	0,007327	0,005429	0,005019	0,006875	0,00718	0,004025	0,00215	0,004659	0,006303										
22	0,006281	0,004376	0,008023	0,006774	0,003866	0,005066	0,006838	0,006899	0,004731	0,004079	0,00576	0,007247										
23	0,006225	0,003885	0,007355	0,006213	0,004194	0,00497	0,006618	0,006719	0,005218	0,00531	0,006433	0,00819										
24	0,006115	0,003981	0,00766	0,006481	0,005604	0,005366	0,006838	0,007227	0,005691	0,005691	0,007292	0,008786										
25	0,006117	0,003976	0,00802	0,006555	0,005178	0,005095	0,006602	0,007388	0,005333	0,005256	0,007006	0,008274										
26	0,006018	0,004151	0,008271	0,00692	0,005453	0,005151	0,007031	0,008333	0,00508	0,004964	0,006431	0,007627										
27	0,005791	0,003724	0,007945	0,006604	0,005222	0,004906	0,006835	0,007387	0,004458	0,004633	0,005434	0,006877										
28	0,005845	0,00354	0,007215	0,004811	0,00472	0,004631	0,006692	0,007438	0,004108	0,005138	0,005467	0,004901										
29	0,00573	0,003708	0,004601	0,004253	0,005034	0,004509	0,006656	0,007149	0,004732	0,00531	0,005789	0,005433										
30	0,005731	0,003413	0,005335	0,004839	0,005189	0,004589	0,006549	0,00729	0,004836	0,0052	0,005761	0,007083										
TOTAL	0,197725	0,136947	0,244062	0,231635	0,171181	0,151593	0,239477	0,219765	0,136984	0,081637	0,174739	0,16371										

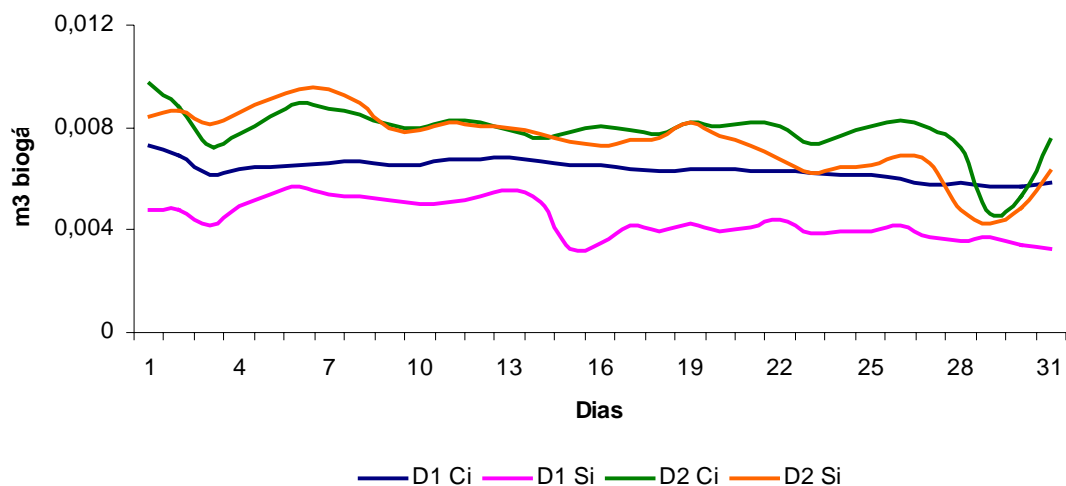


Figura 20. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre concentrado e volumoso, na temperatura de 40° C.

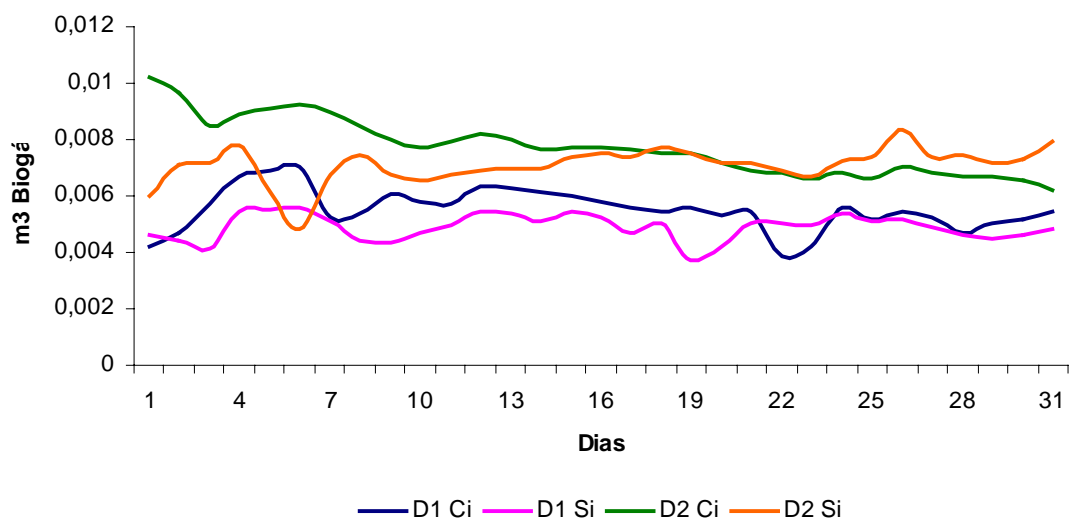


Figura 21. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre concentrado e volumoso, na temperatura de 35° C.

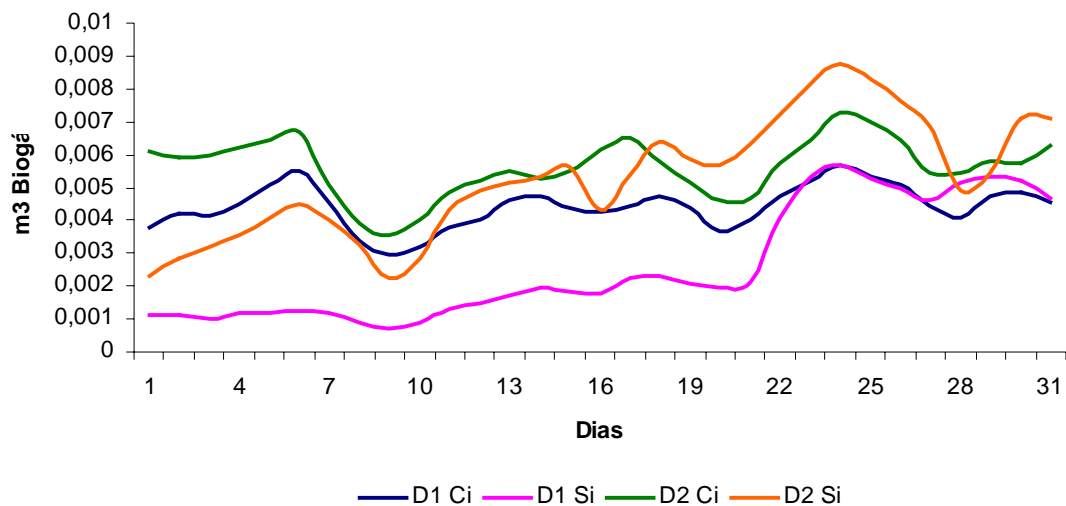


Figura 22. Distribuição da produção (m^3) de biogás, em biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de novilhos superprecoces alimentados com dietas variando as proporções entre concentrado e volumoso, na temperatura de 25°C .

6.5.2.3 Potenciais de Produção

Os potenciais médios de produção de biogás quando corrigidos para 20°C e 1 atm. e as médias diárias da produção de biogás são apresentados na Tabela 28, em m^3 de biogás por kg de substrato, por kg de ST adicionados, por kg de SV adicionados, por kg de SV reduzidos e por kg de estrume, de substratos preparados com dejetos de animais recebendo dietas com variação na proporção entre concentrado e volumoso, adicionados aos biodigestores no sistema de alimentação contínua.

