UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS RESÍDUOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OVOS: COMPOSTAGEM E BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Karolina Von Zuben Augusto
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO- BRASIL
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS RESÍDUOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OVOS: COMPOSTAGEM E BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Karolina Von Zuben Augusto

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Produção Animal)

Junho 2007

Jaboticabal – SP

Augusto, Karolina Von Zuben
A923c Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: Compostagem e Biodigestão Anaeróbia / Karolina Von Zuben Augusto. – – Jaboticabal, 2007
xiii, 132 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007
Orientador: Jorge de Lucas Junior
Banca examinadora: Vera Maria Barbosa de Moraes, Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa
Bibliografia

1. Avicultura de postura. 2. Compostagem. 3. Biodigestão Anaeróbia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.5:631.879.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KAROLINA VON ZUBEN AUGUSTO – nascida em 24 de julho de 1978 na cidade de Valinhos – SP, onde completou seus estudos fundamental e médio, juntamente com o curso Técnico em Enfermagem no *"Colégio Técnico da Unicamp – COTUCA",* em 1997. No ano de 2000 ingressou no curso de Zootecnia da *Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita"*, Campus Botucatu, realizando diversas atividades junto à universidade como representante discente, estágios em diferentes setores da faculdade, além de estágios extracurriculares em granjas e em outras universidades. Durante o ano de 2004 viajou por diversos lugares do país estagiando em fazendas e granjas buscando soluções e experiências para o meio ambiente com relação à produção de dejetos nas atividades zootécnicas. Findo o período de graduação, em dezembro de 2004, já desenvolvia um projeto de manejo de dejetos no *Aviário Mantiqueira*, na cidade de Itanhandu – MG, no qual coletou seus dados utilizados no trabalho de mestrado que será aqui apresentado. Em março de 2006 afastou-se temporariamente do *Aviário Mantiqueira* para dar total atenção ao curso de mestrado, na *Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita"*, Campus Jaboticabal, iniciado em março de 2005 e que hoje conclui com muita satisfação e alegria, sendo ciente de que as dificuldades e os obstáculos no caminho serviram como parte da experiência e a fizeram uma pessoa mais exigente, determinada e feliz.

Aos meus pais, Marinho e Cacilda, exemplos de vida e de união que através do amor e da dedicação me ensinaram os valores da vida.
MINHA HOMENAGEM

À minha irmã Karla, com sua imensa doçura e amor, sempre esteve ao meu lado, me incentivando e me apoiando. Sou muito feliz por poder desfrutar tantos momentos da minha vida com você!
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior pela orientação, amizade e conselhos que contribuíram para a realização deste projeto e aos professores membros da banca examinadora da defesa e da qualificação, Vera Maria Barbosa, Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa e Otto Mack Junqueira.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV - UNESP, campus de Jaboticabal e ao programa de Pós-graduação do curso de Zootecnia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Aos meus pais pelo amor, carinho e por serem meu referencial e meu porto seguro, me acolhendo, me confortando em qualquer momento e pelos ensinamentos de honestidade, perseverança e carinho, amo muito vocês!

À minha irmã Karla pelo suporte e confidências, com suas amorosas palavras e gestos e ao meu querido cunhado Marcelo. À Pati que me mostra que nunca é tarde para aprender, mudar e buscar a felicidade!

Ao meu namorado Alex que me incentivou em tantos momentos, iluminando minhas decisões e compartilhando os momentos!

À Bilinha e Tigrão que sempre estiveram dispostos aos passeios no fim da tarde comigo depois de muito escrever. À Bombom e Bebel que recém chegaram e já fazem parte da "família"!

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, FCAV – UNESP – Campus de Jaboticabal, Luizinho, Marquinhos, Primo, Doni, Fiapo, Torto, Luiz Fiapo, Miriam enfim, à todos, pela ajuda nos experimentos de biodigestão anaeróbia e principalmente por terem agüentado o cheirinho da compostagem.

Aos meus amigos de laboratório, principalmente à Cris que me ajudou tanto nas análises e na compra dos reagentes. À Adriane, Adriana, Carla, Carol, Mário, Marco, Rose, Laura, Airon e todos que fizeram parte da minha breve passagem por Jaboticabal.

À minha amiga Celu por toda sua ajuda como "personal orientadora", nos experimentos, análises, papeladas da pós-graduação, risadas, fofocas e muito mais.

Às meninas da Rep Zoona Celu, Forgs, Suku, Pop, Moeda, Kenga, Pist, Judoca e Laura vocês são muito mais que irmãs de república, são confidentes, consoladoras, ouvido de penico, compartilharam tanto de vocês comigo que às vezes nem acredito que não somos amigas de infância!

Às meninas do 2, Carlão, Rê e Murici, pelas conversas esclarecedoras!!! E aos meninos do 3, Cherrico, Rori e Ferdi, extensão da nossa casa. Camilo e Super-15 amigos de todas as horas.

Aos meus amigos que souberam entender minha ausência e mesmo distantes demonstram seu carinho e amizade. Érica, Tísico, Mari, Rê, Renatinha, Mi, Analu, Lu e Lisa.

Neste período conheci pessoas especiais; Verena, Marcelo Lima, Junior Nogueira (Rio Verde), Paulo Prata e Chris ÀllmêÍda que se tornaram mais que exemplos pra mim, são, hoje, meus amigos queridos!

Ao Aviário Mantiqueira e aos seus proprietários Leandro e Carlos que acreditaram e investiram no meu trabalho. Lugar onde fui tão bem acolhida agradeço o carinho e respeito de todas as pessoas que lá trabalham.

Aos meus amigos Itanhanduenses, José, Du, Galvão, Rodrigo, Claudiane, Beth, Eduardo, Lúcio (bigode), Jéferson, Andréa, Silvia, Silvana, Adriana, Alexandre, Jaqueline, Luana, Simone, Titiu e todos que fazem parte desta querida recordação.

Ao Marcelo (esterco), Joãozinho, Seu Zé, João, Piriá, Mucudo, Waldir e a todos os “meninos do esterco”, pelas risadas e trabalho duro. Ao Waldir e Paulinho do trator, por me ensinarem a dirigir os tratores na usina, ao Paulão e ao Claudinho da carreta.

A minha permanência em Itanhandu contribuiu tanto para o meu crescimento profissional como meu auto-conhecimento, foi onde desfrutei momentos maravilhosos junto de pessoas especiais que ficarão eternamente no meu coração.

SUMÁRIO

Página

SUMÁRIO ..... **i**
LISTA DE FIGURAS v
LISTA DE TABELAS vii
RESUMO xi
ABSTRACT xii

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS **1**

1.1. INTRODUÇÃO 1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA 3
1.2.1. Avicultura de Postura e Meio Ambiente 3
1.2.2. Produção de dejetos; Quantificação e Caracterização 8
1.2.3. Compostagem 11
1.2.4. Biodigestão Anaeróbia 16
1.3. OBJETIVOS 20

CAPITULO 2 – CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL **21**

2.1. INTRODUÇÃO 21
2.2. MATERIAL E MÉTODOS 22
2.2.1. Quantificação e coleta dos dejetos 22
2.2.3. Caracterização dos dejetos produzidos 26
2.2.3.1 Determinação da produção de dejetos “in natura” e matéria seca 26
2.2.3.2. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis 27
2.2.3.3. Digestão e quantificação de minerais 27
2.2.3.4. Teor de Carbono Orgânico (C) 28
2.2.4. Delineamento e Análise Estatística 29
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 29

2.3.1. Determinação da produção de dejetos “in natura” e matéria seca 29
2.3.2 Caracterização dos dejetos 32
2.4. CONCLUSÕES 36

CAPITULO 3 – COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL.....37

3.1. INTRODUÇÃO 37
3.2. MATERIAL E MÉTODOS 38
3.2.1. Descrição do local 38
3.2.2. Materiais utilizados na compostagem, montagem e monitoramento das leiras (temperatura, peso e volume) 39
3.2.3. Análises laboratoriais para acompanhamento do processo de compostagem 42
3.2.3.1. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis 42
3.2.3.2. Digestão e quantificação de minerais 42
3.2.3.3. Teor de Carbono Orgânico 43
3.2.3.4. Coliformes Totais e Fecais 44
3.2.4. Delineamento e Análise Estatística 44
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 45
3.3.1. Temperatura 45
3.3.2. Volume e Peso 48
3.3.3. Coliformes totais e fecais 51
3.3.4. Conteúdos de ST, SV, C, N, MOC e MORC 52
3.3.5. Teores de macro e micronutrientes 55
3.4. CONCLUSÕES 57

CAPITULO 4 – BIODIGESTÃO ANERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES BATELADA 58

4.1. INTRODUÇÃO 58
4.2. MATERIAL E MÉTODOS 59

4.2.1. Descrição do local 59
4.2.2. Definição do Estudo 60
4.2.3. Caracterização dos biodigestores batelada 62
4.2.4. Cálculo do potencial de produção de biogás 64
4.2.5. Análises laboratoriais para acompanhamento do processo de biodigestão anaeróbia 65
4.2.5.1. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis 65
4.2.5.2. Digestão e quantificação de minerais.....66
4.2.5.3. Coliformes Totais e Fecais 67
4.2.6. Delineamento e Análise Estatística 68
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 68
4.3.1. Redução de sólidos totais 68
4.3.2. Produção de biogás 69
4.3.3. Potenciais de produção de biogás 72
4.3.4. Coliformes totais e fecais 74
4.3.5. Nutrientes no afluente e efluente 76
4.4. CONCLUSÕES 78

CAPITULO 5 – BIODIGESTÃO ANERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES CONTINUOS 79

5.1. INTRODUÇÃO 79
5.2. MATERIAL E MÉTODOS 80
5.2.1. Descrição do local 80
5.2.1. Definição do Estudo 81
5.2.3. Caracterização dos biodigestores contínuos 82
5.2.4. Cálculo do potencial de produção de biogás 83
5.2.5. Análises laboratoriais para acompanhamento do processo de biodigestão anaeróbia 84
5.2.5.1. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis 84
5.2.5.2. Digestão e quantificação de minerais 85

5.2.6.Delineamento e Análise Estatística 86
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 86
5.3.1. Redução de sólidos totais 87
5.3.2. Produção de biogás 88
5.3.3. Potenciais de produção de biogás 91
5.3.5. Nutrientes no afluente e efluente 92
5.4. CONCLUSÕES 94

CAPITULO 6 – IMPLICAÇÕES 95

REFERÊNCIAS 100

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Figura 01 - Seqüência metabólica e grupos microbianos da biodigestão anaeróbia (adaptado de Rivera-Ramirez et al. citado por IAMAMOTO, 1999; FORESTI et al., 1999)..... 17

CAPITULO 2 – CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS DEJETOS DE GALINHAS POEDERIAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL

Figura 02 - Sistema convencional..... 24

Figura 03 - Sistema automatizado..... 24

Figura 04 - Colunas e andares – Sistema automatizado..... 24

Figura 05 - Vista Lateral - Sistema convencional..... 25

Figura 06 - Retirada dos dejetos - Sistema convencional..... 25

Figura 07 - Vista Lateral - Sistema automatizado..... 26

Figura 08 - Retirada dos dejetos - Sistema automatizado..... 26

CAPITULO 3 – COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL

Figura 09 - Revolvimento manual e pesagem das leiras de compostagem..... 41

Figura 10 - Estrutura de madeira de dimensões conhecidas para cálculo do volume..... 41

Figura 11 - Temperatura média diária das leiras montadas a partir de dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas de produção automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2), durante o período de compostagem..... 45

Figura 12 - Redução de volume das leiras durante a compostagem..... 48

Figura 13 – Tendência e equações de redução de volume das leiras formadas por dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2)..... 48

Figura 14 – Redução de peso (MN) das leiras durante a compostagem, em kg..... 50

Figura 15 – Redução de peso (MS) das leiras durante a compostagem, em kg..... 53

CAPITULO 4 – BIODIGESTÃO ANERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES BATELADA

Figura 16 - Preparo das cargas com dejeto e água..... 61

Figura 17 - Preparo das cargas para os biodigestores em liquidificador industrial... 61

Figura 18 - Caixa de fibrocimento contendo biodigestores..... 62

Figura 19 - Detalhe do biodigestor de bancada (Souza, 2001)..... 63

Figura 20 - Corte transversal do biodigestor de bancada..... 63

Figura 21 - Caixa de fibrocimento contendo os gasômetros independentes..... 64

Figura 22 - Distribuição media diária de produção de biogás (A) e porcentagem acumulada do biogás produzido (B), para biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e sistema de produção convencional (T_2)..... 70

CAPITULO 5 – BIODIGESTÃO ANERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES CONTINUOS

Figura 23 - Distribuição media diária de produção de biogás para biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e sistema de produção convencional (TB) durante o período de abastecimento diário..... 90

LISTA DE TABELAS

Página

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tabela 01 - Composição média de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos dejetos de galinhas poedeiras..... 10

CAPITULO 2 – CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL .

Tabela 02 - Massa de dejetos (kg), número de aves, produção de dejetos por ave (kg/ave), produção de dejetos por dia (kg/dia), sólidos totais (%) e produção de dejetos por ave por dia (kg/ave/dia) com base na matéria natural (MN) e com base na matéria seca (MS) em função do sistema de produção e tempo de armazenamento até coleta..... 30

Tabela 03 - Porcentagem (%) de MOC (matéria orgânica compostável), MORC (matéria orgânica resistente à compostagem), C e N nos dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (SA) e convencional (SC1 – 01 dia de armazenamento; SC2 – com 260 dias de armazenamento)..... 33

Tabela 04 - Teores de P, K, Ca, Na, Mg (g/100g MS), Fe, Mn e Zn (mg/100g MS) dos dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (SA) e convencional (SC1 – 01 dia de armazenamento; SC2 – com 260 dias de armazenamento)..... 34

CAPITULO 3 – COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL

Tabela 05 - Características químicas; umidade (%), teores de C e N (%) dos materiais utilizados nas confecções das leiras de compostagem..... 40

Tabela 06 - Quantidades (em kg) dos materiais utilizados nas confecções de cada tratamento das leiras de compostagem..... 40

Tabela 07 - Temperaturas médias semanais (°C) das leiras de compostagem formadas por dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2)..... 46

Tabela 08 - Pesos (kg) e redução das leiras de compostagem, medidos no início, 30, 60 e 90 dias do processo..... 50

Tabela 09 - Números mais prováveis (por grama de material) de coliformes totais e fecais durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2)..... 51

Tabela 10 - Quantidades (kg) e porcentagem (%) de ST concentrações de MOC, MORC, C e N (%) durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2)..... 54

Tabela 11 - Teores de P, K, Ca, Na, Mg (g/100g MS) e Fe, Mn eZn (mg/100g MS) dos materiais nos períodos inicial e final e redução ou incremento (%) dos nutrientes durante a compostagem..... 56

CAPITULO 4 – BIODIGESTÃO ANERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES BATELADA

Tabela 12 - Componentes de cada substrato e teores de sólidos totais e voláteis no abastecimento de biodigestores batelada com dejetos de aves poedeiras criadas em dois sistemas de produção diferentes (T_1 e T_2).. 61

Tabela 13 - Teores de macro e micronutrientes determinados nos substratos preparados para T_1 e T_2..... 62

Tabela 14 – Teores médios iniciais de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), e redução de SV nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e sistema de produção convencional (T_2)..... 69

Tabela 15 - Produções semanais (m^3) e porcentagem acumulada de biogás produzido, para biodigestores batelada abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e sistema de produção convencional (T_2)..... 71

Tabela 16 - Potenciais médios de produção de biogás, parasubstratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras provenientes de dois sistemas de produção diferentes; automatizado (T_1) e convencional (T_2)..... 72

Tabela 17 - Números mais prováveis (por grama de material) de coliformes totais e fecais durante a biodigestão anaeróbia de dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (T_1) e convencional (T_2)..... 74

Tabela 18 – Quantidades (g/ gramas de ST) de N, P, K, Ca, Mg, Na e de Fe, Mn, Zn (mg/ 100 gramas de ST) e respectivas reduções (%) durante a biodigestão anaeróbia, em substratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (T_1) e convencional (T_2)..... 77

CAPITULO 5 – BIODIGESTÃO ANERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES CONTINUOS

Tabela 19 - Componentes de cada substrato e teores de sólidos totais e voláteis no abastecimento de biodigestores batelada com dejetos de aves poedeiras criadas em dois sistemas de produção diferentes (T_A e T_B).. 82

Tabela 20 - Teores médios de macro e micronutrientes determinados nos substratos preparados para T_A e T_B 82

Tabela 21 – Teores médios iniciais de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), e redução de SV nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e sistema de produção convencional (T_B)..... 87

Tabela 22 - Produções semanais (m^3) para biodigestores batelada abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e sistema de produção convencional (T_B) 89

Tabela 23 - Potenciais médios de produção de biogás, parasubstratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras provenientes de dois sistemas de produção diferentes; automatizado (T_A) e convencional (T_B)..... 91

Tabela 24 – Quantidades (g/ gramas de ST) de N, P, K, Ca, Mg, Na e de Fe, Mn, Zn (mg/ 100 gramas de ST) e respectivas reduções (%) durante a biodigestão anaeróbia, em substratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (T_A) e convencional (T_B)..... 93

CAPITULO 6 – IMPLICAÇÕES

Tabela 25 – Potencial de produção (kg) diário de nutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn e Zn) com base na MS, no Aviário Mantiqueira..... 97

Tabela 26 – Potencial de produção de dejetos e rendimento em composto orgânico, conforme a freqüência de rotina (diário ou 260 dias) e anual, em função do sistema de produção (Automatizado e Convencional), com base na matéria natural, no Aviário Mantiqueira..... 98

Tabela 27 - Potencial de produção de dejetos, produção de biogás e rendimento em biofertilizante, conforme a freqüência de rotina (diário ou 260 dias) e anual, em função do sistema de produção (Automatizado e Convencional), com base na matéria natural, no Aviário Mantiqueira..... 99

CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS RESIDUOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE OVOS: COMPOSTAGEM E BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

RESUMO – Objetivou-se a avaliação da produção e caracterização qualitativa de dejetos em sistemas de produção de ovos automatizado e convencional, bem como dos processos de compostagem e de biodigestão anaeróbia desses dejetos. Foram efetuadas quantificações diárias em conformidade com a rotina estabelecida na propriedade para os dois sistemas de produção. Para dejetos provenientes de sistemas automatizados encontrou-se uma produção de 0,10kg ave^{-1} dia^{-1} de matéria natural (MN) e 0,03kg ave^{-1} dia^{-1} de matéria seca (MS), para dejetos provenientes de sistemas convencionais armazenados sob as gaiolas de criação de galinhas por 260 dias a produção foi de 0,03kg ave^{-1} dia^{-1} (MN) e 0,025kg ave^{-1} dia^{-1} (MS) e quando avaliados com um dia de produção foi de 0,05kg ave^{-1} dia^{-1} (MN) e 0,02kg ave^{-1} dia^{-1} (MS). Após 90 dias de compostagem de dejetos de galinhas poedeiras, frescos (com e sem a adição de bagaço de cana-de-açúcar e serragem) e armazenados por 260 dias (com adição de bagaço de cana-de-açúcar e serragem), obteve-se redução de sólidos totais (ST) de 46,2%, 45,6% e 28,6%, respectivamente. Foram abastecidos biodigestores bateladas e contínuos com dejetos frescos e armazenados por 260 dias de galinhas poedeiras, ambos contendo 6% de ST e tempo de retenção hidráulica de 20 dias. Em ambas as fases, batelada e contínua, a maior produção de biogás foi para os dejetos frescos. As produções de biogás por kg de ST adicionados foram maiores para os biodigestores abastecidos com dejetos frescos, tanto em fase batelada quanto contínua (0,34m^3. kg ST $adicionados^{-1}$ e 0,45m^3. kg ST $adicionados^{-1}$, respectivamente) quando comparados com dejetos armazenados por 260 dias (0,28m^3. kg ST $adicionados^{-1}$ e 0,22m^3. kg ST $adicionados^{-1}$).

Palavras-chave: avicultura, poedeiras, dejetos, compostagem, composto orgânico, biodigestão anaeróbia, biogás.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERIZATION OF RESIDUES IN EGG PRODUCTION SYSTEMS: COMPOSTING AND ANAEROBIC BIODIGESTION

SUMMARY – The objective was to evaluate of the production and qualitative characterization of residues in conventional egg production and the automatic production system in commercial hen farms, composting and anaerobic bio-digestion. Daily quantifications were made in conformity to the routine management of the premises for the two production systems. In the automatic system the waste, production found was 0,10kg poultry^{-1} day^{-1} of natural matter (MN) and 0,03kg poultry^{-1} day^{-1} of dry matter (MS), wastes produced from conventional production system located under the cages of hens creation by 260 days, the production was 0,03kg poultry^{-1} day^{-1} (MN) and 0,025kg poultry^{-1} day^{-1} (MS) and when evaluated the daily production the waste found was 0,05kg poultry^{-1} day^{-1} (MN) and 0,02kg poultry^{-1} day^{-1} (MS). After 90 days of composting of poultry manure fresh (with and without the addition of sugar-cane pulp and sawdust) and stored by 260 days (with addition of sugar-cane pulp and sawdust), a reduction of total solids (TS) of 46,2%, 45,6% and 28,6%, was obtained respectively. Bio-digesters in batch and in daily load were supplied with fresh manure and stored by 260 days, both containing 6% of TS and hydraulic times' retention of 20 days. In both phases, batch and daily load, fresh manure was the largest producer of biogas. The biogas production per kg of added TS was larger for the bio-digestors supplied with fresh manure, both in batch phase and daily load (0,34m^3. kg TS add^{-1} and 0,45m^3. kg TS add^{-1}, respectively) when compared with manure stored for 260 days (0,28m^3. kg ST add^{-1} and 0,22m^3. kg ST add^{-1}).

Key words: aviculture, poultry, manure, organic compost, biogas.

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. INTRODUÇÃO

A intensificação do setor produtivo agropecuário com perspectiva do processo de globalização também ocorre na avicultura de postura, substituindo as instalações convencionais por novas tecnologias de automatização e aliando menores custos e preços finais ao produto tradicional com maior qualidade.

No que se refere aos sistemas de produção, em particular na avicultura de postura, as instalações caminham para uma completa automatização, trazendo vantagens em termos de ganho de homogeneidade dos lotes, melhores regularidades nas distribuições das dietas, padronização na classificação dos ovos, aumento do aproveitamento de ovos pela diminuição da quebra e sujeira, entre outras.

Diante dessa realidade o setor tem a oportunidade de alojar maior número de aves por área e, consequentemente, obter maior produção de ovos por área, resultando no surgimento de propriedades de médio e grande porte. Registra-se que no ano de 1996 foram alojadas cerca de 56.002.000 poedeiras no Brasil (AVES E OVOS, 2007), enquanto que no ano de 2005 o número subiu para 98.073.000, refletindo em aumento de 75% impulsionado pela adoção de novas tecnologias, introduzindo instalações automatizadas de produção.

Neste sistema a estrutura de sustentação é vertical e as gaiolas permitem alta capacidade de alojamento de aves por área, resultando numa maior produção de dejetos e seu manejo exige uma freqüência diária, ou seja, diferentemente de sistemas de produção convencionais, os sistemas automatizados não permitem que os dejetos produzidos fiquem armazenados sob as gaiolas, uma vez que essas ficam umas sobrepostas às outras e em ambientes mais fechados.

O manejo de dejetos merece destaque atualmente como uma preocupação a mais aos produtores do setor, envolvendo qualidade, comércio e interferindo nos custos de investimento e retorno, que são fatores importantes na produção lucrativa de aves.

Os dejetos provenientes da avicultura de postura são tão valiosos do ponto de vista biológico que devem ser usados com inúmeras vantagens e não simplesmente como dejeto a ser eliminado (MORENG & AVENS, 1990). Em contrapartida os resíduos, quando dispostos sem prévio tratamento, comprometem a qualidade do solo e da água, com contaminação dos mananciais pelos microrganismos, toxidade a animais e plantas e depreciação do produto, porém com percepção em médio a longo prazo. Deste modo, fica evidente a necessidade de desenvolvimento de tecnologias mais limpas com perspectivas de mitigar o abuso ao meio ambiente e produção de tais resíduos.

O direcionamento para cada uma dessas situações depende exclusivamente do manejo adotado que, quando bem conduzido, permite o aproveitamento quase que integral dos resíduos dentro das condições estabelecidas em cada propriedade (SANTOS, 2000).

Na prática, a aplicação dos dejetos como fertilizantes no solo, tem sido utilizada por muitos anos, pois possuem elementos químicos que podem constituir em nutrientes para o desenvolvimento das plantas, acreditando-se que o solo seja um filtro com capacidade quase ilimitada de absorver e depurar os resíduos nele adicionados (SEGANFREDO, 2000), mas para uso como fertilizante, o dejeto deve sofrer um processo de fermentação microbiológica, provocando a decomposição da matéria orgânica de forma aeróbia ou anaeróbia. A compostagem e a biodigestão anaeróbia são exemplos respectivos de cada uma dessas formas de decomposição controlada.

A compostagem é uma técnica idealizada a fim de acelerar a estabilização aeróbia e a humificação da porção fermentável dos resíduos vegetais ou animais através da ação de microrganismos específicos obtendo-se como produto final o composto orgânico (KIEHL, 2002), que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese, exercendo influências tanto nas propriedades físicas quanto nas propriedades químicas do solo.

A biodigestão anaeróbia é um processo biológico natural realizado em ambiente livre de oxigênio podendo ser usada para tratamento de dejetos sólidos e líquidos

(LUCAS JUNIOR & SILVA, 1998), representando uma alternativa na geração de energia e de fertilizante.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. Avicultura de Postura e Meio Ambiente

O avanço no setor avícola mundial iniciou-se em meados de 1920 (BASAGLIA, 1996) com a utilização de sistemas de produção em gaiolas, tendo como objetivo trazer vantagens sobre a qualidade higiênica dos ovos, mas foi a partir da guerra mundial de 1939 a 1945 (LIMA, 1995), quando surgiu a necessidade de maior produção de alimentos e de que estes, de preferência, estivessem prontos para o consumo num curto espaço de tempo, que pesquisas começaram a ser feitas direcionadas à nutrição, genética, instalações e saúde animal. Neste contexto os setores, não somente avícola, como outros setores agropecuários, evoluíram em termos tecnológicos e consequentemente produtivos.

A partir da década de 70 a avicultura tomou grande impulso (POGI, 1991) adotando o sistema intensivo de produção, tanto na avicultura de corte quanto de postura, sendo considerada um setor da agropecuária que detém um dos maiores aproveitamentos em termos de inovação tecnológica. Nesse sentido a automatização e a adoção de novos equipamentos têm contribuído para a atividade com altos índices de produção a custos compatíveis com o mercado.

Atualmente o sistema automatizado, também conhecido como sistema de baterias verticais, vem substituindo as instalações convencionais de produção de ovos e, segundo BARBOSA FILHO (2004), a maioria das granjas de postura caminha para uma automatização completa dos seus processos de produção. ATUNES (2000) já confirmava 7% das instalações como automatizadas no Brasil no ano de 2000.

Nos sistemas automatizados, o distanciamento entre os andares de gaiolas e o solo, presentes no sistema convencional, é substituído por esteiras coletoras automatizadas de dejetos, possibilitando uma estruturação vertical das colunas de gaiolas em maiores números por galpão.

Diante dessa realidade o setor tem a oportunidade de concentrar maior número de aves por área e maior produção de ovos por área, resultando no surgimento de propriedades de médio e grande porte. Registra-se que no ano de 1996 foram alojadas cerca de 56.002.000 poedeiras no Brasil (AVES E OVOS, 2007), enquanto que no ano de 2005 o número subiu para 98.073.000, aumento de 75% impulsionado pela adoção de novas tecnologias, introduzindo instalações automatizadas. Entretanto, o crescimento da atividade gera outro fato importante, que diz respeito à sociedade como um todo; o aumento da produção de dejetos.

Em sistemas convencionais de produção de ovos, os dejetos permanecem por longos períodos sob as gaiolas até que sejam retirados, de forma manual ou até mesmo por maquinários específicos, permitindo o recolhimento de dejetos acumulados, portanto mais secos, em menor quantidade do que quando frescos, e, em alguns casos, em fase de decomposição avançada. No sistema automatizado os dejetos caem por gravidade em esteiras que ficam localizadas sob as gaiolas por onde os dejetos são transportados para fora do galpão por meio de sistema automatizado, apresentando-se fresco, com alta umidade e características originais.

A utilização de tamanha tecnologia na produção de ovos tem como objetivo o aumento da produção por área. Nesse sentido, a automatização e a adoção de novos equipamentos, têm contribuído para a atividade com altos índices de produção a custos compatíveis com o mercado. Consequentemente à medida que se aumentam as aplicações e o uso do controle automatizado, aumentam-se as exigências de precisão e confiabilidade.

Inegavelmente, a modernização da avicultura promoveu grande aumento da produção de ovos, porém, trouxe também efeitos deletérios, afetando o meio ambiente. Como uma das conseqüências do sistema automatizado, a qualidade ambiental vem sendo deteriorada na medida em que são geradas altas quantidades de resíduos, com

o agravante de serem estes, geralmente, dispostos indiscriminadamente no meio (STEIL, 2001) o que antes não constituía fato preocupante, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena (SEGANFREDO, 2000).

As questões ambientais provocam cada vez mais interesse e preocupação a todos que se envolvem com a atividade agrícola, uma vez que os resíduos da agropecuária têm potencial para gerar danos ambientais se não forem devidamente tratados (SANTOS, 2000).

Sabe-se que a natureza está chegando ao seu limite, não existem, no planeta, recursos energéticos e materiais suficientes para satisfazer o crescimento e os gastos da população (Lutzenberger citado por CARVALHO, 1999). No meio rural, os impactos relacionados ao efeito estufa ganham importância à medida que as atividades agrícolas tornam-se mais intensivas (OLIVEIRA, 2003) e a produção animal intensiva é uma fonte significativa de gases contaminantes que estão associados de diversas formas com o aquecimento global, a diminuição da camada de ozônio e a chuva ácida (TURNER, 1999).

Por tal fato, são elaborados programas e políticas para a proteção do meio ambiente e conservação dos recursos (SILVA, 2003).

Conforme a Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981 da Política Nacional do Meio Ambiente, foi constituído o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, que fica apto a propiciar o planejamento de uma ação integrada de diversos órgãos governamentais através de uma política nacional para o setor. Recentemente a Lei Federal n° 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as "sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente", descreve como tais condutas a emissão de efluentes que possam provocar o perecimento de espécimes da fauna aquática, e atividades que venham a causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem em danos à saúde humana, animal e/ou vegetal.

A política agrícola instituída pela Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, obrigam os setores de produções agropecuárias a buscarem formas racionais de utilização dos recursos naturais sem agredi-los. Tal como estas outras inúmeras medidas de proteção legal ao meio ambiente já se encontram em exercício.

Nesta contextualização, a modernização do setor agropecuário vem acentuando a sua participação nos impactos provocados ao meio ambiente (AMORIM, 2002). A realidade é que o nível dos impactos negativos é ampliado com o aumento do volume de dejetos eliminados na propriedade. Estes se dispostos de forma inadequada na natureza, podem causar poluição ambiental e o seu poder de poluição é determinado pelo número de contaminantes que possuem, cuja ação individual ou combinada representa uma fonte potencial de contaminação do ar, dos recursos hídricos e do solo (GOMES FILHO, 1999). Podem também levar à proliferação de microrganismos e macrovetores que estão associados à transmissão de inúmeras doenças aos homens e animais (STEIL, 2002).

Segundo SHARPLEY & HALVORSON (1994), a presença de nutrientes como nitrogênio, fósforo e carbono nos dejetos podem causar a eutrofização de rios, lagos, reservatórios e estuários.

Estes nutrientes quando lançados nos corpos receptores aquáticos podem aumentar a atividade vegetal aquática a ponto de suas necessidades de oxigênio ultrapassarem a demanda requerida para estabilizar a porção original do resíduo lançado (SHARPLEY & HALVORSON, 1994).

Aliado ao problema de eutrofização, por muitos anos, persistiu a crença de que o solo seria um filtro com capacidade quase ilimitada de absorver e depurar os resíduos nele adicionados. O dogma foi tão arraigado que, antes do seu abrandamento, muitos dados tiveram que ser acumulados, ainda que houvesse evidências desde o inicio da década de 70, sobre a contaminação das águas subsuperficiais pela aplicação de dejetos de animais (SEGANFREDO, 2000). Reforçando a afirmação, KIEHL (1985) diz que o dejeto de animais é a matéria-prima que se tornará, por transformações, num fertilizante orgânico e como matéria-prima, não possui, ainda, o poder de melhorar certas propriedades físicas e fisico-químicas do solo, condições apenas encontradas na matéria orgânica humificada.

Portanto a elevada produção de dejetos é um desafio físico-econômico que deve ser superado quando se confina qualquer animal doméstico (MORENG & EVANS,

1990) e o seu gerenciamento inadequado provoca perdas de potencial valor fertilizante se esses dejetos não forem reciclados (LUCAS JR, 1994).

No atual cenário comercial além da produtividade, rentabilidade e competitividade mercadológica, qualquer sistema de produção deve primar pela proteção ambiental, não somente pelas exigências legais, mas também por proporcionar maior qualidade de vida à população rural e urbana, e porque os consumidores já distinguem, em seu universo, aqueles produtos designados como "ecologicamente corretos" (AUGUSTO, 2005). Torna-se imperativo, por isso, em qualquer empreendimento, o zelo pelo meio-ambiente e a adoção de medidas de bom manejo dos elementos potencialmente poluidores.

Esta nova realidade dos mercados consumidores passa a exercer crescente pressão para a reciclagem dos seus resíduos, dentro de padrões aceitáveis sob o ponto de vista sanitário, econômico e ambiental (CARVALHO, 1999), surgindo, desse modo, uma nova concepção de negócio.

No comércio internacional já se adotam os reguladores da série ISO14000 que contempla o atendimento das exigências ambientais. Dessa forma, é previsível que todas as relações comerciais sejam afetadas pela atitude ambientalista dos fornecedores (LIMA, 1996). Assim, o fluxo de decisão e o planejamento estratégico, ou seja, a proteção ambiental deixa de ser apenas uma questão de produção passando a ser função gerencial que, segundo SEGANFREDO (2000), exige tratamento e reciclagem adequados dos seus resíduos sob pena de inviabilizar em médio e longo prazo a atividade agropecuária baseada em sistemas confinados.

A definição de uma linha de planejamento e conduta para administração dessa questão de convivência harmônica entre o empreendimento agrícola, o qual deve ser produtivo e rentável, e a necessidade de preservação ambiental, que é determinação social e mercadológica, depende, em primeira análise, de uma identificação dos elementos e das ações que se envolvem nessa trama.