Os potenciais de produção de biogás por kg de ST adicionados são os mais indicados para efeito de comparação, pois se elimina a interferência do teor de água presente na biomassa (Amorim, 2002). Comparando-se os potenciais de produção de biogás por kg de ST adicionados, observa-se que os resultados obtidos para os dejetos de novilhos superprecoces foram superiores aos obtidos para os dejetos de suínos, $0,4057 \text{ m}^3$ de biogás, após um tempo de retenção de 50 dias (Lucas Jr., 1994); dejetos de frangos de corte (cama+estrume), $0,2482 \text{ m}^3$ de biogás, após dois ciclos de engorda; dejetos de caprinos,

0,2341 m³ de biogás, que receberam dieta com alto teor de concentrado (Amorim, 2002); dejetos de vacas leiteiras, 0,1013; 0,1232 e 0,1233 m³ de biogás, para os tempos de retenção hidráulica de 40, 30 e 20 dias em biodigestores contínuos modelo chinês (Amaral et al., 2004); dejetos de suínos considerando a água de lavagem, 0,38037 m³ de biogás, e os dejetos raspados, 0,25045 m³ de biogás (Xavier, 2005).

Tabela 28. Potenciais médios de produção de biogás, corrigidos para 20° C e 1 atm. e média diária de produção de biogás, para os diferentes tipos substratos, preparados com estrumes de animais alimentados com três dietas, variando a proporção de volumoso e concentrado.

Potenciais de produção (m ³ biogás)	TEMP	D ₁ CI				D ₁ SI				D ₂ CI				D ₂ SI			
		D ₁ CI		D ₁ SI		D ₂ CI		D ₂ SI		D ₁ CI		D ₁ SI		D ₂ CI		D ₂ SI	
Média diária (m ³)	40° C	0,0064	Abx	0,0045	Aby	0,0079	Aax	0,0075	Aay								
	35° C	0,0055	Abx	0,0049	Aby	0,0078	Aax	0,0071	Aay								
	25° C	0,0044	Bbx	0,0026	Bby	0,0056	Bax	0,0052	Bay								
kg ST adicionados	40° C	0,4568	Abx	0,3183	Aby	0,5257	Aax	0,5008	Aay								
	35° C	0,3946	Abx	0,3494	Aby	0,5183	Aax	0,4707	Aay								
	25° C	0,3152	Bbx	0,1832	Bby	0,3744	Bax	0,3480	Bay								
kg SV adicionados	40° C	0,5329	Abx	0,3714	Aby	0,6066	Aax	0,5779	Aay								
	35° C	0,4603	Abx	0,4076	Aby	0,5981	Aax	0,5431	Aay								
	25° C	0,3678	Abx	0,2137	Aby	0,4320	Aax	0,4015	Aay								
kg SV reduzidos*	40° C	0,7993	Aax	0,4952	Aby	0,7169	Aax	0,8347	Aax								
	35° C	0,6137	Aax	0,4891	Aby	0,7775	Aax	0,6419	Aax								
	25° C	0,4413	Bax	0,2564	Bby	0,5616	Bax	0,4745	Bax								
kg de estrume	40° C	0,1052	Abx	0,0733	Aby	0,1297	Aax	0,1236	Aay								
	35° C	0,0909	Abx	0,0804	Aby	0,1279	Aax	0,1161	Aay								
	25° C	0,0726	Abx	0,0422	Aby	0,0924	Aax	0,0859	Aay								

Na coluna, letras maiúsculas comparam temperaturas, na linha letras minúsculas comparam dietas e x e y comparam inóculo. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

* Interação de Dieta e uso de inóculo. Na coluna, letras maiúsculas comparam temperaturas, na linha letras minúsculas (a e b) comparam dieta no fator inóculo e (x e y) comparam o uso do inóculo dentro de uma mesma dieta.

Com relação à comparação das médias pela análise de variância observou-se efeito positivo da dieta, do inóculo e da temperatura sobre a produção de biogás. Os dejetos produzidos pelos animais que receberam a dieta 2 (mais rica em concentrado, e portanto em nutrientes), produziram maior quantidade de biogás do que os dejetos produzidos por animais alimentados com a dieta 1 (menor quantidade de concentrado). O uso de inóculo na partida dos biodigestores proporcionou maior produção de biogás do que onde não se utilizou o inóculo. Observou-se também que as temperaturas de 40° C e 35° C proporcionaram melhores condições para produção de biogás quando comparadas à temperatura de 25° C.

6.5.2.4 Composição química do afluente e do efluente

Na Tabela 29 estão apresentados os valores de macronutrientes (g/100 g) e micronutrientes (mg/100 g) no afluente e no efluente, considerando valores médios dos 30 dias de operação no sistema contínuo.

Observa-se pela Tabela 29 que os teores de todos os nutrientes, para todas as situações analisadas, foram maiores no efluente que no afluente. Devido à redução dos sólidos voláteis durante o processo de biodigestão anaeróbia, ocorre concentração dos elementos no substrato. Lucas Jr. (1987) observou que as variações nos teores de nutrientes são muito pequenas, comparando-se o afluente com o efluente, nos dois modelos de biodigestores estudados, sendo os teores dos diferentes elementos, via de regra, pouco maiores nos efluentes. Este fato, segundo o autor, não significa que aconteceram aumentos nas quantidades dos elementos químicos durante o processo e sim, uma concentração dos elementos no efluente.

Não se estabeleceu comparação entre os dados obtidos por não existirem resultados com este tipo de resíduo. Entretanto, outros trabalhos com efluente de biodigestor alimentado com dejetos de bovino foram utilizados como parâmetro de comparação.

Xavier (2005) trabalhando com dejetos de vacas leiteiras obteve os seguintes teores de nutrientes no biofertilizante: 3,38% de **N**; 3,03% de **P**; 2,50% de **K**; 0,73% de **Ca**; 0,95% de **Mg**; 0,25% de **Na**; 0,32% de **Fe**; 169 ppm de **Cu**; 372 ppm **Mn** e 346 ppm de **Zn**.

Tabela 29. Composição química do afluente e do efluente, nas duas dietas estudadas e nas três temperaturas.

	40 °C				35 °C				25 °C			
	D1 SI	D1 CI	D2 SI	D2 CI	D1 SI	D1 CI	D2 SI	D2 CI	D1 SI	D1 CI	D2 SI	D2 CI
Afluente	2,25	2,27	2,31	2,29	2,25	2,27	2,31	2,29	2,25	2,27	2,31	2,29
N Efluente	2,40	2,45	2,87	3,14	2,42	2,62	3,29	3,05	2,33	2,35	2,55	2,89
Afluente	0,60	0,78	0,66	0,81	0,60	0,78	0,66	0,81	0,60	0,78	0,66	0,81
P Efluente	1,25	1,14	1,35	1,34	1,23	1,22	1,26	1,42	1,34	1,20	1,28	1,57
Afluente	3,10	2,85	3,41	3,22	3,10	2,85	3,41	3,22	3,10	2,85	3,41	3,22
Ca Efluente	5,99	5,90	6,26	5,69	6,09	6,44	6,07	6,39	6,37	6,12	1,60	1,79
Afluente	0,64	0,61	0,66	0,63	0,64	0,61	0,66	0,63	0,64	0,61	0,66	0,63
Mg Efluente	1,67	1,67	1,83	1,79	1,75	1,92	1,85	2,22	1,83	1,76	1,00	1,29
Afluente	0,36	0,32	0,40	0,38	0,36	0,32	0,40	0,38	0,36	0,32	0,40	0,38
Na Efluente	0,64	0,67	0,60	0,84	0,76	1,01	0,91	1,53	0,85	0,74	0,64	1,02
Afluente	1,80	1,74	2,55	2,31	1,80	1,74	2,55	2,31	1,80	1,74	2,55	2,31
K Efluente	1,70	1,99	2,58	2,96	2,48	3,23	3,51	5,70	2,86	2,35	2,59	3,76
Afluente	186,0	172,4	229,0	214,6	186,0	172,4	229,0	214,6	186,0	172,4	229,0	214,6
Fe Efluente	440,4	422,2	430,9	386,1	437,3	396,4	410,7	322,2	435,0	432,3	339,3	337,4
Afluente	6,90	6,77	7,10	7,03	6,90	6,77	7,10	7,03	6,90	6,77	7,10	7,03
Cu Efluente	13,5	13,5	16,5	17,9	14,0	13,8	14,6	14,6	13,3	13,1	13,0	14,2
Afluente	31,1	29,9	37,2	34,3	31,1	29,9	37,2	34,3	31,1	29,9	37,2	34,3
Zn Efluente	40,7	42,8	44,8	44,7	42,0	41,9	40,6	40,7	39,8	38,7	38,6	38,8
Afluente	17,1	14,9	18,6	16,2	17,1	14,9	18,6	16,2	17,1	14,9	18,6	16,2
Mn Efluente	23,0	20,4	20,1	17,2	22,4	21,0	16,7	14,8	24,8	20,8	17,1	17,7
Afluente	0,79	0,75	0,84	0,81	0,79	0,75	0,84	0,81	0,79	0,75	0,84	0,81
Co Efluente	0,95	1,04	1,05	1,25	1,09	1,40	1,49	2,14	1,20	1,24	1,15	1,54
Afluente	1,73	1,65	1,84	1,82	1,73	1,65	1,84	1,82	1,73	1,65	1,84	1,82
Cr Efluente	3,78	3,87	4,38	3,94	2,83	3,00	3,15	2,83	3,43	3,38	3,15	3,39

(% / 100 gramas)

(mg / 100 gramas)

De uma forma geral, salienta-se a necessidade de reciclagem dos nutrientes contidos nos dejetos por meio de um processo biológico. O tratamento por meio da digestão anaeróbia aumenta o valor agrônômico dos resíduos (Torres Castilho et al., 1995). Os nutrientes, devido ao avançado processo de degradação se encontram muito mais disponíveis no biofertilizante. Além disso, a matéria orgânica ainda presente exerce importantes efeitos benéficos nas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

Apesar da grande variabilidade nos teores de nutrientes contidos nos dejetos de animais, é importante que se determinem as quantidades para realização de um planejamento de uso nas diferentes culturas, principalmente com preocupação para não exceder a capacidade suporte do ambiente, garantindo o suprimento necessário para o desenvolvimento do vegetal sem, contudo, comprometer os recursos naturais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento estratégico para reciclagem e aproveitamento dos dejetos gerados em um sistema de criação animal inicia-se com um projeto detalhado das instalações, as quais deverão ser adequadas tanto para os animais como para facilitar a remoção dos resíduos, visando seu aproveitamento.

Nesta pesquisa, trabalhou-se com uma estrutura existente, onde não haviam condições adequadas para aproveitamento dos dejetos. A limpeza das instalações é normalmente realizada com grande quantidade de água, o que além de aumentar o volume dos resíduos gerados proporciona perda de nutrientes, uma vez que o reservatório (esterqueira) é a céu aberto.

Os resultados gerados nesta pesquisa são importantes e úteis para o aproveitamento dos dejetos produzidos em uma unidade de confinamento para novilhos superprecoces, desde que estes possam ser retirados por raspagem e no máximo, em seguida, uma quantidade de água adequada para lavagem do piso. Desta forma, os dejetos poderão ser submetidos aos processos biológicos aqui estudados.

Com relação aos processos de reciclagem avaliados, alguns comentários se fazem pertinentes.

A compostagem mostrou-se viável do ponto de vista do desempenho do processo no sentido de estabilização da matéria orgânica. Entretanto, em termos práticos, algumas características do dejetos podem comprometer a utilização do processo. Em um confinamento comercial a quantidade de dejetos gerados é muito grande. Desde que exista possibilidade de recuperação, serão gerados aproximadamente 3,0 kg de dejetos (MS)/ganho de

peso vivo. A estocagem de todo este material para ser submetido ao processo de compostagem irá requerer grande quantidade de área. Neste período, um problema sério certamente ocorrerá, a proliferação de moscas, com risco de disseminação de doenças por vetores. Em seguida, para a condução do processo de compostagem há necessidade de realização de revolvimentos freqüentes, os quais, de acordo com a quantidade de dejetos, deverão ser realizados mecanicamente. Para facilitar o processo, a utilização de um material rico em Carbono misturado aos dejetos seria importante para aumentar a relação C:N e favorecer a aeração. Entretanto, ao se considerar uma produção industrial de novilhos superprecoces, seria necessária grande quantidade de material vegetal, que além de aumentar a mão de obra envolvida no processo, aumentaria também a área necessária para confecção das leiras, uma vez que este ocuparia mais espaço.

Com relação a vermicompostagem, como dito no trabalho, as características químicas e físico-químicas dos dejetos não favorecem o processo. Entretanto, algumas alternativas podem ser implementadas com o objetivo de tornar o dejetos mais adequado ao desenvolvimento das minhocas. Tais alternativas seriam a lavagem do material para diminuir a condutividade elétrica e a utilização de material vegetal para melhorar a relação C:N. Em ambas as alternativas a existência de um viveiro para adaptar as minhocas ao esterco antes de inoculá-las nos canteiros seria interessante. Com estas medidas, o processo de vermicompostagem poderá ser conduzido. No entanto, outras questões surgem, como a viabilidade técnica e econômica relacionada às perdas de nutrientes ocasionados pela lavagem dos dejetos e a disponibilidade de material vegetal para melhorar a relação C:N e favorecer o processo.

A biodigestão anaeróbia por fim, pode ser a solução mais próxima da ideal para um confinamento de novilhos superprecoces. Uma vez retirados os dejetos por raspagem, a água utilizada para lavagem do piso pode ser utilizada para compor a mistura do substrato, de aproximadamente 2:1, ou seja, duas partes de água para uma parte de dejetos (com teor de sólidos totais em torno de 20%). Desde que as instalações permitam a coleta dos dejetos desta maneira, projeta-se o biodigestor de forma a facilitar a carga bem como o armazenamento e/ou a utilização do biofertilizante de acordo com as características do local, aproveitando inclusive a topografia. O maior inconveniente da biodigestão anaeróbia, encontrado nesta pesquisa, foi o início do processo. Dadas as características dos dejetos, a partida do biodigestor requer alguns

cuidados. Porém a utilização de inóculo, biofertilizante ou mesmo esterco de bovinos com alimentação convencional, favorece a partida. A produção de biogás no início do processo é mais lenta quando comparada à biodigestão anaeróbia de esterco de bovinos convencionais, retardando o começo do abastecimento diário até que as condições estejam favoráveis aos microrganismos.

8. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos quatro ensaios realizados permitem concluir:

- o coeficiente de resíduo em uma instalação para confinamento de novilhos superprecoces é de 3,03, ou seja, para cada kg de animal produzido gera-se 3,03 kg (matéria seca) de dejetos;
- considerando todo o período de confinamento, 154 dias, cada animal gerou em média, 515,4 kg de dejetos (matéria seca) ou 2577 kg (fezes + urina), os quais em termos de kg nutrientes produzidos por animal representam 12,4 kg N; 8,8 kg P₂O₅; 6,7 kg K₂O; 397,0 kg MO; 219,6 kg C; 13,9 kg Ca; 2,6 kg Mg; 1,6 kg S; 2,2 kg Na; 0,05 kg Cu; 1,0 kg Fe; 0,06 kg Mn; 0,11 kg Zn;
- o processo de compostagem é adequado para promover a reciclagem dos dejetos de novilhos superprecoces, apresentando redução de peso de 44,5%; 40,5% e 43,8% para os dejetos provenientes de animais alimentados com as dietas 1, 2 e 3, respectivamente; e de volume de 44,64%; 50% e 47,97% para os dejetos provenientes de animais alimentados com as dietas 1, 2 e 3, respectivamente.
- O processo de vermicompostagem, nas condições deste ensaio, mostrou-se inadequado para promover a reciclagem dos dejetos de novilhos superprecoces, dadas suas características físico-químicas e químicas;
- quanto à produção de biogás, tanto para o ensaio com biodigestores batelada como contínuo, os dejetos provenientes de animais alimentados com a dieta 2 produziram maior quantidade de biogás;

- no ensaio com biodigestores batelada, o substrato composto pela dieta 2, sem a utilização de inóculo, na temperatura de 35° C apresentou o maior potencial de produção de biogás por kg de ST adicionado (0,25428 m³ de biogás);
- no ensaio com biodigestores contínuos observou-se efeito positivo da utilização de inóculo, da temperatura e das dietas, ou seja, o maior valor de produção de biogás foi obtidos com a utilização de inóculo, na temperatura de 40° C para o dejetos produzido a partir da dieta 2 (0,5547 m³ de biogás/kg ST adicionados);

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRING, B. K.; IBRAHIM, A. A.; MLADENOVSKA. Effect of temperature increase from 55 to 65° C on performance and microbial population dynamics of an anaerobic reactor treating cattle manure. **Water Research**, v 35, n. 10, p. 2246-2452, 2001.

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JR., J. et al. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1897-1902.

AMORIM, A.C. **Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes**. Jaboticabal, 2002. 92p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista.

AMORIM, A.C.; ORRICO JR., M.A.P.; LUCAS JR., J. & RESENDE, K.T.R. Biodigestão anaeróbia dos dejetos de cabras Saanen e F1 (Saanen x Boer) alimentadas por três dietas. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande:SBZ, 2004.

AOAC: Official methods of Analysis of the Association. Washington: Association Official Chemists, 1984.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 18 ed. Washington, 1992, pag. irreg.