1.2.2. Produção de dejetos: Quantificação e Caracterização

Várias são as definições encontradas para os dejetos de poedeiras. Sabe-se que, apresentam uma composição diferente da dos dejetos originários da avicultura de corte, que possuem o material absorvente utilizado como cama.

Os dejetos de galinhas poedeiras são provenientes da criação de aves mantidas em gaiolas suspensas por isso não existe a presença da cama. Nesses dejetos, além das dejeções, são encontrados penas, ovos quebrados, restos de ração, larvas de moscas; além de corpos estranhos tais como, pregos, pedaços de arame, madeira dentre outros (OLIVEIRA, 1991). A composição nutricional varia conforme o tipo de exploração, linhagem genética, densidade populacional das aves, tempo de permanência dos dejetos no galpão e naturalmente conforme a composição da ração consumida (ORDÕNEZ, 1995).

De acordo com STEIL (2001) os dejetos de poedeiras são constituídos por substratos complexos contendo matéria orgânica particulada e dissolvida como polissacarídeos, lipídios, proteínas, ácidos graxos voláteis, elevado número de componentes inorgânicos, bem como alta concentração de microrganismos patogênicos, todos de interesse na questão ambiental.

Nas aves, o sistema urinário, ou excretor, está intimamente ligado ao sistema digestório no processo de excreção. Como elas não têm bexiga, portanto não produzem urina aquosa, excretam os uratos ou metabólitos sólidos, que são adicionados às fezes como uma mancha branca pastosa, composta por ácido úrico (MORENG e EVANS, 1990), num valor superior a 80% do nitrogênio total presente nos dejetos, além de ser extremamente insolúvel em água (AUSTIC, 1990).

Para MORENG e EVANS (1990) os dejetos de galinhas poedeiras são tão valiosos do ponto de vista biológico que devem ser usados com inúmeras vantagens e não simplesmente como dejeto a ser eliminado. Concordando com esta afirmação, KIEHL (1985) destacou que os dejetos de galinhas são mais ricos em nutrientes que os de outros animais domésticos, pois provém, na maioria das vezes, de aves criadas com rações concentradas e somando-se os teores de nitrogênio, fósforo e potássio

comparando-se com o total encontrado nas dejeções dos mamíferos, verifica-se que o de galinha é de duas a três vezes mais concentrado em nutrientes.

Vários são os fatores que podem afetar a composição bromatológica dos dejetos, entre eles pode-se citar; a espécie do animal, sua idade, alimentação que recebe e regime que está sendo mantido (COELHO, 1973). O avanço da idade das aves pode implicar em menor aproveitamento do alimento ingerido e consequentemente em maior concentração de nutrientes nas excretas.

Dados relacionados à quantidade produzida de dejetos por ave e aos nutrientes que os compõem raramente evidenciam se estão expressos com base na matéria natural (MN) ou com base na matéria seca (MS) e não citam o tempo em que esses dejetos foram depositados sob as gaiolas até sua avaliação. Devido a isso, são encontrados valores distintos para o mesmo nutriente em dejetos de galinhas poedeiras.

De acordo com MORENG & EVANS (1990) 100.000 galinhas poedeiras produzem cerca de 12 ton. de esterco dia^{-1}, uma média de 0,11kg por ave dia^{-1} e COELHO (1973), AUSTIC (1990) e EL BOUSHY (1994) concordaram com uma média de 0,12kg por ave dia^{-1}. ESTEBAN (1978), há mais tempo, ressaltou produção de dejeto diária de 0,09kg por ave. Os dados mais recentes referem-se aos encontrados no MANUAL HY-LINE (2005) e pelos autores LESSON & SUMMERS (2000) com média de 0,1kg de dejeto por ave por dia. Apesar das corroborações entre os dados apresentados apenas os dois últimos citaram que as suas origens são de dejetos frescos, ou seja, com base na matéria natural, porém nenhuma outra informação como, idade das aves, consumo de ração, regime de produção ou tempo de armazenamento dos dejetos sob as gaiolas, foi dada.

TIESENHAUSEN (1984) verificou produção 0,03kg de esterco por ave, porém há mais tempo ESTEBAN (1978) já falava em uma média de 0,025kg de dejeto por ave por dia. Os dois relatos estão expressos com base na matéria seca.

A umidade do dejeto também sofre interferências do tempo de armazenamento sob as gaiolas, clima, incidência de chuvas e instalações. MORENG & EVANS (1990) encontraram nos dejetos de galinhas poedeiras umidade aproximada de 70 a 80%.

FUNDAÇÃO CARGIL (2001) também estimou umidade próxima de 75% para os mesmos dejetos. EL BOUSHY (1994) estudou a composição dos dejetos dessa espécie e encontrou dados entre 75 a 72% de umidade.

LEESON *et al.* (2000) destinguiram a quantidade de água presente nos dejetos de galinhas poedeiras conforme o tempo de armazenamento sob as gaiolas. Para tais autores nos dejetos frescos encontram-se 70% de água, enquanto nos dejetos acumulados durante um ano encontram-se 28% de umidade.

Com relação aos nutrientes encontrados nesses dejetos pode-se dividi-los em dois grupos com base na quantidade que são aproveitados pelas plantas se dispostos no meio ambiente, macro e micronutrientes (COELHO, 1973). Vários autores encontraram concentrações diferentes desses nutrientes nos dejetos de galinhas poedeiras (Tabela 01). De acordo com OLIVEIRA (1991) o N excretado corresponde à parte do N alimentar que não foi retirada pelo animal na forma de proteína corporal.

Tabela 02 - Composição média de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos dejetos de galinhas poedeiras

Autor	N	P	K
Kiehl, 1985*	2,8	6,0	1,7
Gale, 1986[1]	5,0	-	-
Bitzer, 1988[1]	4,7	-	-
Oliveira, 1989	-	2,1	-
Austic, 1990	3,0	1,7	1,7
Schepers & Mosier, 1991*	4,5	-	-
Schilke - Garthey, 1992[1]	5,3	-	-
Leeson *et al*., 2000*	5,0	4,2	1,7

* - dados com base na MS

[1] - dados citados por SIMS, 1995

No entanto a sua aplicação no solo é uma grande fonte de microrganismos, incluindo muitas espécies patogênicas aos animais e ao homem. Esses microrganismos podem, principalmente, com as chuvas, serem levados às fontes de águas superficiais e subterrâneas (Crane citado por AMARAL, 2000). Apesar de a água não fornecer

condições ideais para a multiplicação dos microrganismos patogênicos, estes geralmente sobrevivem nela tempo suficiente para permitir uma transmissão hídrica (MACARI, 1996).

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. Este grupo é dividido em coliformes totais e fecais e MACÊDO (2001) definiu coliformes totais como bastonetes Gram-negativos não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, porém como o grupo possui cerca de 20 espécies sua determinação em água não é tão representativa como indicação de contaminação fecal quanto a enumeração de coliformes fecais.

O mesmo autor definiu coliformes fecais da mesma forma que os totais, porém com a diferença que os coliformes totais são capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 a 48 horas a temperatura de 35ºC, já os coliformes fecais fermentam lactose com produção de gás em 24 horas a 44,5 – 45,5ºC. Sabe-se que o grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos quatro gêneros; *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. Os três últimos exemplos são de origem não fecal e o *Enterobacter* é encontrado no ambiente, por isso a *Escherichia coli* é a indicação de contaminação fecal mais representativa.

Tendo em vista todos os aspectos mencionados, pode-se afirmar que existe uma urgente necessidade pelo desenvolvimento de metodologias capazes de tratar adequadamente os dejetos, inovando seus processos de exploração animal, levando em consideração o grave risco de impactos ambientais e o potencial energético e fertilizante que representam.

1.2.3. Compostagem

Todo resíduo orgânico, quer seja de origem animal ou vegetal, tende a se decompor se deixado amontoado à superfície ou no solo (NAKAGAWA, 1992) e há relatos da utilização do processo de compostagem desde a Antigüidade na China

(Stentiford et al. citado por ALVES, 1996). Entretanto, somente a partir de 1920 passou a ser estudada cientificamente (CARVALHO, 2001).

A compostagem é definida, atualmente, como um processo biotecnológico, desenvolvido em meio aeróbio controlado, realizado por uma colônia mista de microrganismos tendo como objetivos, segundo TSUTYA, (2000), a conversão biológica de matéria orgânica putrescível para uma forma estabilizada, destruição de patógenos, redução da umidade e produção de um produto que possa ser utilizado na agricultura.

Muitos pesquisadores definiram compostagem. De acordo com KIEHL (1985), é um processo controlado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos transformados em um produto mais estável e utilizado como fertilizante, obtendo-se mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica. Para CARVALHO (2001) a compostagem é um processo de bio-oxidação exotérmica, aeróbio, de um substrato orgânico sólido e heterogêneo obtendo como produto final água, gás carbônico, com simultânea liberação de matéria orgânica que estabiliza após a maturação.

O processo de compostagem consiste em duas fases distintas: a primeira, fase termofílica, onde ocorre a máxima atividade microbiológica de degradação fazendo a temperatura permanecer elevada entre 45 e 65°C (VITORINO & PEREIRA NETO, 1992). Tal condição causa a morte efetiva de patógenos e sementes de ervas daninhas (LEAL & MADRID de CAÑIZALES, 1998). Os microrganismos predominantes nesta fase são bactérias, em geral do gênero *Bacillus*, fungos e actinomicetos (PAUL, 1996).

Nesta fase o material apresenta a característica de fitotoxidade, formando ácidos orgânicos, minerais e toxinas de curta duração. Se o material contiver mais nitrogênio (N) do que o necessário para que os microrganismos decomponham o resíduo, como no caso dos dejetos de galinhas poedeiras, este excesso pode ser eliminado na forma de amônia (KIEHL, 2002).

Tiquia e Tam citados por ORRICO JR (2005) avaliaram a compostagem de dejetos de aviário e obtiveram redução de 59% de N na massa em relação ao inicial, e atribuíram tal fato à alta concentração de N nos dejetos que foram compostados.

Bedford citado por TURNER (1999) afirmaram haver perda de até 40% do N contido nos dejetos de animais liberado na forma de amônia quando armazenados em ambiente aberto. Em estudos realizados no norte da Europa, foi destacada uma média de emissão de amônia, em um aviário com 100.000 galinhas, de 2 kg por hora, podendo chegar a alcançar 4 kg por hora (Wathes e Groot Koerkamp, citados por TURNER, 1999).

Após a fase termofílica, segue-se uma fase de abaixamento de temperatura, chegando à temperaturas próximas ao ambiente, quando se dá a bioestabilização da matéria orgânica e humificação, consequentemente a produção de um composto final, denominado composto orgânico (KIEHL, 1985).

No processo de compostagem, a matéria-prima é absolutamente heterogênea e tem seus componentes agrupados em moléculas de rápida degradação, como por exemplo, amido e hemicelulose, que são responsáveis pela rápida liberação de gás carbônico. Já as proteínas são hidrolisadas em peptídeos, aminoácidos e outros produtos de transformação que se incorporam ao composto durante o processo de humificação. Os fragmentos da degradação da lignina dão origem à diferentes derivados que são moléculas de degradação lenta. Ao mesmo tempo, a lignina reage com o nitrogênio para formar moléculas de lignoproteínas e nitrogênio heterocíclico, que não são encontrados nos vegetais. Estas reações são realizadas por fungos lignolíticos, bactérias e actinomicetos (CARVALHO, 2001).

O desempenho da compostagem será determinado pela consorciação de alguns parâmetros considerados essenciais como: disponibilidade de oxigênio, tamanho da leira, temperatura e características das matérias-primas (AMORIM, 2005).

A escolha dos materiais que serão usados na compostagem deverá ser realizada conforme suas características físicas e químicas. Dentre as características físicas dos materiais destacam-se o tamanho das partículas e a umidade.

Os materiais a serem compostados geralmente apresentam-se com tamanhos de partículas completamente irregulares. A sua redução favorece o aumento da atividade bioquímica durante o processo de compostagem. Quanto mais fragmentado for o material, maior será a área superficial sujeita à ataques microbiológicos. Entretanto, a

redução excessiva desse tamanho pode acarretar em falta de espaço para a entrada de ar, ocupação dos espaços vazios pela água e conseqüente anaerobiose indesejada. Em geral, as partículas do material inicial devem estar entre 25 e 75 mm, como sugeriu KIEHL (1985).

Como a compostagem é um processo conduzido por microrganismos, estes necessitam de água em suas atividades e mesmo em sua estrutura, além disso, todo nutriente necessário ao metabolismo celular precisa ser dissolvido em água antes de sua assimilação. A umidade ideal deve estar entre 50 e 55% (KIEHL, 2002).

Das características químicas dos materiais, além do carbono (C) o nitrogênio (N) é o principal elemento que caracteriza a matéria prima e sua presença em certo grau é uma garantia de que os outros nutrientes importantes, como fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e micronutrientes, também estão presentes num grau proporcional. Por isso ao invés de se fazer uma análise dos teores de todos os elementos, determina-se o N em relação ao teor de C (relação C/N). Materiais ricos em N terão C/N baixa; Materiais pobres em N terão C/N alta. Segundo KIEHL (2002), a relação ideal para os microrganismos decompositores fica entre 25/1 a 35/1.

ATAGANA (2004) estudando compostagem com dejetos de galinhas poedeiras e solos contaminados encontrou uma relação C/N de 4/1 nos dejetos das aves. KIEHL (1985) citou a mesma relação para dejetos de galinha. Essa baixa relação obriga a adição de materiais complementares quando se deseja a compostagem desses resíduos. Material complementar pode ser descrito como produtos adicionados para acelerar a compostagem e melhorar o produto final.

Os fatores que ocorrem na compostagem e não são característicos dos organismos que efetuam o trabalho, fatores abióticos, aliados aos fatores intrínsecos dos organismos, fatores bióticos, determinam a taxa de oxigenação ou aeração, a ser fornecida ao processo.

A aeração pode ser realizada de forma manual, com revolvimentos feitos por pás, ou de forma mecânica com pás carregadeiras ou implementos especializados que revolvem o material, para a troca de gases, e formam as leiras ou pilhas. A introdução

de oxigênio na compostagem está intimamente relacionada à temperatura durante o processo e tamanho das leiras que serão montadas com os materiais.

A temperatura é o fator mais indicativo do equilíbrio biológico na compostagem, refletindo a eficiência do processo, sendo a faixa ideal durante a fase termofílica 45 a 65°C (PEREIRA NETO, 1992; LEAL & MADRID de CAÑIZALES, 1998). Porém, com temperaturas excedendo os limites haverá falta de oxigênio, destruição de proteínas, perda de nitrogênio sob a forma de amônia e consequentemente a diminuição da velocidade da reação de decomposição, podendo ocorrer a morte dos microrganismos. A elevação da temperatura na fase termofílica da compostagem é conseqüência da atividade microbiológica durante os processos de oxidação da matéria orgânica.

KIEHL (1985) sugeriu que o material a ser compostado seja disposto em pilhas ou leiras de seção transversal triangular e altura de 1,5 a 1,8 m. Segundo o autor essa altura não deverá ser excedida sob risco de compactar a leira resultando um meio anaeróbio no seu interior e parte inferior, condição indesejável ao processo de compostagem.

O composto orgânico é um material bioestabilizado, homogêneo, de odor não agressivo, coloração escura, rico em matéria orgânica, isento de microrganismos patogênicos e o teor de nutrientes presentes no composto orgânico é determinado pelas matérias-primas que foram utilizadas no processo. Tem capacidade de liberação lenta de macro e micronutrientes, excelente estruturador do solo, favorecendo rápido enraizamento das plantas e aumenta a capacidade de infiltração de água, reduzindo a erosão (KIEHL, 1985, Egreja Filho citado por ALVES, 1997; MELO et al., 1997).

A matéria orgânica presente no composto orgânico é responsável por algumas reações químicas que ocorrem no solo, como complexação dos elementos tóxicos e micronutrientes, influência na capacidade de troca catiônica e pH, além de fornecer nutrientes às plantas (CEZAR, 2001).

1.2.4. Biodigestão Anaeróbia

A biodigestão anaeróbia é o processo biológico no qual a matéria orgânica é degradada, em condições anaeróbias e na ausência de luz, até a forma de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Essa mistura de gases é denominada de biogás e pode ser coletada e usada como energia em substituição aos combustíveis fósseis, diminuindo o impacto ambiental causado tanto pela utilização dos combustíveis fósseis quanto pela emissão do CH_4 e CO_2 na atmosfera.

A biodigestão anaeróbia pode ser usada no tratamento de resíduos sólidos ou líquidos, promovendo a redução do poder poluente dos dejetos, tendo como subproduto, além do biogás, o biofertilizante com várias aplicações práticas na propriedade rural (TOLEDO, 1996).

A transformação das macromoléculas orgânicas complexas do dejeto em CH_4 e CO_2 ocorre por várias reações seqüenciais e requer a mediação de diversos grupos de microrganismos (STEIL, 2001), os quais desenvolvem metabolismos coordenados e independentes, e contribuem para a estabilidade do sistema (CEZAR, 2001), encontrando, como alimento, os sólidos voláteis dos dejetos. Este processo desenvolve-se em quatro estágios principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, sendo que para cada estágio estão envolvidas diferentes populações microbianas (STEIL, 2001).

Na primeira etapa, a matéria orgânica particulada é transformada em açúcares, aminoácidos e peptídeos por enzimas excretadas por bactérias fermentativas através da hidrólise de polímeros, degradação de proteínas a aminoácidos, de carboidratos a açúcares solúveis e de lipídeos a ácidos graxos de cadeia longa e glicerina (DURAND et al., 1988; VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Na segunda etapa, a acidogênese, os compostos dissolvidos gerados na hidrólise são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e excretados como substâncias orgânicas simples (ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido lático e compostos minerais como CO_2, H_2,NH_3, H_2S, etc.). As bactérias envolvidas na acidogênese são

importantes na remoção de oxigênio dissolvido, presente no material em fermentação (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

A seguir inicia-se a acetogênese, quando ocorre a conversão dos produtos da acidogênese em substratos para a produção de dióxido de carbono, hidrogênio e acetato (HOBSON et al., 1984). Também nesta etapa ocorre a formação do ácido acético e propiônico, sendo gerada grande quantidade de hidrogênio, contribuindo para diminuição no valor do pH do meio (CHERNICHARO, 1997).

No último estágio da biodigestão anaeróbia, a metanogênese, ocorre a formação de metano a partir da redução de ácido acético e hidrogênio pelas bactérias metanogênicas. De acordo com STAMS (1994) as bactérias metanogênicas dividem-se em decorrência da afinidade entre o substrato e a produção de metano em: metanogênicas acetoclásticas, aquelas utilizadoras de acetato; e matanogênicas hidrogenotróficas, utilizadoras de hidrogênio (Figura 01).

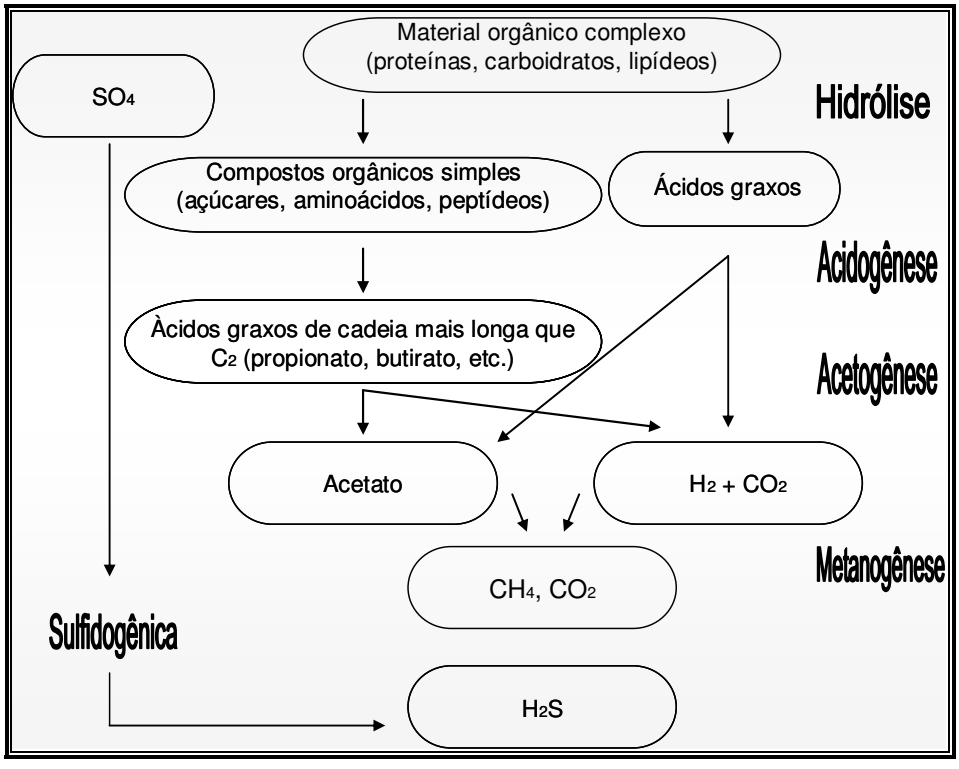


Figura 01 - Seqüência metabólica e grupos microbianos da biodigestão anaeróbia (adaptado de FORESTI et al., 1999; Rivera-Ramirez et al. citado por IAMAMOTO, 1999)

Além dos processos fermentativos que levam à produção de biogás, podem se desenvolver outros processos na presença dos oxidantes nitrato e sulfato. A redução do nitrato é pouco significante, pois seu teor é baixo, porém a redução do sulfato, em geral, é considerada um processo indesejável, uma vez que o material orgânico oxidado deixa de ser transformado em metano e gera o gás sulfídrico, que é corrosivo e possui odor desagradável, além de ser tóxico para a metanogênese (FORESTI et al., 1999).

Existe uma série de fatores que interferem no processo de biodigestão anaeróbia, sendo a temperatura, disponibilidade de nutrientes e tempo de retenção hidráulica os principais deles.

A temperatura é um fator de extrema importância na biodigestão anaeróbia, uma vez que influi na velocidade do metabolismo bacteriano, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos (FORESTI et al., 1999). Jamila citado por PRIMIANO (2002), trabalhando com biodigestão anaeróbia de dejetos de aves em temperaturas entre 20 a 40°C conseguiu uma produção de 0,2 a 0,4m^3 de biogás por kg de sólidos voláteis (SV).

A disponibilidade de certos nutrientes é essencial para o crescimento e atividade microbiana. O carbono, nitrogênio e fósforo são essenciais para todos os processos biológicos. A quantidade de N e P necessária para a degradação da matéria orgânica presente depende da eficiência dos microrganismos em obter energia para a síntese, a partir de reações bioquímicas de oxidação do substrato orgânico (FORESTI et al., 1999).

O tempo de retenção hidráulica (TRH) está relacionado com o teor de sólidos totais (ST) do substrato e se refere ao tempo em que uma carga de material a ser degradado permanece dentro do biodigestor.

Os benefícios trazidos com a biodigestão anaeróbia de dejetos ganham destaque a partir do momento que o seu funcionamento não demanda consumo de energia elétrica, ao contrário há a produção de metano, um gás de elevado teor calorífico, também exige baixa demanda de área, reduzindo custos de implantação e com ela existe a possibilidade de preservação das bactérias anaeróbias sem que haja a

necessidade de abastecimento do reator, ou seja, a colônia de bactérias entra em um estágio de endogenia, sendo reativada a partir de novos abastecimentos.

Uma das principais características da biodigestão anaeróbia é que o seu efluente tem teor de ST de cinco a dez vezes menor que o do seu afluente (LETTINGA *et al.*, 1997). Este efluente recebe o nome de biofertilizante que SPEECE (1993) descreveu como de qualidade igual ou superior ao produto produzido pelo sistema de tratamento aeróbio. A realidade é que tanto as características químicas do biofertilizante quanto a composição do biogás produzido dependem da composição e degradabilidade do dejeto tratado, da população de bactérias, da sua condição de crescimento e temperatura do processo.

Os biodigestores utilizados no meio rural podem ser classificados em dois grupos: os que precisam ser abastecidos com substrato diariamente, chamados biodigestores contínuos e os que são abastecidos uma única vez, os biodigestores batelada.

CAETANO (1991) estudando digestão anaeróbia de estrume de galinhas de postura em biodigestores batelada e contínuos verificou um potencial energético de 0,12 e 0,11m^3 / kg de estrume, respectivamente. LUCAS JR & SANTOS (1998) avaliaram o desempenho de biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de galinhas de postura, sob quatro TRH e verificaram uma maior possibilidade de se reduzir SV (82,4%) quando trabalhando com TRH de 40 dias, podendo as produções de biogás atingir até 0,58m^3 / kg de SV adicionados nos biodigestores em TRH de 30 dias.

1.3. OBJETIVOS

Considerando-se a tendência de aumento de tecnologia com emprego da automatização das instalações no setor de produção de ovos, e com base nos problemas ambientais decorrentes do acúmulo de dejetos nesses novos sistemas de produção, o capítulo 2, intitulado “Caracterização quantitativa e qualitativa dos dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas de produção automatizado e convencional”

teve por objetivo avaliar a produção de dejetos e a caracterização química dos mesmos em sistemas diferentes de produção de ovos, considerando-se o manejo empregado em cada sistema de produção, ambiente e condições edafoclimáticas visando contribuir para a elaboração necessária de métodos de gerenciamento continuo de dejetos no que diz respeito à produção de ovos.

O capítulo 3, intitulado “Compostagem de dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas de produção automatizado e convencional” teve por objetivo avaliar o comportamento do processo controlado de estabilização e humificação dos dejetos de galinhas poedeiras e qualidade do produto final.

Os capítulos 4 e 5, intitulados “Biodigestão anaeróbia em sistema batelada de dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas de produção automatizado e convencional” e “Biodigestão anaeróbia em sistema contínuo abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas de produção automatizado e convencional”, respectivamente, tiveram por objetivo avaliar a eficiência dos métodos acima citados, de biodigestão anaeróbia, em tratar os dejetos utilizados visando qualidade do biofertilizante e produção de biogás.

O capítulo 6 aborda as implicações resultantes de todas as pesquisas do presente trabalho e é intitulado “Implicações”.

CAPITULO 2 – CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL

2.1. INTRODUÇÃO

Com a perspectiva do processo de globalização que movimenta a economia mundial, a indústria avícola brasileira passou a buscar nas instalações as possibilidades de melhoria do seu desempenho (SILVA, 2003), redução de mortalidade de aves e dos custos de produção como forma de manter a competitividade, caminhando para uma automatização completa dos seus processos de produção.

No setor de produção de ovos as vantagens se contabilizam em termos de ganho de homogeneidade dos lotes, melhores regularidades nas distribuições das dietas, padronização na classificação dos ovos, diminuição dos ovos quebrados e/ou sujos, entre outras.

As gaiolas de arame galvanizado, onde são alojadas as aves, são substituídas por gaiolas de plásticos, sendo de mesmos tamanhos e unidas. O distanciamento entre os andares de gaiolas e o solo é substituído por esteiras coletoras automatizadas de dejetos, possibilitando uma estruturação vertical das colunas de gaiolas em maior número por galpão.

Sistemas de produção automatizados trazem como grande diferencial dos sistemas de produção convencionais, a maior eficiência no alojamento de aves/m^2, conseqüência da disposição dos dejetos em esteiras coletoras automatizadas em substituição ao encastelamento dos mesmos no solo sob as gaiolas.

Em sistemas convencionais os dejetos permanecem por longo período sob as gaiolas até que sejam retirados, de forma manual ou até mesmo por maquinários específicos, permitindo a obtenção de dejetos mais secos, em menor quantidade, do que os frescos e, em alguns casos, em fase de decomposição avançada, enquanto em

sistemas automatizados os dejetos são úmidos e preservam suas características naturais.

O manejo de dejetos merece destaque atualmente como uma preocupação a mais aos produtores do setor, envolvendo qualidade, comércio, assim como, interferindo nos custos de investimento e retorno, que são fatores importantes na produção lucrativa de aves.

Visando contribuir para a inovação de métodos de gerenciamento contínuo de dejetos em sistemas de produção de ovos, norteados na obrigatoriedade de mudanças culturais e mentalidade organizacional, esta pesquisa teve como objetivo a quantificação da produção de dejetos e caracterização química dos mesmos, provenientes de sistemas automatizados em comparação com a produção de dejetos de sistemas convencionais, levando-se em consideração os aspectos e impactos ambientais produzidos por eles.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Quantificação e coleta dos dejetos

Estudos que visam quantificar dejetos de aves poedeiras geralmente não especificam o tipo de sistema de produção, tempo de estocagem sob as gaiolas e informações zootécnicas. Por este motivo foi priorizada a exposição do maior número de informações no que se refere à produção dos dejetos, pois tal ação implicará diretamente no direcionamento do manejo a ser adotado.

A verificação da produção de dejetos em sistemas comerciais de criação de aves poedeiras, e a coleta de dados para suas avaliações, quantitativa e química, foram efetuadas no aviário de postura AVIÁRIO MANTIQUEIRA localizado no município de Itanhandu, Minas Gerais, a uma altitude de 892 metros, 22°17’45” de latitude e 44°56’05” de longitude.

A produção do aviário é destinada exclusivamente para ovos e possui dois tipos de instalações de aves; o sistema de produção convencional em gaiolas, ou sistema convencional; e o sistema de produção automatizado em baterias de gaiolas verticais, ou sistema automatizado.

No sistema convencional são alojadas 78.000 aves em fase de produção sob uma densidade de 480 cm^2 ave^{-1}, e no sistema automatizado são alojadas 2.800.000 aves, sendo 400.000 aves em fase de recria e 2.400.000 aves em fase de produção, sob uma densidade de 370 cm^2 ave^{-1} e 10 cm linear de cocho de ração para cada ave.

Nas duas diferentes instalações as aves são alojadas em galpões em gaiolas coletivas, porém no sistema convencional estas gaiolas são confeccionadas com arame galvanizado e dispostas em duas colunas bilaterais denominadas piramidais com dois níveis ou andares (Figura 2) permanecendo a uma altura de cerca de 1,0 a 1,2 m do solo cimentado onde ficam depositados os dejetos que ali caem por gravidade. No sistema automatizado as gaiolas são dispostas em quatro colunas bilaterais de seis níveis ou andares (Figura 3 e 4) onde os dejetos ficam dispostos em esteiras automatizadas abaixo de cada nível de gaiolas.

Dispondo a atender aos objetivos propostos neste trabalho, as coletas de dejetos foram realizadas conforme as operações de rotina empregada pelo Aviário Mantiqueira e demais aviários situados naquela região, utilizando-se de 48 a 60 aves em cada sistema de produção.

A rotina baseia-se na retirada diária dos dejetos dos galpões de produção em baterias verticais automatizadas (SA). Já no sistema convencional o mesmo procedimento pode ser realizado na saída de cada lote de aves ou periodicamente, se os dejetos ocupam completamente o espaço sob as gaiolas antes da saída do lote. Por esse motivo os aviários costumam padronizar a retirada dos dejetos a cada 260 dias para que se faça uma programação para a venda desse material, o que foi adotado neste trabalho (SC2).



Figura 2 - Sistema convencional



Figura 3 - Sistema automatizado



Figura 4- Colunas e andares –
Sistema automatizado

Além de verificar a produção de dejetos seguindo as rotinas anteriormente mencionadas, julgou-se conveniente também verificar a produção diária de dejetos nos galpões de sistema de produção convencional (SC1) a fim de se compará-la à dos galpões de sistema de produção automatizado.

Para a coleta dos dejetos foram escolhidos galpões de produção onde estavam alojadas aves de mesma idade (54 semanas), portanto todas em fase de produção, da genética Hy Line W36, recebendo mesma dieta e manejo.

No sistema convencional as aves estavam alojadas aos pares em gaiolas de arame galvanizado, sob um galpão coberto com telha de fibra de amianto e com laterais abertas (Figura 5). Nesta instalação os dejetos depositados sob as gaiolas permaneceram sob influencia de diferenças de temperatura, incidência de chuvas, ação de ventos e de animais (insetos, aracnídeos, roedores e etc). Foi retirado todo dejeto após 260 dias de alojamento das aves naquele galpão por meio de pás e enxadas (Figura 6), após um dia fez-se nova coleta dos dejetos para verificar a produção diária.



Figura 5 - Vista Lateral - Sistema convencional



Figura 6 - Retirada dos dejetos - Sistema convencional

No sistema automatizado as aves ficam alojadas em grupos nas gaiolas, em um galpão coberto, com laterais fechadas por cortinas automatizadas e ambiente e temperatura controlados (Figura 7). Nesta instalação os dejetos depositados sob as gaiolas são transportados para fora do galpão por meio de esteiras automatizadas, diariamente. Para o presente trabalho seguiu-se a mesma rotina, retirando todo dejeto diariamente (Figura 8).



Figura 7 - Vista Lateral - Sistema automatizado



Figura 8 - Retirada dos dejetos - Sistema automatizado

2.2.3. Caracterização dos dejetos produzidos

2.2.3.1. Determinação da produção de dejetos "in natura" e matéria seca

Uma vez determinado o número de aves para coleta de dejetos e o manejo que foi adotado para tal, fez-se a pesagem dos dejetos produzidos e posterior cálculo da produção de dejetos expresso em kg ave^{1} dia^{-1}, dividindo-se a produção de dejetos (kg) pelo número de aves alojadas e pelo número de dias.

A produção de ST ave^{-1} dia^{-1} foi calculada com os dados de pesagem dos dejetos (kg), número de aves alojadas e teor de sólidos totais (ST) encontrado nos dejetos, como segue:

$$\mathrm{Pr}\,oduçãoST.ave^{-1}.dia^{-1} = \left[\frac{\left(\frac{peso \cdot dejeto(kg)}{ave} \right)}{dia} \right] \times ST(\%)$$

2.2.3.2. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis

Foram realizadas análises para caracterização física dos dejetos, ou seja, sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) segundo APHA (1998).

Amostras dos dejetos coletados foram acondicionadas em recipientes de alumínio previamente tarados e pesados para se obter o peso úmido (P_U) do material, levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante. Foram resfriados e pesados em balança de precisão de 0,01g, obtendo-se o peso seco (P_S). O teor de sólidos totais (ST) foi determinado segundo metodologia descrita pela APHA (1998).

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 temperatura de 575°C por um período de 2 horas, após queima inicial com a mufla parcialmente aberta para eliminação de gases, e, em seguida, 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 (1998).

2.2.3.3. Digestão e quantificação de minerais

As amostras coletadas foram digeridas, utilizando-se do método da digestão ácida Nitro-Perclórica, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico ($HClO_4$) e levados ao bloco digestor, segundo metodologia descrita por APHA (1998).

Com este extrato foi possível determinar os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio, segundo BATAGLIA *et al*. (1983).