ARRIGONI, MARIO DE BENI. **Eficiência produtiva de bovinos de corte - modelo biológico superprecoce; desenvolvimento de linha de pesquisa**. Botucatu, 2003. 428p. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Universidade Estadual Paulista.

ATKINSON, D. & WATSON, C.A. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. **Animal Science**, v.63, n.3, p. 353-61, 1996.

AUSINA, M.C.; MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N. e COSTA, L.M. Dinâmica da decomposição de resíduos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza:SBEA, 2000. (CD ROM).

BATAGLIA, O. G. et.al. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico)

BATISTA, L.F. **Construção e operação de biodigestores**. Brasília: EMBRATER, 1981. Não paginado.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A.F. & LUCAS JR., J. de. **Biodigestores convencionais?** 2. ed. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1991. 25p. (Boletim Técnico, 8).

BORJA, R.; SÁNCHEZ, E.; WEILAND, P. Influence of ammonia concentration on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors. **Process Biochemistry**, v. 31, n. 5, p. 477-83, 1996.

BRADFORD, G.E. Contributions of animal agriculture to meeting global human food demand. **Livestock Production Science**, v.59, p. 95-112, 1999.

BURIN, A. **Desenvolvimento do sorgo granífero (sorghum bicolor) e do feijão (phaseolus vulgaris) em resposta a diferentes adubações (orgânica e mineral)**. Marechal Cândido Rondon, 2002, 76p. Trabalho de Graduação (Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. Botucatu, 1985, 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista.

CALLAGHAN, F. J.; WASE, D.A.J.; THAYANITY, K.; FORSTER, C.F. Co-digestion of waste organic solids: batch studies. **Bioresource Technology**, v. 67, p. 117-22, 1999.

CASTRO, L.R. de. & CORTEZ, L.A.B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.97-102, 1998.

CEZAR, E. Produtores de gado que não se adequarem às mudanças não sobreviverão. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/~eliana/informa/dezembro99/bovinocultura.html>> Acesso em 21 Mai. 2002.

CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; ANDRÉ, E.M.; MANTOVANI, J.R. e ALVES, W.L. Efeito da calagem e do vermicomposto de lixo urbano no enriquecimento de alface em ferro e manganês. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...**, Brasília: SBCS, 1999. (CD ROM).

DECARLI, L. **Desenvolvimento de metodologia para compostagem de resíduos sólidos de frigorífico**. Marechal Cândido Rondon, 1999. 66f. Trabalho de Graduação. (Graduação em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

EGHBALL, B. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. **Soil Science Society of American Journal**, v. 64, p.2024-30, 2000.

ENSMINGER M. E., OLDFIELD, J.E. , W.W. HEINEMANN. **Feeds & Nutrition**. 2 ed. Clovis, California, The Ensminger Publishing Company, 1990. 1544 p.

FAO. Livestock and environment. Disponível em: <<http://www.fao.org/magazine/9809/spot4.htm>> Acesso em 15 Mai. 2002.

FEDLER, C.B. & PARKER, N.C. Integrated waste treatments systems. Disponível em: < <http://www.tcru.ttu.edu/tcru/kc/pubs/parker/p119.html> > Acesso em 16 mai. 2002.

FIGUEIREDO, G.R. de; EUCLIDES FILHO, K.; VAZ, E.C.; SILVA, L.O.C. da; FEIJÓ, G.L.D.A. Raça Valdostana: uma nova opção para linha materna. Disponível em: <<http://www.criadoresdegado.com.br/arttec.htm?artigo=3-35k>> Acesso em: 21 mai. 2002.

FISHER, D.B. Energy impact on manure nutrient management. Disponível em: <http://www.traill.uiuc.edu/dairy/paperDisplay.cfm?ContentID=199> Acesso em:12 set. 2005.

FRASER, A. F. **Comportamiento de los animales de granja**. Zaragoza (España), Editorial Acribia, p. 291, 1980.

GILBERTSON, C.B.; McCALLA, T.M.; ELLIS, J.R. & WOOD, W.R. Characteristics of manure accumulations removed from outdoor, unpaved beef cattle feedlot. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIVESTOCK WASTES: LIVESTOCK WASTES

MANAGEMENT AND POLLUTION ABATEMENT, 1971, Columbus. **Proceedings...**
Columbus:ASAE, p.56-59, 1971.

GORGATI, C. Q. **Resíduos Sólidos Urbanos em Área de Proteção aos Mananciais – Município de São Lourenço da Serra – SP: Compostagem e Impacto Ambiental.** 2001. 74f. Tese. (Doutorado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GOSH, P.K.; BANDYOPADHYAY, K.K.; MANNA, M.C.; MANDAL, K.G.; MISRA, A.K. & HATI, K.M. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. **Bioresource Technology**, v.95, p. 85-93, 2004.

GUNADI, B.; EDWARDS, C.A. e BLOUNT IV, C. The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (Savigny) in cattle and pig manure solids. **European Journal of soil biology**, v.39, p. 19-24, 2003.

GÜNGÖR-DEMIRCI, G., DEMIRER, G., N. Effect of initial COD concentration, nutrient addition, temperature and microbial acclimation on anaerobic treatability of broiler and cattle manure. **Bioresource Technology**, v. 93, p. 109-117, 2004.

HARDOIM, P.C. & LUCAR JR., J. de. Efeito da temperatura e da agitação na produção de biogás na fase de partida de biodigestor anaeróbio operado com estrume de bovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...**Poços de Caldas:SBEA, p.394-96, 1998.

HARDOIM, P.C. **Efeito da temperatura de operação e da agitação mecânica na eficiência da biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos.** Jaboticabal, 1999. 88p. Tese (Doutorado

em Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista.

HARDOIM, P.C.; LUCAS JR., J. de. & CAMPOS, C.M. Efeito do controle da temperatura e da carga orgânica na redução do teor de sólidos voláteis em biodigestor anaeróbio operado com dejetos de bovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas:SBEA, 1999. (*CD-ROM*).

HARDOIM, P.C.; LUCAS JR., J. de. & CAMPOS, C.M. Efeito do controle da temperatura e da agitação mecânica na produção de metano em biodigestor anaeróbio operado com dejetos de bovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza:SBEA, 2000. (*CD-ROM*).

HIRATA, M. et al. Return of dung to behiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) pasture by dairy cattle. **Journal Japan Grass Science**, v. 35, n. 4, p.350-57, 1990.

KALIA, A.K. & SINGH, S.P. Horse dung as a partial substitute for cattle dung for operating family-size biogas plants in a hilly region. **Bioresource technology**, Essex, v. 64, n.1, p.63-66, 1998.

KEARNEY, T. E.; LARKIN, M. J.; LEVETT, P. N. The effect of slurry storage and anaerobic digestion on survival of pathogenic bacteria. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 74, n. 1, p. 86-93, 1993.

KELLEHER, B P., LEAHY, J. J., HENIHAN, A. M, O'DWYER, T. F., SUTTON, D., LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 27-36, 2002.

KELLOGG, L.R.; LANDER, C.H.; MOFFITT, D.C. e GOLLEHON, N. Manure nutrients relative to the capacity of cropland and pastureland to assimilate nutrients: spatial and temporal trends for the United States. USDA - NRCS - ERS, 2000. 140 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.

KRISHNAMOORTHY, U.C.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; et al. Nitrogen fraction in selected feedstuffs. **Journal of the Dairy Science**, v.65, n.01, p.217, 1982.

LOEHR, R.C. **Pollution control for agriculture**. 2 ed. Orlando:Academic Press, 1984, 467p.

LOH, T.C.; LEE, Y.C.; LIANG, J.B. e TAN, D. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. *Bioresource Technology*, 2004. Available online at www.sciencedirect.com.

LUCAS JR., J. **Estudo comparativo de biodigestores modelo indiano e chinês**. 1987. 114p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

LUCAS JR., J. de.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, R.A. de. & MIGUELI, E.F. di. Produção de biogás a partir de dois tipos de esterco de suínos, fresco e pré-fermentado em esterqueira, com e sem adição de inóculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1991, Londrina. **Anais...**Londrina:SBEA, p.279-305, 1991.

LUCAS JR., J.; ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M. & IMADA, R.Y. Avaliação do uso de inóculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...**Ilhéus:SBEA/CEPLAC, 1993. p.915-930.

LUCAS JR., J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. Jaboticabal, 1994. 137p. Tese (Livre

Docência da disciplina de Construções Rurais). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

LUCAS JR., J. de. Biodigestores para o meio rural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. **Palestras...** 1995.

LUCAS JR., J. Sistemas de manejo de dejetos - ISO 14000. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 2, 1996, Campinas. **Anais...**Campinas:ABCP, 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989, 193p.

MALAVOLTA, E. et al. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1991. p. 1-33.

MALHEIROS, S.M.P. e PAULA JR., D.R. Utilização de resíduos agroindustriais no processo de compostagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD-Room).

MARSH, R.; CAMPLING, R. C. Fouling of pasture by dung. **Herbage Abstracts**. Bucks, v. 40, n. 2, p.123-30, 1970.

MARTINEZ, A.A. **Manual prático do minhocultor**. Jaboticabal:FUNEP, 1992, 101p.

MARTINS, A.R.V. **Utilização de dejetos de suínos em dietas de ovinos em sistema de confinamento**. Lavras, 1997. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Nutrição Animal). Universidade Federal de lavras.

MELLO, S.C. & VITTI, G.C. Efeitos de composto de lodo de cervejaria em propriedades químicas e físicas do solo e em plantas de painço em casa-de-vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD-Room).

MINAMI, K.; TANAKA, K. Atmospheric methane: sources, sinks and strategies for reducing agricultural emission. **Water Science Technology**, v. 36, n. 6-7, p. 509-516, 1997.

MITCHELL, A. Production of *Eisenia foetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.3/4, p.763-66, 1997.

NAKAGAWA, J. *Compostagem: obtenção e uso*. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1, 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Champion Papel e Celulose Ltda., 1992. p.159-88.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Soil and Water quality: an agenda for agriculture**. Committee on Long-Range Soil and Water Conservation Policy, 1993. 542 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7.ed. Washington, 2001.

OLIVEIRA, I.P. & ESTRELA, M.F.C. Biofertilizante animal - bovinos e aves potencial e uso. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS EM BIODIGESTORES DO SISTEMA EMBRAPA, 2, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. 16p.

OLIVEIRA, R.A. de.; LUCAS JR.,J. de.; BENINCASA, M.; NASCIMENTO, E.F. e MIRANDA, H.A. Desempenho de Biodigestores Rurais modelos Indiano e Chinês abastecidos com cargas diárias aquecidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1991, Londrina. **Anais...**Londrina:SBEA, p.306-33, 1991.

OMER, A. M.; FADALLA, Y. Biogas energy technology in Sudan. **Renewable Energy**, v. 28, p. 499-507. 2003.

ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M. & LUCAS JR., J. de. **Biodigestores rurais modelos Indiano, Chinês e Batelada**. 2.ed. Jaboticabal:FUNEP, 1991. 34p. (Boletim Técnico).

OVERCASH, M.R.; HUMENIK, F.J. & MINER, J.R. **Livestock waste managment**. v. 1, CRC Press: Boca Raton, 1983.

PASCHOAL, A. Minhocultura evermicompostagem para pequenos, médios e grandes produtores: a minhoca e seu modo de vida e criação prática. Piracicaba:ESALQ, 1996. 54p. (Apostila).

PEIXOTO, R. T. G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina: IAPAR, 1988.

PELISSON, J.L.; LOURENZON, V.; PRAUCHNER, R.B. e GIRACCA, E.M. Vermicompostagem como alternativa para o tratamento de lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...**, Brasília: SBCS, 1999. (CD ROM).

PEREIRA NETO, J.T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: Conferência Sobre Agricultura E Meio Ambiente, 1, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV-NEPEMA, 1994. p.61-74.

POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; THEUREN, C.B. Total starch and relative starch availability of feed grains. 20: Biental Conference on Ruimen Function Chicago, 1989.

RAMACHANDRA, T. V.; KAMAKSHI, G.; SHRUTHI, B. V. Bioresource status in Karnataka. **Renewable and Sustainable Energy Review's**, v 8, p. 1-47, 2004.

ROCHA, M.H.M. **Teores de proteína bruta em dietas com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados**. Piracicaba, 2002. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.

ROCHA, A. Pecuária de corte vai continuar a ampliar mercados em 2005. Disponível em: <http://www.anbacom.br>. Acessado em 20 de fev. de 2005.

SANTOS, T.M.B. & LUCAS JR., J. de. Produção de cama e biogás após criação de frangos sob três densidades. In: BALBUENA, R.H.; BENEZ, S.H. & JORAJURÍ, D. (Ed.). **Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el ámbito Latinoamericano**, La Plata: UNLP, 1998, p. 340-45.

SANTOS, T.M.B.dos. Impactos da produção animal sobre o meio ambiente. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1998. 43p.

SANTOS, T.M.B. dos. **Balanco energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**. Jaboticabal, 2001. 171p. Tese (Doutorado em Zootecnia/Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

SANTOS, T.M.B.dos. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte**. Jaboticabal, 1997. 95p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Ánálises Químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', 1974, 56p.

SCHOKEN-ITURRINO, R. P.; BENINCASA, M.; LUCAS JUNIOR, J.; FELIS, S.D. Biodigestores contínuos: isolamento de bactérias patogências no efluente. **Engenharia Agrícola**, v. 15, p. 105-8, 1995.

SERAFIM, R.S. **Caracterização e uso dos dejetos de suínos nas fases de crescimento e terminação em três sistemas de manejo dos dejetos**. Jaboticabal, 2004. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

SESTAK, M. **Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão**. Marechal Cândido Rondon, 2002. 50p. Trabalho de Graduação (Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora Universitária, 1981. 166p.

SILVA, C.J. **Produtividade de milho em Latossolo Vermelho Eutroférico em resposta à adubação orgânica e mineral**. Marechal Cândido Rondon, 1999. 47p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SILVA, R.F.; LOHMANN, O.; FONTOURA, T.B.; SILVA, D.M.; JACQUES, R.J.S. e FRIES, M.R. Eficiência da vermicompostagem na redução de microrganismos fecais em lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...**, Brasília: SBCS, 1999. (CD ROM).

SILVA, E.T. da. & MAGALHÃES, C. de S. Controle de poluição de atividades pecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.62-76, mai/jun. 2001.

SILVA, M.S.; COSTA, L.A.M.; LUCAS JR., J.; SANTOS, T.M.B. et al. Avaliação de quatro sistemas de compostagem de animais mortos em sistemas avícolas. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza: SBEA, 2000. (CD ROM).

SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. 235p.

SORENSEN, P. Short-term nitrogen transformations in soil amended with animal manure. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33, p.1211-26, 2001.

SOUZA, C.F. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: Obtenção de dados e aplicação no desenvolvimento de um modelo dinâmico de simulação na produção de biogás**. Jaboticabal, 2001. 132p. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. Araraquara, 2001. 109p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia/Biotecnologia). Instituto de Química. Universidade Estadual Paulista.

TAKITANE, I.C.; COLEN, F. & BUENO, O. de C. Custo de instalação de biodigestor para a produção de energia e/ou biofertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza:SBEA, 2000. (CD-ROM).

TAMMINGA, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal Dairy Science**, v. 75, p.345, 1992.

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Livestock Production Science**, v.84, p.101-111, 2003.

TORRES CASTILLO, R.; LA BRESLUENGO, P. & MATA ALVAREZ, J. Temperature effect on anaerobic digestion of bedding straw in a one phase system at different inoculum concentration. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.54, n.1, p. 56-66, 1995.

USDA. World Beef Trade Overview. Disponível no site:<www.fas.usda.gov/dlp/circular/2003/03-10LP/beefoverview.html>, 2003. Acesso em 12/11/2004.

VAN HORN, H.H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W.J.; NORDSTEDT, R.A. Components of dairy manure management systems. **Journal Dairy Science**, Savoy, v. 77, n.7, p. 2008 -2030, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583, 1991.

VENTURINI, S.F.; GIRACCA, E.M.N.; CARLOSSO, S.J.T.; WIETHAN, M.M. e SANTI, A.L. Avaliação de metais pesados em composto e vermicomposto de lixo orgânico urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...**, Brasília: SBCS, 1999. (CD ROM).

VITORINO, K. M. N.e PEREIRA NETO, J. T. Estudo da compostabilidade dos resíduos da agricultura sucroalcooleira. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV-NEPEMA, 1994. p.121-32.

VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989, 75p. (Boletim Técnico).

WELLS, K.L. The agronomics of manure use for crop production. Cooperative Extension Service - University of Kentucky - College of Agriculture. Disponível em:<<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr165/agr165.pdf>> Acesso em: 27 mai. 2002.