As concentrações de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

Devido à digestão Nitro-Perclórica, houve a necessidade de uma digestão exclusiva para a determinação do nitrogênio, uma vez que a digestão Nitro-Perclórica a utilização do ácido nítrico poderia mascarar o real teor de N nas amostras. Por esse motivo o nitrogênio foi determinado através da utilização do destilador de micro-Kjeldahl, 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 (2002).

Os teores de fósforo (P) 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 P das amostras, através da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52µg de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA (1991).

2.2.3.4. Teor de Carbono Orgânico (C)

O princípio do método para a determinação de C fundamenta-se no fato da matéria orgânica oxidável ser atacada pela mistura sulfo-crômica, utilizando-se o próprio calor formado pela reação Dicromato de potássio com o ácido sulfúrico como fonte calorífica; o excesso de agente oxidante, que resta desse ataque, é determinado por titulação com sulfato ferroso ou sulfato ferroso amoniacal. O método oferece a vantagem de não oxidar a fração de matéria orgânica não decomponível durante o período de compostagem, baseado em KIEHL (1985).

A partir desse dado pode-se calcular: a matéria orgânica compostável (MOC) em porcentagem, multiplicando-se o teor de carbono orgânico encontrado pelo fator 1,8 e a matéria orgânica resistente à compostagem (MORC), subtraindo do teor de carbono

orgânico o valor da matéria orgânica compostável (Lossin, 1971 citado por KIEHL, 1985).

2.2.4. Delineamento e Análise Estatística

Para comparar a produção e as características químicas dos dejetos gerados por aves poedeiras alojadas em dois diferentes sistemas de produção, adotou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), constando de três tratamentos (SA, SC1, SC2) considerando-se cinco repetições por tratamento, com comparação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (SAS INSTITUTE, 1999-2001).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Determinação da produção de dejetos "in natura" e matéria seca

Na Tabela 02 estão apresentados os valores médios obtidos da produção de dejetos, número de aves, teores de sólidos totais (ST), produção de dejetos por ave e produção de dejetos por ave por dia, com base na matéria natural (MN) e com base na matéria seca (MS), nos dois diferentes sistemas de produção; automatizado e convencional, nos quais foram avaliadas as produções durante a rotina de retirada do dejeto do galpão de produção, bem como em um dia de produção.

Tabela 02 - Massa de dejetos (kg), número de aves, produção de dejetos por ave (kg/ave), produção de dejetos por dia (kg/dia), sólidos totais (%) e produção de dejetos por ave por dia (kg/ave/dia) com base na matéria natural (MN) e com base na matéria seca (MS) em função do sistema de produção e tempo de armazenamento até coleta

Tratamentos	Massa (kg)	N° aves	kg/ave	kg/dia	kg/ave/dia	ST (%)	kg /ave/dia
				MN			MS
SA	6,192	60	0,10	6,19	0,10 a	27,00 c	0,028 a
SC1	3,226	60	0,05	3,23	0,05 b	31,30 b	0,017 b
SC2	342,200	48	7,22	1,31	0,03 c	91,58 a	0,025 a
P					<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)					7,85	2,26	9,11

SA – Dejetos de um dia de poedeiras criadas em sistema automatizado
SC1 – Dejetos de um dia de poedeiras criadas em sistema convencional
SC2 – Dejetos de 260 dias de poedeiras criadas em sistema convencional
Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Os dados referentes às porcentagens de ST dos materiais coletados foram maiores para o tratamento SC2, onde foi encontrada uma média de 91,58% de ST, seguidos do tratamento SC1, 31,30% de ST e os menores dados foram encontrados no tratamento SA cerca de 27,00% de ST.

No tratamento SC2 os dejetos permaneceram armazenados sob as gaiolas em galpões abertos durante 260 dias sofrendo interferências de sol, vento, chuvas laterais, oscilações de temperatura e de predadores, como insetos, aves e roedores. Estas condições favoreceram a perda de água e conseqüente aumento no teor de ST.

No entanto o teor médio de ST no tratamento SC1 foi estatisticamente maior que no tratamento SA apesar das medidas de manejo adotados aos dois tratamentos, sejam as mesmas, somente diferenciando-se o sistema de produção, onde em galpões automatizados as aves são alojadas em alta densidade, as gaiolas são unidas e sobrepostas, e existem cortinas de plástico automatizadas nas laterais dos galpões. Isso tudo resulta em ambiente fechado, menor circulação de ar e incidência solar, conseqüentemente menor perda de água por evaporação e menor porcentagem de ST nos dejetos das aves.

Confirmando os resultados do presente trabalho MORENG & EVANS (1990) citaram médias entre 70 a 80% de água nos dejetos das aves, ou seja, cerca de 20 a

30% de ST. Esses dados corroboram com os de GELMINI (1987), os quais destacaram uma média de 75% de água, 25% de ST nos dejetos de aves poedeiras, assim como os dados de EL BOUSHY (1994) de 25 a 28% de ST nos dejetos de aves.

LEESON *et al.* (2000) apresentam valores médios de 30% de ST para dejetos de aves poedeiras e 70% de ST para dejetos de aves poedeiras acumulados por um ano.

PEIXOTO (1998) em experimento conduzido com aves poedeiras criadas em gaiolas avaliou a umidade dos dejetos em relação ao tempo de armazenamento; 1 h, 2 h e 3 h, encontrando teores médios de umidade de 75,33; 77,62 e 76,51%, sem diferença significativa entre os tempos de armazenamento. O mesmo autor citando PATRICK & SHAIBLE (1980) relatou umidade média de 74,35% nos dejetos de aves poedeiras.

OLIVEIRA *et al.*(1995), avaliando o efeito do tempo de estocagem sobre a composição bromatológica das fezes de galinhas poedeiras, concluíram que quanto maior for o tempo de estocagem, maior será a perda de umidade, o que aumenta a perda de proteína bruta e energia bruta das fezes. Os valores encontrados foram 43,62%; 55,25%; 51,07%; 56,52% de MS, correspondentes aos tempos de estocagem de 0; 7; 14 e 21 dias.

A literatura menciona dados relacionados à quantificação dos dejetos de aves poedeiras na maioria das citações, não especificando se estavam com base na matéria natural (MN) ou com base na matéria seca (MS), tampouco o sistema de produção em que são criadas as aves.

Analisando os parâmetros com base na matéria natural (MN), a produção de dejetos diária por ave seguiu maior no sistema automatizado (0,10 kg/ave/dia) em relação à produção de dejetos no sistema convencional, tanto em um dia de produção (0,05 kg/ave/dia) quanto acumulado durante os 260 dias e traduzido por dia (0,03 kg/ave/dia), sendo que este último obteve o menor valor.

Verificaram-se maiores produções de dejetos, com base na matéria natural, nos tratamentos em que os dejetos foram coletados com um dia de deposição, ou seja, tratamentos SA e SC1 (0,10 e 0,05kg/ave/dia (MN)). No entanto a produção de sólidos

totais (kg) por ave por dia para o tratamento SA e o tratamento SC2 (0,028 e 0,025 kg/ave/dia (MS)) não diferiram significativamente ($p<0,05$).

Segundo COELHO (1973) a cada ano uma ave poedeira produz cerca de 25 vezes o seu peso vivo em dejetos, consequentemente, tem-se uma produção estimada anual de 37,5 kg de dejetos por ave, o que equivale a uma produção diária por ave igual a 0,103 kg, valor pouco inferior ao citado por EL BOUSHY (1994) que demonstrou uma produção de 12 toneladas /dia para um total de 100.000 aves, o que representa 0,12kg/ave/dia. Tais dados citados estão de acordo com os dados encontrados no tratamento SA (0,10kg/ave/dia(MN)) deste trabalho.

2.3.2 Caracterização dos dejetos

Outros fatores observados foram MOC (matéria orgânica compostável) e MORC (matéria orgânica resistente à compostagem), os quais demonstram a facilidade do material em se decompor e a sua resistência em relação ao mesmo aspecto estão representados na Tabela 03.

Nos tratamentos onde os dejetos foram caracterizados ainda frescos (SA e SC1) a quantidade de MOC em % foi maior que no tratamento onde os dejetos ficaram armazenados por 260 dias antes de serem caracterizados (SC2). O inverso foi encontrado quando se analisou a MORC (%), quanto maior o tempo de armazenamento dos dejetos maior a quantidade de MORC presente no material, indicando que o material sofreu compostagem ao longo do tempo em que permaneceu sob as gaiolas. Estatisticamente os tratamentos SA e SC1 diferiram estatisticamente ($p<0,05$) do tratamento SC2 quanto aos fatores mencionados.

Tabela 03 - Porcentagem (%) de MOC (matéria orgânica compostável), MORC (matéria orgânica resistente à compostagem), C e N nos dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (SA) e convencional (SC1 – 01 dia de armazenamento; SC2 – com 260 dias de armazenamento)

Tratamento	MOC	MORC	C	N
		%		
SA	24,64 a	43,80 a	13,69 a	6,68 a
SC1	24,70 a	44,66 a	13,72 a	7,40 a
SC2	7,93 b	50,88 b	4,40 b	3,26 b
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	10,8	4,44	10,8	7,62

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Quanto à concentração de C e N encontraram-se maiores valores, cerca de duas vezes mais, nos tratamentos SA e SC1 em relação ao tratamento SC2 ($p<0,05$). Essa diferença se deu devido à facilidade desses elementos de serem aproveitados pelos microrganismos presentes nos dejetos na decomposição e pela facilidade de volatilização do N na forma de amônia (NH_3).

FLEISCHER (1992) citou que há menor perda de amônia quando os dejetos são retirados por esteiras automatizadas com ou sem ventilação, ou com um intervalo de remoção dos dejetos de 5 a 7 dias. KROODSMA *et al.* (1988) confirmou que a quantidade de amônia emitida por dejetos que ficam embaixo das gaiolas até serem removidos é maior do que a quantidade emitida se os dejetos forem removidos por esteiras automatizadas.

LEESON *et al.* (2000) verificaram médias de 5,0% de N em dejetos de aves poedeiras e 2,9% de N nos mesmos dejetos quando acumulados por um ano com base na matéria seca. Corroborando com tais dados, EL BOUSHY & van der POEL (1994) citaram média de 4,0% de N para dejetos de aves poedeiras com base na matéria seca. PROCHNOW *et al.* (1995), trabalhando com compostagem de diversas origens de dejetos, mencionaram 5,45% de N em dejetos de galinhas poedeiras. Estes dados contribuem com os encontrados no presente trabalho quando foram encontradas médias de 6,68% (SA) e 7,40% (SC1) de N em dejetos frescos de galinhas poedeiras e 3,26% de N em dejetos de galinhas poedeiras armazenados por um ano.

PATTERSON & LORENZ (1998) observaram que em dejetos de galinhas poedeiras adultas a excreta de alguns nutrientes é maior que de frangas, sendo uma média de 4,8% de N em galinhas de 55 semanas de idade e 6,2% em frangas.

A Tabela 04 apresenta as concentrações dos demais macro e micronutrientes presentes nos dejetos que foram utilizados para análise laboratorial.

Tabela 4 - Teores de P, K, Ca, Mg, Na (g/100g MS), Fe, Mn e Zn (mg/100g MS) dos dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (SA) e convencional (SC1 – 01 dia de armazenamento; SC2 – com 260 dias de armazenamento)

Nutriente		SA	SC1	SC2
g/100g (MS)	Fósforo (P)	1,75 b	1,60 b	2,68 a
	P		< 0,0001	
	CV (%)		10.62	
	Potássio (K)	2,71 b	2,74 b	3,82 a
	P		< 0,0001	
	CV (%)		7,64	
	Cálcio (Ca)	11,08 c	13,29 b	19,09 a
	P		< 0,0001	
	CV (%)		4,53	
	Magnésio (Mg)	0,34 b	0,39 b	0,57 a
	P		0,0040	
	CV (%)		20,12	
	Sódio (Na)	0,34 a	0,39 a	0,44 a
	P		0,1425	
	CV (%)		19,80	
mg/100g (MS)	Ferro (Fe)	86,33 b	99,93 b	206,21 a
	P		< 0,0001	
	CV (%)		20,81	
	Manganês (Mn)	31,47 b	30,18 b	40,74 a
	P		0,0013	
	CV (%)		10,84	
	Zinco (Zn)	31,86 b	25,73 c	43,41 a
	P		< 0,0001	
	CV (%)		6,78	

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Na avaliação dos macro e micronutrientes o tratamento SC2 apresentou as maiores quantidades desses elementos com exceção de Na. Além do aumento dos teores desses nutrientes pela perda de massa e concludente concentração após o tempo de armazenamento sob as gaiolas, vale ressaltar que os dejetos não correspondem somente às fezes e sim às excreções das aves, restos de ração, penas caídas, ovos quebrados, casca de ovos e qualquer outro material que possa ser encontrado ou armazenado sob as gaiolas ou sobre as esteiras coletoras de dejetos.

Segundo MORENG & EVANS (1990) como as aves não possuem bexiga, elas excretam uratos, ou metabólitos sólidos, que são adicionados às fezes como uma mancha branca que passa para a cloaca e se combina com o dejeto fecal.

LEESON *et al.* (2000) demonstraram teores de P em dejetos de galinhas poedeiras de 4,2 g/100g e 3,5 g/100g para dejetos frescos e com um ano acumulado, respectivamente, demonstrando-se superiores aos encontrados neste trabalho, que foram 1,75 g/100g e 1,60 g/100g para dejetos frescos e 2,68 g/100g para dejetos acumulados durante 260 dias. Os teores de K encontrados pelos mesmo autores, sob as mesmas condições de armazenagem foram de 1,7 g/100g para dejetos frescos e 1,5 g/100g para dejetos armazenados, dessa vez inferiores aos encontrados no presente trabalho, 2,71 g/100g e 2,74 g/100g para dejetos frescos e 3,82 g/100g para dejetos acumulados por 260 dias.

PATTERSON & LORENZ (1998) citaram teores de P, K e Ca em dejetos de galinhas poedeiras adultas de 16,5 g/100g, 9,5 g/100g e 14,8 g/100g respectivamente. Novamente LEESON *et al.* (2000) comparando vários dejetos apresentaram quantidade de 3,41 g/100g de Ca, 0,52 g/100g de Mg e 0,03mg/100g de Fe, 0,33mg/100g de Mn e 0,12mg/100g de Zn. EL BOUSHY (1994) demonstraram níveis de 4,5 g/100g de P e 2,8 g/100g de K em dejetos de galinhas poedeiras.

2.4. CONCLUSÕES

Conclui-se, com base nos resultados deste trabalho, que a quantificação e caracterização de dejetos são de fundamental importância em sistemas de produção animal mesmo em se tratando da mesma espécie, pois dentre vários outros fatores o sistema de instalação influencia diretamente na produção de dejetos e em suas características físicas e químicas. Assim, com o aumento da utilização de tecnologia em produções animais, neste caso produção de ovos, tem-se um aumento na produção, demanda por tratamento, transporte e disposição dos dejetos.

Com relação à produção de dejetos, houve maior produção quando se utilizou instalações automatizadas ao alojar galinhas poedeiras (0,10kg/ave/dia (MN)) que em instalações convencionais (0,50kg/ave/dia (fresco) e 0,30kg/ave/dia (armazenado por 260 dias) (MN)). Quanto às características, os dejetos frescos apresentam-se com maiores teores de C e N, tanto os provenientes de instalações automatizadas quanto de instalações convencionais, porém outros nutrientes são encontrados em maiores proporções em dejetos armazenados por vários dias, que em dejetos frescos.

CAPITULO 3 – COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL

3.1. INTRODUÇÃO

A intensificação do setor produtivo agropecuário e a corrida por preço e oferta também acometem a avicultura de postura, substituindo as instalações convencionais por novas tecnologias de automatização, aliando menores custos e preços finais ao produto tradicional com maior qualidade. À medida que vão aumentando as aplicações e o uso de instalações automatizadas, aumentam-se, também, as necessidades de precisão e confiabilidade que lhes são exigidas.

Conseqüência eminente à esse elevado alojamento de poedeiras, há maior geração de dejetos nas propriedades, sendo estes, manejados diariamente, mudando as características do material.

Na prática, a aplicação dos dejetos como fertilizantes no solo, tem sido utilizada por muitos anos, pois possuem elementos químicos que podem constituir em nutrientes para o desenvolvimento das plantas, acreditando-se que o solo seja um filtro com capacidade quase ilimitada de absorver e depurar os resíduos nele adicionados (SEGANFREDO, 2000).

Em contrapartida, os resíduos quando dispostos sem prévio tratamento comprometem a qualidade do solo e da água, com contaminação dos mananciais pelos microrganismos, toxidade a animais e plantas, e depreciação do produto, porém com percepção em médio a longo prazo.

Os dejetos provenientes da avicultura de postura são tão valiosos do ponto de vista biológico que devem ser usados com inúmeras vantagens e não simplesmente como dejeto a ser eliminado (MORENG & EVANS, 1990). Deste modo, fica evidente a necessidade de desenvolvimento de tecnologias mais limpas com perspectivas de mitigar o abuso ao meio ambiente.

Para uso como fertilizante, o dejeto deve sofrer um processo de fermentação microbiológica ou cura, provocando a decomposição da matéria orgânica. Este processo é chamado de compostagem.

A compostagem é uma técnica idealizada a fim de acelerar a estabilização aeróbia e a humificação da porção fermentável dos resíduos vegetais ou animais através da ação de microrganismos específicos obtendo-se como produto final o composto orgânico (KIEHL, 2002), que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese, exercendo influências tanto nas propriedades físicas quanto nas propriedades químicas do solo.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo o acompanhamento do processo de compostagem dos dejetos provenientes de instalações convencionais e automatizadas destinadas à produção de ovos, adicionando-se outros materiais como fonte de carbono aos dejetos e acompanhando o rendimento em composto orgânico.

A compostagem foi sugerida como uma alternativa de tratamento e reciclagem, tendo em vista que a tendência de preservação ambiental e ecológica por parte deste setor deve continuar de forma permanente e definitiva.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Descrição do local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP- Campus de Jaboticabal, o qual está instalado em local cujas coordenadas geográficas são: 21°15'22" S; 48°18'58" W e altitude de 575 metros.

Todos os materiais utilizados na confecção das leiras de compostagem foram coletados no aviário de postura AVIÁRIO MANTIQUEIRA localizado no município de Itanhandu, Minas Gerais, a uma altitude de 892 metros, 22°17’45” de latitude e

44°56’05” de longitude, onde são criadas 2.800.000 aves, e transportados via caminhão ao Laboratório de Digestão Anaeróbia.

As leiras foram montadas no pátio de compostagem que está construído no Departamento de Engenharia Rural e possui piso de concreto, cobertura com lona plástica, pé direito de 2,0 m e declividade de 2%. O processo de compostagem teve duração de 90 dias.

3.2.2. Materiais utilizados na compostagem, montagem e monitoramento das leiras (temperatura, peso e volume)

O ensaio foi conduzido utilizando-se dejetos de galinhas poedeiras em fase de produção, de mesma idade, recebendo mesmo manejo e criadas em dois sistemas de produção distintos; o sistema de produção convencional em gaiolas, ou sistema convencional, no qual o dejeto permaneceu por 260 dias armazenado sob as gaiolas de criação, e o sistema de produção automatizado em baterias de gaiolas verticais, ou sistema automatizado, no qual os dejetos foram retirados, com um dia de deposito sob as gaiolas, por esteiras coletoras.

Com os dejetos coletados foram confeccionadas três leiras por tratamento, sendo o primeiro tratamento (L_1), dejeto proveniente de galinhas criadas no sistema automatizado, ou seja, dejeto fresco, e adicionados serragem de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar como fontes de C, nas quantidades adequadas até que se alcançou uma relação C/N e umidade satisfatórias para iniciar o processo de compostagem. No segundo tratamento (L_2) utilizou-se dejeto proveniente de galinhas criadas no sistema automatizado, ou seja, dejeto fresco, sem adição de qualquer outro material com o objetivo de se acompanhar o comportamento do dejeto com o passar dos dias. No terceiro tratamento (L_3) utilizou-se dejeto proveniente de galinhas criadas no sistema convencional, ou seja, depositados por 260 dias sob as gaiolas, e adicionado os mesmos materiais, fontes de C, utilizados no primeiro tratamento.

As operações de montagem tiveram como informações decisivas os resultados das análises químicas de todos os materiais que foram utilizados nos tratamentos antes da confecção das leiras. Na Tabela 05 estão representadas as informações químicas de cada material utilizado em cada tratamento e na Tabela 06 estão expostas as informações das quantidades totais, de todos os materiais utilizados em todos os tratamentos.

Tabela 5 - Características químicas; umidade (%), teores de C e N (%) dos materiais utilizados nas confecções das leiras de compostagem

	Umidade (%)	C (%)	N (%)
Serragem	50,05	19,18	0,22
Bagaço de Cana-de-açúcar	26,54	25,45	0,56
Dejeto Fresco (Sist. Auto.)	72,8	13,45	6,59
Dejeto 260 dias (Sist. Conv.)	8,54	4,40	3,33

Tabela 6 - Quantidades médias (em kg) dos materiais utilizados nas confecções de cada tratamento das leiras de compostagem

Quantidade (Kg)	L_1	L_2	L_3
Serragem	201,04	-	57,64
Bagaço de Cana-de-açúcar	106,03	-	59,68
Água	45,00	-	450,00
Dejeto Fresco (Sist. Auto.)	634,93	887,58	-
Dejeto 260 dias (Sist. Conv.)	-	-	765,32
TOTAL	987,00	887,58	1332,64

Após o enleiramento dos materiais, monitorou-se diariamente a temperatura das leiras e do ambiente no pátio de compostagem com termômetro digital. Todas as semanas as leiras foram revolvidas manualmente, pesadas em balança digital (Figura 09), medidos seus volumes através da utilização de uma estrutura de madeira (Figura 10), na qual era conhecida a área e conforme o seu preenchimento com os materiais podia-se medir a altura (que era variável conforme cada tratamento) e assim calculado o volume matematicamente.



Figura 09 - Revolvimento manual e
pesagem das leiras de compostagem



Figura 10 - Estrutura de madeira de dimensões
conhecidas para cálculo do volume

Foram coletadas amostras para avaliação dos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais até quando se obteve resultados nulos para tais parâmetros e quantificação a cada 30 dias dos teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn. O controle foi realizado semanalmente com adição de água, quando necessário.

3.2.3. Análises laboratoriais para acompanhamento do processo de compostagem

3.2.3.1. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis

Foram realizadas análises para caracterização física das leiras de compostagem; sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV).

As amostras coletadas foram acondicionadas em recipientes de alumínio previamente tarados e pesados para se obter o peso úmido (P_u) do material, levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante. Foram resfriados e pesados em balança de precisão de 0,01g, obtendo-se o peso seco (P_s). O teor de sólidos totais (ST) foi determinado segundo metodologia descrita pela APHA (1998).

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, para eliminação de gases, e, em seguida, 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 (1998).

3.2.3.2. Digestão e quantificação de minerais

As amostras coletadas foram digeridas, utilizando-se do método da digestão ácida Nitro-Perclórica, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico ($HClO_4$) levados ao bloco digestor, segundo metodologia descrita por APHA (1998).

Com este extrato foi possível determinar-se os teores de P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Mn segundo BATAGLIA *et al*. (1983).

Devido à digestão Nitro-Perclórica, houve a necessidade de uma digestão exclusiva para a determinação do nitrogênio, uma vez que a digestão Nitro-Perclórica a utilização do ácido nítrico poderia mascarar o real teor de N nas amostras. Por esse motivo o nitrogênio foi determinado através da utilização do destilador de micro-Kjeldahl, 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 (2002).

Os teores de fósforo (P) 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 P das amostras, através da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52µg de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA (1991). As concentrações de K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Mn foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

3.2.3.3. Teor de Carbono Orgânico

O princípio do método para a determinação de C fundamenta-se no fato da matéria orgânica oxidável ser atacada pela mistura sulfo-crômica, utilizando-se o próprio calor formado pela reação Dicromato de potássio com o ácido sulfúrico como fonte calorífica; o excesso de agente oxidante, que resta desse ataque, é determinado por titulação com sulfato ferroso ou sulfato ferroso amoniacal. O método oferece a vantagem de não oxidar a fração de matéria orgânica não decomponível durante o período de compostagem, baseado em KIEHL (1985).

A partir desse dado pode-se calcular: a matéria orgânica compostável (MOC) em porcentagem, multiplicando-se o teor de carbono orgânico encontrado pelo fator 1,8 e a matéria orgânica resistente à compostagem (MORC), subtraindo do teor de carbono

orgânico o valor da matéria orgânica compostável (Lossin, 1971 citado por KIEHL, 1985).

3.2.3.4. Coliformes Totais e Fecais

A caracterização microbiológica, número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais, foi avaliada a partir da metodologia descrita pela APHA (1995), por meio de tubos múltiplos. Este exame foi realizado em duas etapas; ensaio presuntivo e confirmativo.

No ensaio presuntivo foi semeado 1,0 mL de 5 diluições da amostra em séries de 3 tubos de caldo lauryl triptose (CLT) simples para cada diluição.

Os tubos foram incubados a 35°C, durante 48 horas. Quando houve produção de gás, transferiu-se cada cultura com resultado presuntivo positivo para caldo lactosado com verde brilhante e bile a 2% (CLVBB), sendo a incubação efetuada também a 35°C, durante 48 horas. Quando, novamente, ocorreu a produção de gás, desta vez a partir da fermentação da lactose neste meio, confirmou-se então a presença de bactérias do grupo coliforme.

As culturas com resultados presuntivos positivos nos ensaios de coliformes totais foram transferidas para tubos contendo meio EC, que foram incubados durante 24 horas a 45,5°C em banho-maria. O resultado foi positivo quando houve produção de gás a partir da fermentação da lactose contida no meio EC.

3.2.4. Delineamento e Análise Estatística

Na avaliação dos resultados obtidos no ensaio de compostagem a partir dos dejetos provenientes de galinhas poedeiras, adotou-se delineamento inteiramente casualizado (constituindo-se três tratamentos (L_1, L_2, L_3)), sendo três repetições (leiras)

por tratamento, com comparação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (SAS INSTITUTE, 1999-2001).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Temperatura

A Figura 11 mostra as curvas de temperatura dos materiais durante os 90 dias em que permaneceram enleirados. As leiras sofreram revolvimentos semanais e foi adicionada água (regas) quando a sua umidade apresentava-se mais baixa que 45%.

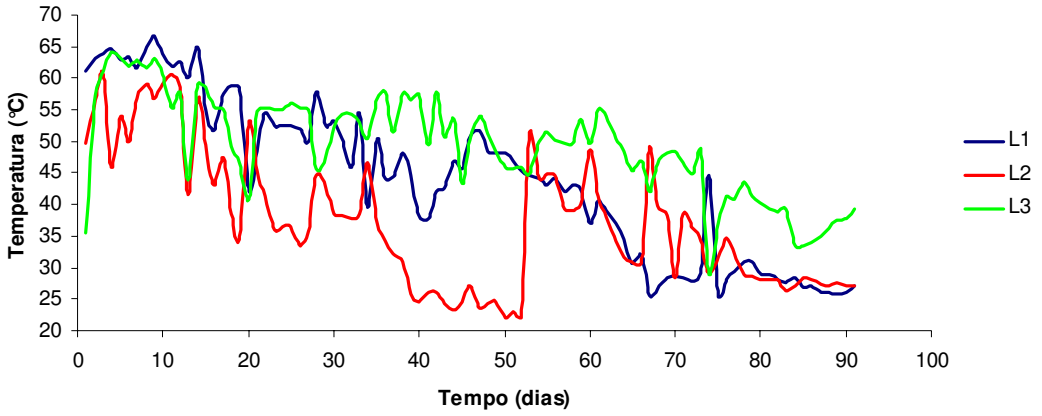


Figura 11 - Temperatura média diária das leiras montadas a partir de dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas de produção automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2), durante o período de compostagem

As leiras formadas de dejeto de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado com adição de bagaço de cana de açúcar, serragem de madeira e água (L_1), a fim de equilibrar a relação C/N e umidade, tiveram temperaturas médias que permaneceram na faixa termofílica (acima de 50ºC) por 30 dias,

apresentando, neste período, uma queda com posterior elevação após revolvimento, devido à oxigenação permitir maior atividade microbiana. No período seguinte, cerca de trinta dias (30º ao 60º dia) a temperatura permaneceu entre 30℃ e 50℃ e a partir daí não ultrapassou os 30℃ até findo os 90 dias de compostagem. A temperatura máxima atingida neste tratamento foi de 66,8℃ aos 9 dias de experimento, após o primeiro revolvimento. Na Tabela 07 estão demonstradas as médias semanais de temperatura e os valores máximos atingidos durantes o período de compostagem nas leiras.

Tabela 07 - Temperaturas médias semanais (℃) das leiras de compostagem formadas por dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2) e do ambiente

Semana	L_1	L_2	L_3	T ℃ ambiente
1	63,0	53,4	58,0	21,2
2	63,6	56,0	57,3	19,2
3	53,2	44,5	51,5	16,5
4	53,1	37,7	53,8	23,6
5	49,5	39,9	52,7	22,5
6	42,8	28,6	55,4	19,9
7	47,7	24,6	50,2	22,2
8	45,2	36,0	47,7	21,6
9	40,2	40,1	51,7	25,2
10	29,5	35,5	46,5	22,9
11	28,5	31,4	42,5	23,3
12	29,2	27,9	39,4	25,9
13	26,4	27,5	36,2	23,3
Valores máximos alcançados	66,8℃ (9º dia)	60,6℃ (3º dia)	64,2℃ (4º dia)	30,9℃ (78º dia)

No tratamento com leiras formadas apenas por dejetos provenientes de sistema automatizado de produção de galinhas poedeiras, sem adição de nenhum outro material (L_2), ou seja, sem equilíbrio da relação C/N e umidade, as temperaturas médias permaneceram na faixa termofílica nos primeiros 15 dias de experimento com algumas oscilações devido ao desequilíbrio de nutrientes, rápidas perdas de volume, o que incapacitava a manutenção da temperatura no interior das leiras, que eram de formas

piramidais. A temperatura máxima atingida neste tratamento foi de 60,6°C. Posteriormente suas temperaturas tenderam a cair com ligeira elevação próxima ao período de 50 dias de compostagem devido à adição de água realizada para correção da umidade e ao aumento da temperatura ambiente.

As leiras formadas por dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção convencional (L_3), onde tais dejetos permaneceram armazenados sob as gaiolas por 260 dias, tiveram corrigidas a relação C/N bem como a umidade. A correção da relação C/N foi feita com a adição de bagaço de cana de açúcar e serragem de madeira. A temperatura média termofílica permaneceu acima de 50°C até o 48º dia, com pequenas oscilações, chegando à temperatura máxima de 64,2°C no 4º dia. Tal fato foi conseqüência das características do dejeto facilmente perder umidade durante o processo, devido ao tempo de armazenamento sob as gaiolas de criação das aves. Isto permitiu que o dejeto fosse decomposto de forma lenta e sem controle durante este período e, quando se iniciou o experimento de compostagem, apresentava-se com baixa umidade (8,54%) e previamente decomposto. Observou-se, também, pouca eficiência na absorção de água, quando feitas as regas.

ATAGANA (2003), estudando o processo de compostagem de dejetos de galinhas poedeiras no tratamento de solos contaminados, observou temperaturas em torno de 60°C na segunda semana e a partir da 4ª semana a temperatura oscilou entre 35 e 45°C até o final do experimento. Caso semelhante ao encontrado nos três tratamentos realizados durante o experimento de compostagem deste trabalho, quando as temperaturas permaneceram acima dos 45ºC até a 8° (L_1), 3° (L_2) e 10° (L_3) semanas.

Esse aumento elevado da temperatura nos primeiros dias de compostagem se dá devido ao desenvolvimento de reações bioquímicas mais intensas conseqüência da atividade microbiológica de degradação da matéria orgânica. Com a exaustão da fonte de carbono mais disponível, a temperatura diminui a 40°C, caracterizando o fim da fase termofílica (VITORINO & PEREIRA NETO, 1994).

3.3.2. Volume e Peso

Nas Figuras 12 e 13 são apresentadas reduções no volume das leiras e tendência e equações de redução, respectivamente, durante o processo de compostagem.

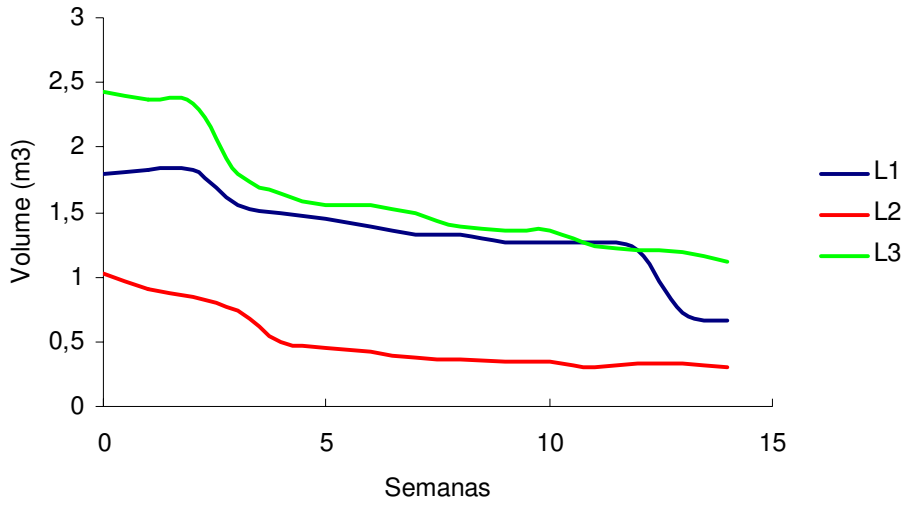


Figura 12- Redução de volume das leiras durante a compostagem

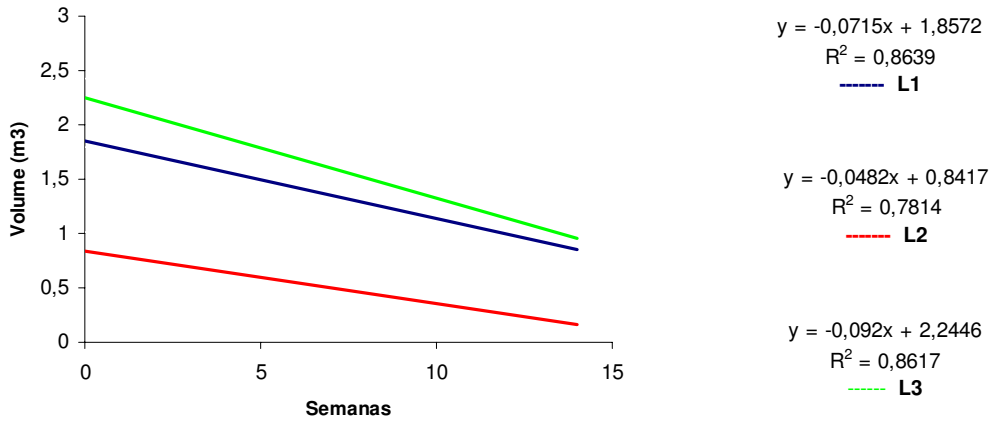


Figura 13 – Tendência e equações de redução de volume das leiras formadas por dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (L_1 e L_3 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (L_2)

Observa-se, nestas figuras que as reduções de volume são mais representativas no início do processo, mais precisamente até a 5ª semana, quando a atividade microbiológica é mais intensa. Esses resultados concordam com os de GORGATI (1996), quando submeteu resíduos urbanos à compostagem e obteve maior redução do volume no início do processo, aproximadamente, 47%.