XAVIER, C.A.N. **Biodigestão anaeróbia de dejetos em sistemas de produção de leite: obtenção de parâmetros e dimensionamento.** Jaboticabal, 2005. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

YADVIKA, SANTOSH, SREEKVISHMAN, T. R.; SANGEETA KOHLI, VINEET RANA. Enhancement of biogas production from solids substrates using different techniques – a review. **Bioresource Technology**, v. 95, p. 1-10, 2004.

ZAO, H.W. & VIRARAGHAVAN, T. Analysis of the performance of an anaerobic digestion system at the Regina wastewater treatment plant. **Bioresource technology**, v.95, n.3, p.301-307. Disponível em <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em 03 out. 2005.

ZHANG, H. & HAMILTON, D.W. Using stockpiled feedlot manure as fertilizer. Oklahoma Cooperative Extension Service - Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. Disponível em: <www.agweb.okstate.edu/pearl/plantsoil/soils/f-2250.pdf> Acesso em: 27 mai. 2002.

APÊNDICE

Apêndice 1. Teores de ST e SV, em porcentagem e em massa e redução de ST e SV para as dietas analisadas na temperatura de 40° C.

Dia	DIETA 1 - 40° C						DIETA 2 - 40° C																	
	ST (%)		ST (kg)		SV (%)		SV (kg)		ST (%)		ST (kg)		SV (%)		SV (kg)									
	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI						
1	7,53	1,17	0,72	0,015	0,002	0,001	6,64	0,88	0,49	0,013	0,002	0,001	8,01	1,26	0,92	0,016	0,003	0,002	7,28	1,01	0,78	0,015	0,002	0,002
2	7,53	1,17	0,72	0,015	0,002	0,001	6,64	0,88	0,49	0,013	0,002	0,001	8,01	1,26	0,92	0,016	0,003	0,002	7,28	1,01	0,78	0,015	0,002	0,002
3	7,42	1,06	0,89	0,015	0,002	0,002	6,54	0,77	0,65	0,013	0,002	0,001	8,43	1,29	0,98	0,017	0,003	0,002	7,64	1,00	0,79	0,015	0,002	0,002
4	7,42	1,06	0,89	0,015	0,002	0,002	6,54	0,77	0,65	0,013	0,002	0,001	8,43	1,29	0,98	0,017	0,003	0,002	7,64	1,00	0,79	0,015	0,002	0,002
5	6,92	0,86	0,72	0,014	0,002	0,001	6,18	0,58	0,50	0,012	0,001	0,001	8,49	1,18	1,04	0,017	0,002	0,002	7,51	0,90	0,85	0,015	0,002	0,002
6	7,08	0,95	0,83	0,014	0,002	0,002	6,23	0,70	0,62	0,012	0,001	0,001	7,98	1,45	0,9	0,016	0,003	0,002	7,18	1,11	0,63	0,014	0,002	0,001
7	7,32	1,07	0,96	0,015	0,002	0,002	6,63	0,75	0,70	0,013	0,002	0,001	7,66	1,58	1,18	0,015	0,003	0,002	6,90	1,22	0,94	0,014	0,002	0,002
8	6,84	2,24	0,81	0,014	0,004	0,002	5,93	1,75	0,65	0,012	0,004	0,001	7,08	1,14	0,94	0,014	0,002	0,002	6,36	0,88	0,82	0,013	0,002	0,002
9	6,84	2,24	0,81	0,014	0,004	0,002	5,93	1,75	0,65	0,012	0,004	0,001	7,08	1,14	0,94	0,014	0,002	0,002	6,36	0,88	0,82	0,013	0,002	0,002
10	7,46	1,19	0,77	0,015	0,002	0,002	6,52	0,89	0,55	0,013	0,002	0,001	6,86	0,99	2,02	0,014	0,002	0,004	6,10	0,73	1,71	0,012	0,001	0,003
11	7,46	1,19	0,77	0,015	0,002	0,002	6,52	0,89	0,55	0,013	0,002	0,001	6,86	0,99	2,02	0,014	0,002	0,004	6,10	0,73	1,71	0,012	0,002	0,003
12	6,58	1,35	1,06	0,013	0,003	0,002	5,64	0,98	0,77	0,011	0,002	0,002	6,95	1,15	1,97	0,014	0,002	0,004	6,06	0,85	1,63	0,012	0,002	0,003
13	6,73	1,40	1,18	0,013	0,003	0,002	5,85	1,05	0,90	0,012	0,002	0,002	6,65	1,22	2,16	0,013	0,002	0,004	5,87	0,92	1,82	0,012	0,003	0,004
14	7,86	1,15	1,68	0,016	0,002	0,003	6,88	0,85	1,33	0,014	0,002	0,003	8,56	1,79	2,49	0,017	0,004	0,005	7,67	1,47	2,16	0,015	0,002	0,004
15	8,36	1,44	2,36	0,017	0,003	0,005	7,30	1,32	1,85	0,015	0,003	0,004	7,56	1,24	2,17	0,015	0,002	0,004	6,79	0,98	1,93	0,014	0,002	0,004
16	8,36	1,44	2,36	0,017	0,003	0,005	7,30	1,32	1,85	0,015	0,003	0,004	7,56	1,24	2,17	0,015	0,002	0,004	6,79	0,89	1,93	0,014	0,002	0,004
17	6,67	2,34	2,52	0,013	0,005	0,005	5,82	2,01	2,29	0,012	0,004	0,005	7,55	1,21	2,65	0,015	0,002	0,005	6,56	0,89	2,33	0,013	0,002	0,005
18	6,67	2,34	2,52	0,013	0,005	0,005	5,82	2,01	2,29	0,012	0,004	0,005	7,55	1,21	2,65	0,015	0,002	0,005	6,56	0,99	2,33	0,013	0,002	0,005
19	7,01	1,65	2,02	0,014	0,003	0,004	6,06	1,25	1,62	0,012	0,003	0,003	6,59	1,33	3,49	0,013	0,003	0,007	5,76	1,17	3,02	0,012	0,002	0,006
20	6,66	2,53	2,19	0,013	0,005	0,004	5,75	1,94	1,80	0,012	0,004	0,004	6,88	1,52	3,33	0,014	0,003	0,007	6,07	0,82	2,85	0,012	0,002	0,006
21	7,21	1,90	2,32	0,014	0,004	0,005	6,28	1,43	1,87	0,013	0,003	0,004	7,02	1,15	3,55	0,014	0,002	0,007	6,26	1,42	3,01	0,013	0,003	0,006
22	6,20	4,63	3,58	0,012	0,009	0,007	5,41	3,83	3,08	0,011	0,008	0,006	6,21	1,83	3,25	0,012	0,004	0,007	5,57	1,42	2,84	0,011	0,003	0,006
23	6,20	4,63	3,58	0,012	0,009	0,007	5,41	3,83	3,08	0,011	0,008	0,006	6,21	1,83	3,25	0,012	0,004	0,007	5,57	1,51	2,84	0,011	0,003	0,006
24	7,34	2,43	1,66	0,015	0,005	0,003	6,47	1,99	1,37	0,013	0,004	0,003	7,54	1,86	2,34	0,015	0,004	0,005	6,73	1,51	1,98	0,013	0,003	0,004
25	7,34	2,43	1,66	0,015	0,005	0,003	6,47	1,99	1,37	0,013	0,004	0,003	7,54	1,86	2,34	0,015	0,004	0,005	6,73	1,89	1,98	0,013	0,004	0,004
26	6,78	4,59	4,12	0,014	0,009	0,008	6,00	3,80	3,46	0,012	0,008	0,007	6,66	2,31	3,61	0,013	0,005	0,007	5,95	1,36	3,22	0,012	0,003	0,006
27	7,01	4,92	4,3	0,014	0,010	0,009	6,18	4,11	3,66	0,012	0,008	0,007	7,46	1,67	3,39	0,015	0,003	0,007	6,65	1,94	2,96	0,013	0,004	0,006
28	6,50	4,99	5,26	0,013	0,010	0,011	5,59	3,97	4,41	0,011	0,008	0,009	6,35	2,56	4,33	0,013	0,005	0,009	5,48	1,48	3,56	0,011	0,003	0,007
29	6,82	5,44	4,51	0,014	0,011	0,009	6,01	4,53	3,83	0,012	0,009	0,008	6,93	1,89	3,74	0,014	0,004	0,007	6,19	1,67	3,20	0,012	0,003	0,006
30	6,77	5,76	2,86	0,014	0,012	0,006	5,97	4,79	2,44	0,012	0,010	0,005	7,47	2,14	2,96	0,015	0,004	0,006	6,68	1,38	2,53	0,013	0,003	0,005
Médias	7,10	2,39	2,02	0,014	0,005	0,004	6,22	1,92	1,66	0,012	0,004	0,003	7,34	1,49	2,29	0,015	0,003	0,005	6,54	1,17	1,96	0,013	0,002	0,004

Dieta 1: ST= 66,4% - sem inóculo; ST= 71,5% - com inóculo, SV= 68,8% - sem inóculo, SV= 79,7% - com inóculo; ST= 68,8% - sem inóculo, SV= 82,1% - com inóculo

Reduções médias 69,1% - sem inóculo; SV= 73,3% - com inóculo

Apêndice 2. Teores de ST e SV, em porcentagem e em massa e redução de ST e SV para as dietas analisadas na temperatura de 35° C.

Dia	DIETA 1 - 35° C												DIETA 2 - 35° C											
	ST (%)			ST (kg)			SV (%)			SV (kg)			ST (%)			ST (kg)			SV (%)			SV (kg)		
	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI
1	7,53	0,93	0,73	0,015	0,002	0,001	6,64	0,67	0,55	0,013	0,001	0,001	8,01	4,98	1,06	0,016	0,010	0,002	7,28	3,96	0,84	0,015	0,008	0,002
2	7,53	0,93	0,73	0,015	0,002	0,001	6,64	0,67	0,55	0,013	0,001	0,001	8,01	4,98	1,06	0,016	0,010	0,002	7,28	3,96	0,84	0,015	0,008	0,002
3	7,42	1,13	0,88	0,015	0,002	0,002	6,54	0,83	0,62	0,013	0,002	0,001	8,43	0,96	0,94	0,017	0,002	0,002	7,64	0,69	0,78	0,015	0,001	0,002
4	7,42	1,13	0,88	0,015	0,002	0,002	6,54	0,83	0,62	0,013	0,002	0,001	8,43	0,96	0,94	0,017	0,002	0,002	7,64	0,69	0,78	0,015	0,001	0,002
5	6,92	0,85	0,86	0,014	0,002	0,002	6,18	0,58	0,63	0,012	0,001	0,001	8,49	1,09	1,05	0,017	0,002	0,002	7,51	0,83	0,90	0,015	0,002	0,002
6	7,08	0,93	0,81	0,014	0,002	0,002	6,23	0,61	0,56	0,012	0,001	0,001	7,98	1,06	0,96	0,016	0,002	0,002	7,18	0,77	0,77	0,014	0,002	0,002
7	7,32	1,11	1,20	0,015	0,002	0,002	6,63	0,83	0,96	0,013	0,002	0,002	7,66	1,22	1,19	0,015	0,002	0,002	6,90	0,96	0,97	0,014	0,002	0,002
8	6,84	0,97	0,77	0,014	0,002	0,002	5,93	0,74	0,56	0,012	0,001	0,001	7,08	1,19	1,03	0,014	0,002	0,002	6,36	0,96	0,87	0,013	0,002	0,002
9	6,84	0,97	0,77	0,014	0,002	0,002	5,93	0,74	0,56	0,012	0,001	0,001	7,08	1,19	1,03	0,014	0,002	0,002	6,36	0,96	0,87	0,013	0,002	0,002
10	7,46	1,41	0,83	0,015	0,003	0,002	6,52	1,10	0,59	0,013	0,002	0,001	6,86	6,57	0,9	0,014	0,013	0,002	6,10	5,03	0,72	0,012	0,010	0,001
11	7,46	1,41	0,83	0,015	0,003	0,002	6,52	1,10	0,59	0,013	0,002	0,001	6,86	6,57	0,9	0,014	0,013	0,002	6,10	5,03	0,72	0,012	0,010	0,001
12	6,58	1,94	1,13	0,013	0,004	0,002	5,64	1,53	0,87	0,011	0,003	0,002	6,95	0,90	1,18	0,014	0,002	0,002	6,06	0,68	0,97	0,012	0,002	0,002
13	6,73	2,11	1,09	0,013	0,004	0,002	5,85	1,68	0,83	0,012	0,003	0,002	6,65	1,20	1,57	0,013	0,002	0,003	5,87	0,93	1,32	0,012	0,002	0,003
14	7,86	2,08	1,55	0,016	0,004	0,003	6,88	1,69	1,25	0,014	0,003	0,003	8,56	1,32	1,42	0,017	0,003	0,003	7,67	1,04	1,18	0,015	0,002	0,002
15	8,36	2,33	1,24	0,017	0,005	0,002	7,30	1,92	1,01	0,015	0,004	0,002	7,56	1,22	1,49	0,015	0,002	0,003	6,79	0,93	1,25	0,014	0,002	0,003
16	8,36	2,33	1,24	0,017	0,005	0,002	7,30	1,92	1,01	0,015	0,004	0,002	7,56	1,22	1,49	0,015	0,002	0,003	6,79	0,93	1,25	0,014	0,002	0,003
17	6,67	2,29	0,87	0,013	0,005	0,002	5,82	2,06	0,77	0,012	0,004	0,002	7,55	1,20	1,31	0,015	0,002	0,003	6,56	0,90	1,02	0,013	0,002	0,002
18	6,67	2,29	0,87	0,013	0,005	0,002	5,82	2,06	0,77	0,012	0,004	0,002	7,55	1,20	1,31	0,015	0,002	0,003	6,56	0,90	1,02	0,013	0,002	0,002
19	7,01	2,29	1,14	0,014	0,005	0,002	6,06	1,83	0,80	0,012	0,004	0,002	6,59	1,28	1,45	0,013	0,003	0,003	5,76	0,97	1,17	0,012	0,002	0,002
20	6,66	1,31	1,58	0,013	0,003	0,003	5,75	0,99	1,18	0,012	0,002	0,002	6,88	1,08	0,98	0,014	0,002	0,002	6,07	0,77	0,75	0,012	0,002	0,002
21	7,21	1,52	1,87	0,014	0,003	0,004	6,28	1,16	1,39	0,013	0,002	0,003	7,02	1,23	1,26	0,014	0,002	0,003	6,26	0,91	0,98	0,013	0,002	0,002
22	6,20	1,97	2,31	0,012	0,004	0,005	5,41	1,57	1,80	0,011	0,003	0,004	6,21	1,35	1,31	0,012	0,003	0,003	5,57	1,03	1,05	0,011	0,002	0,002
23	6,20	1,97	2,31	0,012	0,004	0,005	5,41	1,57	1,80	0,011	0,003	0,004	6,21	1,35	1,31	0,012	0,003	0,003	5,57	1,03	1,05	0,011	0,002	0,002
24	7,34	3,22	1,43	0,015	0,006	0,003	6,47	2,64	1,06	0,013	0,005	0,002	7,54	1,40	1,26	0,015	0,003	0,003	6,73	1,13	0,98	0,013	0,002	0,002
25	7,34	3,22	1,43	0,015	0,006	0,003	6,47	2,64	1,06	0,013	0,005	0,002	7,54	1,40	1,26	0,015	0,003	0,003	6,73	1,13	0,98	0,013	0,002	0,002
26	6,78	4,84	1,52	0,014	0,010	0,003	6,00	4,04	1,22	0,012	0,008	0,002	6,66	1,62	1,24	0,013	0,003	0,002	5,95	1,32	1,00	0,012	0,003	0,002
27	7,01	1,97	1,8	0,014	0,004	0,004	6,18	1,61	1,44	0,012	0,003	0,003	7,46	1,76	1,54	0,015	0,004	0,003	6,65	1,43	1,28	0,013	0,003	0,003
28	6,50	3,78	3,32	0,013	0,008	0,007	5,59	3,04	2,51	0,011	0,006	0,005	6,35	1,45	1,48	0,013	0,003	0,003	5,48	1,12	1,15	0,011	0,002	0,002
29	6,82	2,85	2,16	0,014	0,006	0,004	6,01	2,14	1,74	0,012	0,004	0,003	6,93	2,51	0,94	0,014	0,005	0,002	6,19	2,03	0,70	0,012	0,004	0,001
30	6,77	2,30	2,11	0,014	0,005	0,004	5,97	1,73	1,69	0,012	0,003	0,003	7,47	1,90	1,65	0,015	0,004	0,003	6,68	1,54	1,24	0,013	0,003	0,002
Médias	7,10	1,95	1,34	0,014	0,004	0,003	6,22	1,55	1,03	0,012	0,003	0,002	7,34	1,91	1,22	0,015	0,004	0,002	6,54	1,49	0,98	0,013	0,003	0,002
Reduções médias	Dieta 1: ST= 72,6% – sem inóculo; ST= 81,1% – com inóculo, SV= 75,1% – sem inóculo; SV= 83,4% – com inóculo												Dieta 2: ST= 73,9% – sem inóculo; ST= 83,4% – com inóculo, SV= 79,4% – sem inóculo; SV= 85,0% – com inóculo											

Apêndice 3. Teores de ST e SV, em porcentagem e em massa e redução de ST e SV para as dietas analisadas na temperatura de 25°C.