Na Figura 13 as tendências de redução tiveram comportamentos semelhantes para os tratamentos que utilizaram dejetos frescos, ou seja, aqueles provenientes de sistema automatizado, tanto para o tratamento que teve relação C/N equilibrada, quanto para o tratamento que somente utilizou dejeto. No tratamento denominado L_3 a tendência de redução foi maior devido a apresentação do dejeto no início do processo. Neste tratamento foi utilizado dejeto de sistema de produção convencional, no qual ficaram armazenados por 260 dias sob as gaiolas.

As equações que estimam a redução de volume considerando o período de formação das leiras são valiosas para o planejamento de áreas destinadas à compostagem, com subseqüente melhoria da utilização do espaço (AMORIM, 2005). Sendo que x representa o número de semanas após o enleiramento e y o volume, em m^3.

A redução de peso das leiras de compostagem foi expressiva, sendo que os resultados encontrados foram de 72,3% de redução de peso no tratamento L_1, 77,9% no tratamento L_2 enquanto no tratamento L_3 a redução foi de 44,7%. Esse fato se deve às diferenças na composição dos materiais, pois os diversos componentes da matéria orgânica apresentam diferenças quanto a suscetibilidade à degradação, sendo que componentes como açúcares e proteínas são rapidamente degradados, enquanto celulose e lignina necessitam de períodos mais longos para que os microrganismos consigam degradá-los (Grossi citado por ALVES, 1996). Na Tabela 08 estão representados os pesos medidos a cada 30 dias de processo e na Figura 14 a curva da redução do peso das leiras com base na matéria natural.

Tabela 08 - Pesos (kg) e redução das leiras de compostagem, medidos no início, 30, 60 e 90 dias do processo

Período	L_1	L_2	L_3
		(kg)	
Início	987,00	887,58	1332,64
30 dias	634,64	256,95	1139,59
60 dias	378,01	214,51	839,69
90 dias	272,93	196,51	737,61
Redução Total	714,07	691,07	595,03

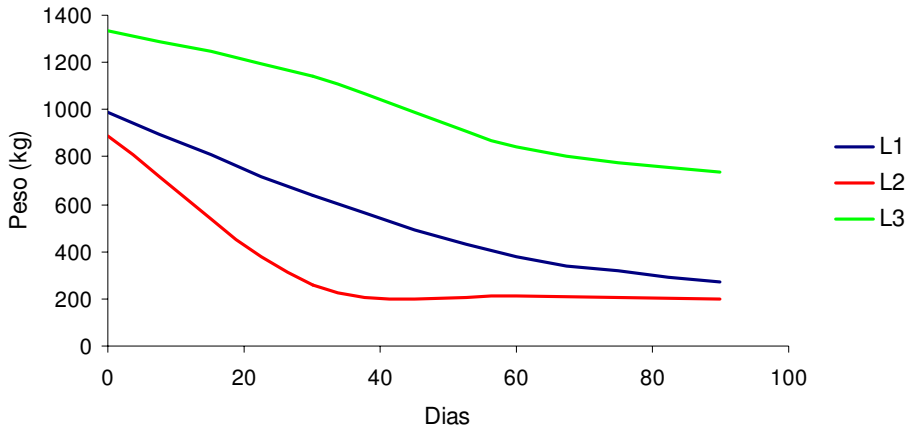


Figura 14 – Redução de peso (matéria natural) das leiras durante a compostagem, em kg

Durante a compostagem de dejetos de gado de corte confinados, por 110 dias, EGHBALL *et al.* (1997) observaram perda de massa de 20% em relação a inicial. Já COSTA (2005) compostando o mesmo tipo de dejetos encontrou uma redução de massa variando de 40,5 a 44,5%, perdas inferiores às encontrados neste trabalho.

FLYNN & WOOD (1996), avaliando o processo de compostagem de diversos materiais orgânicos, observaram redução de 77% em leiras montadas com palha de trigo e cama de frango de cepilho de madeira.

3.3.3. Coliformes totais e fecais

Os números mais prováveis de coliformes totais e fecais (Tabela 09) nos materiais orgânicos, no início do processo de compostagem, alcançaram valores que representam um alto risco de poluição se dispostos no meio ambiente sem tratamento.

A eliminação total dos coliformes, tanto fecais quanto totais, evidencia a importância e eficiência do processo de compostagem na redução de microrganismos indicadores de poluição fecal. Esta eficiência pode ser atribuída à elevação da temperatura durante o processo, com temperatura máxima média, entre os tratamentos, de 63,9°C. Nos tratamentos em que houve equilíbrio da relação C/N (L_1 e L_3), a temperatura permaneceu durante mais de 30 dias na faixa termofílica enquanto o tratamento utilizando somente dejeto (L_2) a temperatura permaneceu por 15 dias na mesma faixa.

Tabela 09 - Números mais prováveis (por grama de material) de coliformes totais e fecais durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (Leira 01 e 03 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (Leira 02)

Semana	L_1		L_2		L_3	
	Coliformes		Coliformes		Coliformes	
	Totais	Fecais	Totais	Fecais	Totais	Fecais
0	$1,1 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$2,9 \times 10^{11}$	$2,9 \times 10^{11}$	$1,5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$
1ª	$1,5 \times 10^3$	$7,5 \times 10^2$	0	0	$7,3 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$
2ª	0	0	0	0	0	0
3ª	0	0	0	0	9,4 x 10	9,4 x 10
4ª	0	0	0	0	0	0
5ª	0	0	0	0	0	0
Redução (%)	100	100	100	100	100	100

No tratamento L_1 a eliminação dos coliformes totais e fecais foi observado a partir da 3ª semana de compostagem, após suportarem médias de temperaturas de 63,2°C, enquanto no tratamento L_2 após 7 dias de temperaturas médias de 52,8°C. No tratamento L_3 os coliformes foram efetivamente eliminados após 27 dias de compostagem sob temperaturas medias de 55,5°C.

Sabe-se que a *Escherichia coli* é o agente patogênico que melhor representa contaminação fecal por ser uma bactéria restrita ao trato intestinal de animais de sangue quente. Por outro lado, a *Escherichia coli* representa um grupo muito susceptível à temperaturas superiores à 55°C, por este motivo é recomendado que durante o processo de compostagem a temperatura permaneça superior a tal limite por pelo menos três dias**.**

TIQUIA *et al*. (2002) estudando a população microbiológica e seu comportamento dos dejetos de galinhas durante o processo de compostagem com adição de resíduos de jardinagem, observou a eliminação de 100% dos coliformes fecais no 49º dia de experimento. ORRICO JR (2005) demonstrou os benefícios causados pela fase termofílica da compostagem na eliminação de coliformes totais e fecais em 80 dias em leiras constituídas por resíduos de aves mortas e cama de frango, construídas no período de inverno.

3.3.4. Conteúdos de ST, SV, C, N, MOC e MORC

Estudando as quantidades de ST em kg nas leiras de compostagem desde o início do processo e a cada 30 dias, tendo fim aos 90 dias, observou-se uma redução de 46,2% no tratamento L_1, 45,6% no tratamento L_2 e 28,6% no tratamento L_3 (Tabela 10). Pode-se perceber que no decorrer do processo houve redução da quantidade de ST na leira, pois os materiais mais facilmente degradáveis contribuíram intensamente para tal situação durante as primeiras fases da compostagem, já os materiais mais resistentes, como celulose e lignina, foram se degradando lentamente até o fim do processo (Figura 15).

Outros fatores observados foram MOC e MORC, os quais demonstraram claramente a redução, em todos os tratamentos, de materiais compostáveis conforme se degradavam, aumentando gradualmente o teor de materiais resistentes à compostagem. SANTOS (2000) também obteve redução de MOC e aumento de MORC

durante compostagem de cama de frango. Além disso, observou-se diminuição na concentração de C e N em relação à composição inicial.

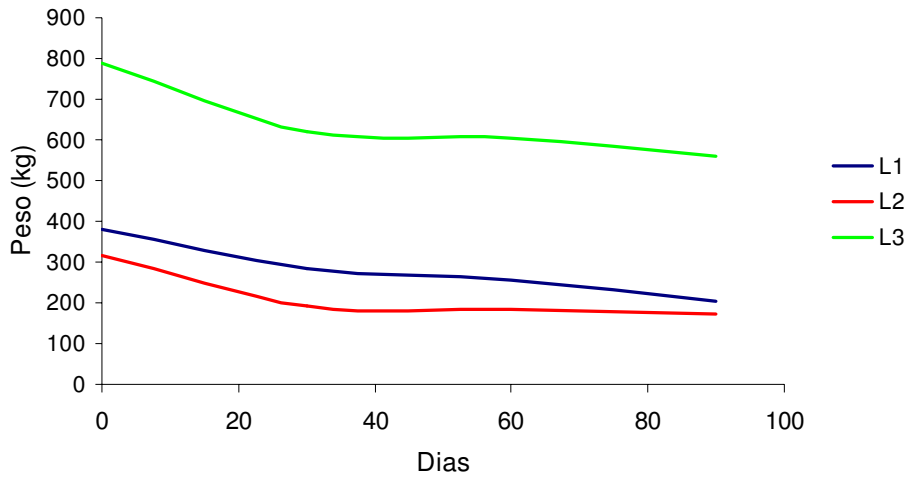


Figura 15 – Redução de peso (matéria seca) das leiras durante a compostagem, em kg

Na Tabela 10 estão apresentadas as concentrações de C e N em cada tratamento, a cada 30 dias de processo (0, 30, 60 e 90 dias), além da redução total dos elementos em cada tratamento. No tratamento L_1 houve menor redução de C, 14,8%, sendo que nos tratamento L_2 e L_3, a redução foi de 87,7 e 71,0%, respectivamente. Essas perdas são observadas, pois os microrganismos utilizam esse elemento como fonte de energia, sendo parte incorporada ao protoplasma e outra parte eliminada como gás carbônico (SANTOS, 2000).

MONDINI *et al*. (1996) estudaram a compostagem de cama de frango de serragem de madeira e observaram uma redução de C de 82,9% ao final do experimento, caso semelhante ao encontrado neste trabalho nos tratamentos (L_1 e L_3) em que se utilizou fontes de carbono (serragem e bagaço de cana-de-açúcar). COSTA (2005) compostando dejetos de bovinos criados em confinamento obteve redução superiores a 50% de C ao final do processo de compostagem.

Tabela 10 - Quantidades (kg) (médias) e porcentagem (%) de ST, concentrações de MOC, MORC, C e N (%) durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional com adição de serragem e bagaço de cana de açúcar (Leira 01 e 03 respectivamente) e somente dejeto de sistema automatizado (Leira 02)

				Redução ST	MOC	MORC	C	N
Tratamento	Período	ST (%)	ST (kg)			(%)		
	Início	38,42	379,19		40,92	32,14	22,73	3,65
	30 dias	44,67	283,51	25,20	35,61	32,49	19,79	1,49
	60 dias	67,50	255,14	10,00	33,13	41,70	18,41	1,59
	90 dias	74,69	203,86	20,10	34,86	38,31	19,37	1,62
L_1	Redução Total		175,33 kg	46,20%			14,22 b	55,33 a
	Início	35,38	314,05		31,56	36,89	17,53	5,32
	30 dias	74,78	192,14	38,80	16,99	36,25	9,44	3,51
	60 dias	86,44	185,43	3,50	8,21	42,83	4,56	2,60
	90 dias	86,95	170,87	7,90	3,88	42,41	2,16	2,56
L_2	Redução Total		143,18kg	45,59%			88,00 a	51,45 a
	Início	58,99	786,18		20,22	40,70	11,23	3,05
	30 dias	54,55	621,62	20,90	11,84	32,32	6,58	2,40
	60 dias	71,97	604,36	2,80	10,06	31,66	5,59	2,11
	90 dias	76,14	561,64	7,10	5,86	35,41	3,26	2,34
L_3	Redução Total		224,53kg	28,56%			71,72 a	23,40 b
P							< 0,0001	< 0,0001
CV(%)							11,39	66,68

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05);

As reduções de N foram maiores para os tratamentos que utilizaram dejetos frescos, ou seja, de sistemas de produção automatizado, 55,5% no tratamento L_1 e 51,9% no tratamento L_2, enquanto a redução de N no tratamento L_3 foi de 23,5%.

A perda de N ocorre em leiras de compostagem devido a baixa relação C/N dos materiais utilizados, altas temperaturas e umidade média de 55%, facilitando a volatilização na forma de amônia. PROCHNOW *et al.* (1995) estudando a perda de N por amônia durante a compostagem de esterco, observaram que tal perda ocorre intensivamente nos primeiros 35 dias de compostagem numa porção de 51% do N total inicial. MONDINI et al. (1996) compostaram cama de frango de serragem de madeira e observaram uma diminuição de N de 56,1% em relação a inicial.

As reduções de C e N, durante o processo de compostagem, podem ser expressas em massa (kg). No tratamento L_1 a redução de C e N foi de 46,70kg e 10,54kg, respectivamente para os dois elementos. O tratamento L_2 teve redução total de 51,36kg de C e 12,33kg de N e o tratamento L_3 de 69,98kg de C e 10,84kg de N (MS).

3.3.5. Teores de macro e micronutrientes

A Tabela 11 apresenta as concentrações dos nutrientes das leiras de compostagem de cada tratamento e ao fim da experimentação.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 11 observa-se que os teores de nutrientes sofreram variações. Os elementos N e C são os principais utilizados no processo de compostagem no metabolismo dos microrganismos e os mais voláteis dentre os elementos químicos, portanto os mais reduzidos quando comparados com os demais elementos analisados.

Notou-se que mesmo tendo sido demonstrado incremento de alguns nutrientes durante a compostagem na Tabela 11, quando calculados em massa (kg), ocorreu redução em alguns elementos analisados. Tal situação ocorreu devido à redução dos ST (Tabela 10) nos tratamentos, principalmente pelo consumo de C e N no processo, o que concentrou os demais elementos fazendo com que estes demonstrassem incrementos quando calculados percentualmente.

No tratamento L_1 o total de P encontrado (kg) foi de 4,21kg no início do processo, enquanto que no final da compostagem foi encontrado total de 5,61kg de P. No tratamento L_2 foi encontrado 5,09kg de P no início e 4,53kg de P no final do experimento, já no tratamento L_3 o total de P foi de 17,61kg e 17,36kg de P, no início e no final da compostagem. Deve-se ressaltar que não houve aumento na quantidade de nutrientes nos tratamentos L_1, L_2 e L_3 e sim concentração. Quanto ao aumento ocorrido na quantidade de P no tratamento L_1, o mesmo pode estar associado à dificuldade de amostragem em pilhas de compostagem.

Tabela 11 - Teores de P, K, Ca, Mg, Na (g/100g MS) e Fe, Mn eZn (mg/100g MS) dos materiais nos períodos inicial e final e redução ou incremento (%) dos nutrientes durante a compostagem

	Nutriente	Período	L_1	L_2	L_3
g/ 100g (MS)	Fósforo (P)	Inicial	1,11	1,62	2,24
		Final	1,48	2,65	3,09
		Incremento (%)	33,96 c	64,09 a	38,07 b
		P		< 0,0001	
		CV (%)		2,86	
	Potássio (K)	Inicial	1,78	2,68	3,19
		Final	2,18	4,54	4,67
		Incremento (%)	22,03 b	69,27 a	46,27 ab
		P		0,0117	
		CV (%)		27,89	
	Cálcio (Ca)	Inicial	7,81	14,77	17,91
		Final	10,4	27,25	25,42
		Incremento (%)	33,68 b	84,57 a	41,54 b
		P		0,0048	
		CV (%)		23,19	
	Magnésio (Mg)	Inicial	0,27	0,61	0,85
		Final	0,46	0,76	0,97
		Incremento (%)	69,13 a	24,09 b	13,95 b
		P		< 0,0001	
		CV (%)		17,31	
	Sódio (Na)	Inicial	0,31	0,42	0,56
		Final	0,53	0,63	0,87
		Incremento (%)	75,16 a	48,88 a	56,86 a
		P		0,0722	
		CV (%)		18,87	
mg / 100g (MS)	Ferro (Fe)	Inicial	154,51	89,66	383,72
		Final	169,11	155,09	467,03
		Redução (%)	9,43 c	73,16 a	21,62 b
		P		< 0,0001	
		CV (%)		10,74	
	Manganês (Mn)	Inicial	25,29	33,98	43,57
		Final	29,38	50,01	57,89
		Redução (%)	16,19 c	47,12 a	32,85 b
		P		< 0,0001	
		CV (%)		11,09	
	Zinco (Zn)	Inicial	43,35	42,54	44,34
		Final	57,26	56,61	57,92
		Incremento (%)	32,35 a	33,19 a	30,69 a
		P		0,8266	
		CV (%)		15,53	

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05);

SANTOS (2000) observou um aumento nos teores desses nutrientes, encontrou 1,87%, 2,81% e 3,23% de P ao final do processo de compostagem de camas de frango de serragem de pinus, de casca de arroz e de amendoim, respectivamente. Os teores de Ca encontrados pela mesma autora foram de 3,77, 7,17 e 10,2% nas mesmas camas, como descrito anteriormente.