Dia	DIETA 1 - 25°C												DIETA 2 - 25°C											
	ST (%)			ST (kg)			SV (%)			SV (kg)			ST (%)			ST (kg)			SV (%)			SV (kg)		
	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI	I	FCI	FSI
1	7,53	1,32	0,58	0,015	0,003	0,001	6,64	0,97	0,41	0,013	0,002	0,001	8,01	1,91	0,65	0,016	0,004	0,001	7,28	1,57	0,47	0,015	0,003	0,001
2	7,53	1,32	0,58	0,015	0,003	0,001	6,64	0,97	0,41	0,013	0,002	0,001	8,01	1,91	0,65	0,016	0,004	0,001	7,28	1,57	0,47	0,015	0,003	0,001
3	7,42	1,15	0,7	0,015	0,002	0,001	6,54	0,87	0,53	0,013	0,002	0,001	8,43	1,53	0,9	0,017	0,003	0,002	7,64	1,18	0,68	0,015	0,002	0,001
4	7,42	1,15	0,7	0,015	0,002	0,001	6,54	0,87	0,53	0,013	0,002	0,001	8,43	1,53	0,9	0,017	0,003	0,002	7,64	1,18	0,68	0,015	0,002	0,001
5	6,92	0,83	0,66	0,014	0,002	0,001	6,18	0,50	0,43	0,012	0,001	0,001	8,49	1,43	1,15	0,017	0,003	0,002	7,51	1,11	0,93	0,015	0,002	0,002
6	7,08	0,96	0,75	0,014	0,002	0,002	6,23	0,68	0,56	0,012	0,001	0,001	7,98	1,32	1,1	0,016	0,003	0,002	7,18	1,05	0,84	0,014	0,002	0,002
7	7,32	1,03	0,95	0,015	0,002	0,002	6,63	0,68	0,68	0,013	0,001	0,001	7,66	1,28	1,13	0,015	0,003	0,002	6,90	1,00	0,86	0,014	0,002	0,002
8	6,84	1,00	0,93	0,014	0,002	0,002	5,93	0,69	0,70	0,012	0,001	0,001	7,08	1,32	1,17	0,014	0,003	0,002	6,36	1,03	0,89	0,013	0,002	0,002
9	6,84	1,00	0,93	0,014	0,002	0,002	5,93	0,69	0,70	0,012	0,001	0,001	7,08	1,32	1,17	0,014	0,003	0,002	6,36	1,03	0,89	0,013	0,002	0,002
10	7,46	1,03	0,91	0,015	0,002	0,002	6,52	0,72	0,68	0,013	0,001	0,001	6,86	1,30	1,13	0,014	0,003	0,002	6,10	1,00	0,83	0,012	0,002	0,002
11	7,46	1,03	0,91	0,015	0,002	0,002	6,52	0,72	0,68	0,013	0,001	0,001	6,86	1,30	1,13	0,014	0,003	0,002	6,10	1,00	0,83	0,012	0,002	0,002
12	6,58	1,18	0,81	0,013	0,002	0,002	5,64	0,84	0,57	0,011	0,002	0,001	6,95	1,88	1,21	0,014	0,004	0,002	6,06	1,47	0,89	0,012	0,003	0,002
13	6,73	1,65	1,41	0,013	0,003	0,003	5,85	1,24	1,12	0,012	0,002	0,002	6,65	1,53	1,33	0,013	0,003	0,003	5,87	1,23	1,01	0,012	0,002	0,002
14	7,86	1,55	1,86	0,016	0,003	0,004	6,88	1,19	1,49	0,014	0,002	0,003	8,56	1,63	1,64	0,017	0,003	0,003	7,67	1,33	1,33	0,015	0,003	0,003
15	8,36	1,35	1,53	0,017	0,003	0,003	7,30	1,03	1,23	0,015	0,002	0,002	7,56	1,49	1,54	0,015	0,003	0,003	6,79	1,19	1,26	0,014	0,002	0,003
16	8,36	1,35	1,53	0,017	0,003	0,003	7,30	1,03	1,23	0,015	0,002	0,002	7,56	1,49	1,54	0,015	0,003	0,003	6,79	1,19	1,26	0,014	0,002	0,003
17	6,67	1,10	0,92	0,013	0,002	0,002	5,82	0,73	0,63	0,012	0,001	0,001	7,55	2,09	1,24	0,015	0,004	0,002	6,56	1,69	0,98	0,013	0,003	0,002
18	6,67	1,10	0,92	0,013	0,002	0,002	5,82	0,73	0,63	0,012	0,001	0,001	7,55	2,09	1,24	0,015	0,004	0,002	6,56	1,69	0,98	0,013	0,003	0,002
19	7,01	1,24	1,30	0,014	0,002	0,003	6,06	0,87	0,96	0,012	0,002	0,002	6,59	1,99	1,21	0,013	0,004	0,002	5,76	1,59	0,90	0,012	0,003	0,002
20	6,66	1,16	1,37	0,013	0,002	0,003	5,75	0,78	1,03	0,012	0,002	0,002	6,88	2,12	1,32	0,014	0,004	0,003	6,07	1,73	0,99	0,012	0,003	0,002
21	7,21	1,19	1,35	0,014	0,002	0,003	6,28	0,79	0,94	0,013	0,002	0,002	7,02	1,83	1,46	0,014	0,004	0,003	6,26	1,56	1,07	0,013	0,003	0,002
22	6,20	1,27	1,45	0,012	0,003	0,003	5,41	0,92	1,05	0,011	0,002	0,002	6,21	2,30	1,45	0,012	0,005	0,003	5,57	1,89	1,11	0,011	0,004	0,002
23	6,20	1,27	1,45	0,012	0,003	0,003	5,41	0,92	1,05	0,011	0,002	0,002	6,21	2,30	1,45	0,012	0,005	0,003	5,57	1,89	1,11	0,011	0,004	0,002
24	7,34	1,71	1,71	0,015	0,003	0,003	6,47	1,31	1,33	0,013	0,003	0,003	7,54	2,46	1,16	0,015	0,005	0,002	6,73	2,04	0,88	0,013	0,004	0,002
25	7,34	1,71	1,71	0,015	0,003	0,003	6,47	1,31	1,33	0,013	0,003	0,003	7,54	2,46	1,16	0,015	0,005	0,002	6,73	2,04	0,88	0,013	0,004	0,002
26	6,78	1,09	2,25	0,014	0,002	0,005	6,00	0,73	1,81	0,012	0,001	0,004	6,66	3,35	1,2	0,013	0,007	0,002	5,95	2,79	0,90	0,012	0,006	0,002
27	7,01	1,88	2,60	0,014	0,004	0,005	6,18	1,50	2,10	0,012	0,003	0,004	7,46	2,73	1,27	0,015	0,005	0,003	6,65	2,30	0,98	0,013	0,005	0,002
28	6,50	1,74	2,33	0,013	0,003	0,005	5,59	1,27	1,73	0,011	0,003	0,003	6,35	2,35	1,27	0,013	0,005	0,003	5,48	1,83	0,87	0,011	0,004	0,002
29	6,82	1,85	2,10	0,014	0,004	0,004	6,01	1,32	1,67	0,012	0,003	0,003	6,93	1,58	1,07	0,014	0,003	0,002	6,19	1,25	0,77	0,012	0,003	0,002
30	6,77	4,35	2,59	0,014	0,009	0,005	5,97	3,10	2,05	0,012	0,006	0,004	7,47	4,77	2,04	0,015	0,010	0,004	6,68	3,76	1,48	0,013	0,008	0,003
Médias	7,10	1,39	1,33	0,014	0,003	0,003	6,22	1,00	1,01	0,012	0,002	0,002	7,34	1,95	1,23	0,015	0,004	0,002	6,54	1,57	0,93	0,013	0,003	0,002

Dieta 1: ST= 80,5% – sem inóculo; SV= 81,3% – com inóculo, Dieta 2: ST= 73,4% – sem inóculo; SV= 83,2% – com inóculo, SV= 76,0% – sem inóculo; SV= 85,7% – com inóculo

Redução média