3.4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho podemos concluir que a compostagem é extremamente eficiente na eliminação de agentes patogênicos presentes nos dejetos de galinhas poedeiras, além de diminuir o volume desses resíduos e ser um processo que pode disponibilizar, através da mineralização, seus nutrientes para as plantas, quando dispostos na agricultura.

Com relação ao acompanhamento do processo de compostagem, pôde-se notar que, quando houve equilíbrio da relação C/N, com adição de serragem e bagaço de cana-de-açúcar, houve maior facilidade no controle e monitoramento das leiras. Mesmo dejetos armazenados por 260 dias sob as gaiolas de criação de galinhas poedeiras, quando compostados com outros materiais fontes de C, sofre todas as etapas do processo de compostagem, resultando num material final rico em macro e micronutrientes.

CAPITULO 4 – BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES BATELADA

4.1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é um fenômeno inevitável e que ocorre diariamente em qualquer que seja a finalidade da exploração, em maior quantidade naquelas intensivas. No âmbito da exploração animal, em particular na avicultura de postura, esses resíduos constituem-se, na sua maioria, em dejetos das galinhas poedeiras.

STEIL (2001) conceituou dejetos de poedeiras como matéria orgânica particulada e dissolvida como polissacarídeos, lipídeos, proteínas, ácidos graxos voláteis, elevado número de componentes inorgânicos, bem como alta concentração de microrganismos patogênicos, variando conforme manejo, nutrição e genética das aves, permanência dos dejetos dentro dos galpões de produção e densidade de alojamento das aves.

À medida que se intensificam as explorações animais aumenta-se a demanda por energia, sendo que, as atuais formas de produção de energia, normalmente constituem-se na utilização de combustíveis fósseis ou sua geração, traz impactos negativos para o meio ambiente e para a população envolvida.

Tal fato se faz importante na avicultura de postura, uma vez que ao se adotar instalações automatizadas, intensificando a produção, a energia é primordial, encarecendo e, muitas vezes, inviabilizando a exploração em médio a longo prazo. Assim, o fluxo de decisão e o planejamento estratégico, ou seja, a proteção ambiental deixou de ser apenas uma questão de produção e passou a ser função gerencial.

Os dejetos de galinhas poedeiras, principalmente quando alojadas sob alta densidade em instalações automatizadas, podem representar potencial de impacto ambiental ou alternativa de geração de energia e de fertilizante.

Várias formas de tratamento e reciclagem dos dejetos são empregadas, e a biodigestão anaeróbia atende, além da necessidade de tratamento desses rejeitos, à necessidade de produção de energia.

A biodigestão anaeróbia é um processo biológico natural realizado em ambiente livre de oxigênio podendo ser usada para tratamento de dejetos sólidos e líquidos (LUCAS JUNIOR & SILVA, 1998).

CAETANO (1991), avaliando quatro ciclos de fermentação, verificou um potencial energético de 0,12m^3 / kg de estrume "in natura" para estrumes de galinhas poedeiras quando submetidos à biodigestão anaeróbia em batelada. Considerando-se que tais dados foram obtidos a partir de dejetos de galinhas alojadas em sistemas convencionais de produção, ou seja, dejetos acumulados sob as gaiolas, e que suas características diferem das de dejetos provenientes de sistemas automatizados, retirados diariamente dos galpões de produção, tem-se a possibilidade de haver diferenças quanto ao potencial energético dos dejetos conforme o sistema de produção em que são criadas as aves.

Com o intuito de esclarecer possíveis diferenças quanto ao potencial energético e a capacidade de tratamento, foram comparados os comportamentos do processo de biodigestão anaeróbia em batelada de biodigestores abastecidos com dejetos provenientes de sistemas convencionais e abastecidos com dejetos provenientes de sistemas automatizados.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Descrição do local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e

Veterinárias/UNESP - Campus de Jaboticabal, o qual está instalado em local cujas coordenadas geográficas são: 21°15'22" S; 48°18'58" W e altitude de 575 metros.

Os dejetos utilizados no processo de biodigestão anaeróbia foram coletados no aviário de postura AVIÁRIO MANTIQUEIRA localizado no município de Itanhandu, Minas Gerais, a uma altitude de 892 metros, 22°17'45" de latitude e 44°56'05" de longitude, onde são criadas 2.800.000 aves.

4.2.2. Definição do Estudo

No presente trabalho foi adotado o estudo do processo de biodigestão anaeróbia em batelada, ou seja, aquele no qual é realizado apenas o abastecimento inicial dos biodigestores, com uma única retirada do material já estabilizado, ou seja, do biofertilizante. Essa escolha se deu pelo fato de que em sistemas de produção convencional de galinhas poedeiras o manejo de dejetos é realizado periodicamente, permanecendo por longos períodos de tempo sob as gaiolas.

Os biodigestores foram abastecidos com água e dejetos de galinhas poedeiras em fase de produção, de mesma idade, recebendo mesmo manejo e criadas em dois sistemas de produção distintos; o sistema de produção automatizado em baterias de gaiolas verticais, ou sistema automatizado, no qual os dejetos foram retirados, com um dia de depositados sob as gaiolas, por esteiras coletoras e o sistema de produção convencional em gaiolas, ou sistema convencional, no qual o dejeto permaneceu por 260 dias armazenado sob as gaiolas de criação.

No total foram abastecidos dez biodigestores em batelada, dos quais cinco para o primeiro tratamento (T_1), substratos a partir de água e dejetos provenientes de galinhas poedeiras criadas em sistema automatizado; e cinco para o segundo tratamento (T_2), substratos a partir de água e dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema convencional.

Observaram-se teores de ST iguais a 30,20% e 89,65% para os dejetos provenientes de galinhas poedeiras criadas em sistema automatizado e galinhas

poedeiras criadas em sistema convencional, respectivamente, dos quais 79,86% e 79,62% eram voláteis. Na Tabela 12 estão apresentadas as quantidades utilizadas de água e dejeto para a obtenção do substrato de cada tratamento.

Os abastecimentos dos biodigestores batelada foram efetuados procurando-se obter substratos com teor de ST em torno de 6%, conforme expressões citadas por LUCAS JR. (1994), utilizando-se 8 litros de substrato por carga, em cada biodigestor. Tais substratos foram homogeneizados em liquidificador industrial misturando dejeto e água (Figuras 16 e 17). A composição química, teores de macro e micronutrientes, dos substratos preparados foi analisada e está apresentada na Tabela 13.



Figura 16 - Preparo das cargas com dejeto e água



Figura 17 - Preparo das cargas para os biodigestores em liquidificador industrial

Tabela 12 - Componentes de cada substrato e teores de sólidos totais e voláteis no abastecimento de biodigestores batelada com dejetos de aves poedeiras criadas em dois sistemas de produção diferentes (T_1 e T_2)

Tratamento	Dejeto (kg)	Água (kg)	ST (%)	ST (kg)	SV (%)	SV (kg)
T_1	1,60	6,40	5,71	0,46	4,56	0,36
T_2	0,25	7,75	2,81	0,22	2,24	0,18

Tabela 13 - Teores de macro e micronutrientes determinados nos substratos preparados para T_1 e T_2

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn
	% da MS (g/100g de MS)						mg/100g de MS		
T_1	0,46	1,32	0,73	2,84	0,21	15,96	74,00	16,63	20,87
T_2	0,40	1,36	1,37	3,46	0,45	16,08	85,02	20,03	21,39

4.2.3. Caracterização dos biodigestores batelada

Os biodigestores batelada estão instalados no Departamento de Engenharia Rural da FCAVJ/Unesp, são biodigestores de bancada descritos por HARDOIM (1999) e SOUZA (2001). Estão instalados dentro de caixas de fibrocimento com 500L de capacidade (Figura 18).



Figura 18 - Caixa de fibrocimento contendo biodigestores

Cada biodigestor de bancada confeccionado com PVC possui volume total de 14 L e volume útil de 10 L, uma única câmara de digestão, com entrada do afluente localizada a 5 cm do fundo e saída do efluente a 10 cm abaixo do nível do substrato, sendo o diâmetro interno de 20 cm, a altura total de 45 cm e a altura útil de 32 cm

(relação diâmetro interno/altura de 0,625). As tubulações de carga e descarga de PVC possuem diâmetro de 4 cm (Figuras 19 e 20).



Figura 19 - Detalhe do biodigestor de bancada (Souza, 2001)

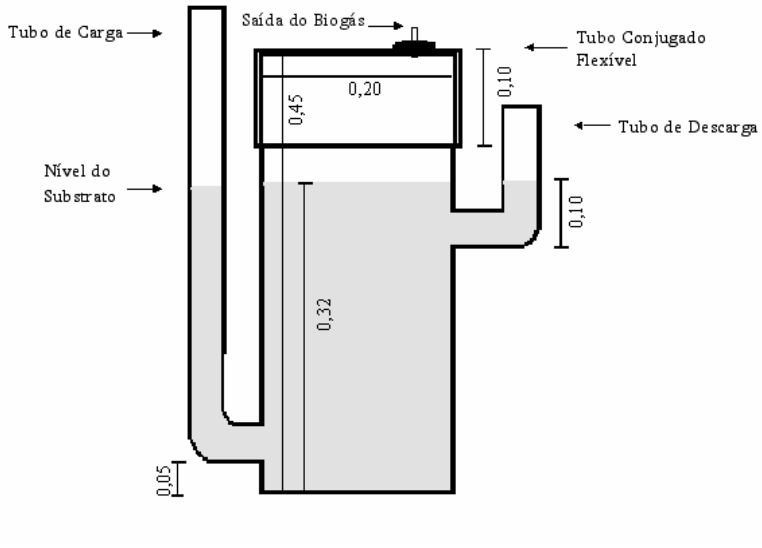


Figura 20 - Corte transversal do biodigestor de bancada

Cada biodigestor possui um gasômetro independente, dimensionado para armazenar 15L de biogás, construído em escala reduzida, cuja finalidade é armazenar e permitir a quantificação do biogás produzido, por meio de escala graduada afixada em sua parte externa. Todos os gasômetros encontram-se imersos em uma caixa de fibrocimento com 1.000L de capacidade contendo aproximadamente 750L de água e uma lâmina de 5 mm de óleo de hidráulico, que permitia manter a estanqueidade do biogás e evitar a absorção do CO_2 produzido (Figura 21).

Durante o processo de biodigestão anaeróbia foi acompanhado e avaliado o potencial dos dejetos, no que se refere à produção de biogás e qualidade do biofertilizante (concentração de nutrientes e características microbiológicas - coliformes totais e fecais).



Figura 21 - Caixa de fibrocimento contendo os gasômetros independentes

4.2.4. Cálculo do potencial de produção de biogás

Foi quantificada a produção de biogás a fim de verificar o potencial energético dos dejetos de aves. Tal quantificação foi feita através da medição do deslocamento vertical do gasômetro. O volume do biogás é determinado pela multiplicação da altura de deslocamento do gasômetro pela área de sua secção transversal interna (0,30887 m^2). Após cada leitura, os gasômetros são esvaziados até atingirem o zero da escala. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20°C, é efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985), onde:

$$\frac{(V_o \times P_o)}{T_o} = \frac{(V_1 \times P_1)}{T_1}$$

V_o = volume de biogás corrigido, m^3;

P_o = pressão corrigida do biogás, 10322,72mm de H_2O;

T_o= temperatura corrigida do biogás, 293,15ºK;

V_1 = volume do gás no gasômetro;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9652,10mm de H_2O;

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

Considerando-se a pressão atmosférica média de Jaboticabal igual a 9641,77mm de H_2O e pressão média conferida pelos gasômetros de 10,33 mm de H_2O, obtém-se como resultado a seguinte expressão, para correção do volume de biogás:

$$Vo = \frac{V_1}{T_1} \times 273{,}84575$$

A quantificação da produção de biogás foi feita com base em dados constantes, num período de 30 dias.

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 estão expressos em m^3 de biogás por kg de substrato, de estrume ou de sólidos totais e voláteis.

4.2.5. Análises laboratoriais para acompanhamento do processo de biodigestão anaeróbia

4.2.5.1. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis

Foram realizadas análises para caracterização física dos afluentes e efluentes dos biodigestores; sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV).

As amostras coletadas foram acondicionadas em recipientes de alumínio previamente tarados e pesados para se obter o peso úmido (P_u) do material, levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante. Foram resfriados e pesados em balança de precisão de 0,01g, obtendo-se o

peso seco (P_s). O teor de sólidos totais (ST) foi determinado segundo metodologia descrita pela APHA (1998).

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, 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 (1998).

4.2.5.2. Digestão e quantificação de minerais

As amostras coletadas foram digeridas, utilizando-se do método da digestão ácida Nitro-Perclórica, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico ($HClO_4$) levados ao bloco digestor, segundo metodologia descrita por APHA (1998).

Com este extrato foi possível determinar-se os teores de P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Mn segundo BATAGLIA *et al*. (1983).

Devido à escolha da digestão Nitro-Perclórica, houve a necessidade de uma digestão exclusiva para a determinação do Nitrogênio, uma vez que na digestão Nitro-Perclórica a utilização do ácido nítrico poderia vir a mascarar o real teor de Nitrogênio nas amostras. Por esse motivo, as mesmas amostras foram novamente digeridas no bloco digestor, em seguida, o nitrogênio foi determinado através da utilização do destilador de micro-Kjeldahl, 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 (2002).

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 será 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 52µg de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA (1991).

As concentrações de K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Mn foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

4.2.5.3. Coliformes Totais e Fecais

A caracterização microbiológica, número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais, foi avaliada a partir da metodologia descrita pela APHA (1995), por meio de tubos múltiplos.

Este exame foi realizado em duas etapas; ensaio presuntivo e confirmativo.

No ensaio presuntivo foi semeado 1,0 mL de 5 diluições da amostra em séries de 3 tubos de caldo lauryl triptose (CLT) simples para cada diluição.

Os tubos foram incubados a 35°C, durante 48 horas. Quando houve produção de gás, transferiu-se cada cultura com resultado presuntivo positivo para caldo lactosado com verde brilhante e bile a 2% (CLVBB), sendo a incubação efetuada também a 35°C, durante 48 horas. Quando, novamente, ocorreu a produção de gás, desta vez a partir da fermentação da lactose neste meio, confirmou-se então a presença de bactérias do grupo coliforme.

As culturas com resultados presuntivos positivos nos ensaios de coliformes totais foram transferidas para tubos contendo meio EC, que foram incubados durante 24 horas a 45,5°C em banho-maria. O resultado foi positivo quando houve produção de gás a partir da fermentação da lactose contida no meio EC.

4.2.6. Delineamento e Análise Estatística

Na avaliação dos resultados obtidos no ensaio de biodigestão anaeróbia a partir dos dejetos provenientes de galinhas poedeiras, adotou-se delineamento inteiramente casualizado, constando-se de dois tratamentos experimentais (T_1, T_2) e cinco repetições (biodigestores) por tratamento (SAS INSTITUTE, 1999-2001).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acompanhamento do desempenho dos biodigestores foi realizado durante 95 dias. Os biodigestores foram abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e convencional (T_2). Serão apresentados os resultados obtidos considerando-se a redução de sólidos nos substratos, a distribuição da produção, o potencial de produção de biogás, a variação dos nutrientes e a redução de microrganismos indesejáveis (coliformes totais e fecais).

4.3.1. Redução de sólidos totais

Os teores médios de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), e a redução dos teores de sólidos voláteis, obtidos com a biodigestão anaeróbia de dejetos de galinhas poedeiras provenientes de sistemas de produção automatizado e convencional, estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Teores médios iniciais de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), e redução de SV nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e sistema de produção convencional (T_2)

	ST				SV				Redução de SV (%)
	%		kg		%		kg		
	afluente	efluente	afluente	efluente	afluente	efluente	afluente	efluente	
T_1	5,77	0,82	0,46	0,07	4,61	0,47	0,37	0,04	89,82
T_2	2,79	0,66	0,22	0,05	2,22	0,39	0,18	0,03	82,00
P									0,1121
CV (%)									8,06

As acentuadas reduções de SV observadas em substratos preparados com dejetos provenientes de sistemas automatizados (média de 89,82%) e sistema convencional (média de 82,00%) de produção de galinhas poedeiras não apresentaram diferenças ($p<0,05$) entre si e demonstram a eficiência da biodigestão anaeróbia na degradação de compostos resistentes como os dejetos armazenados sob as gaiolas durante 260 dias quando houve decomposição de grande parte do carbono presente nos dejetos, principalmente aqueles de fácil degradação.

SANTOS *et al.* (1999) verificaram redução de sólidos totais média de 47,83% e redução de sólidos voláteis média de 46,91%, quando trabalharam com biodigestão anaeróbia de dejetos de galinhas poedeiras criadas sob diferentes temperaturas, dados inferiores de redução de SV aos dos encontrados no presente trabalho. Em biodigestores abastecidos com dejetos de aves de postura, estudados por PRIMIANO (2002), foram encontradas médias de redução de sólidos voláteis de 53,0% quando não utilizou inóculo e de 77,0% utilizando inóculo.

4.3.2. Produção de biogás

De acordo com os resultados obtidos e demonstrados na Figura 22, notaram-se produções superiores de biogás nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) em relação aos

encontrados nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção convencional (T_2). Estes resultados foram encontrados durante todo o processo, visto que no tratamento T_2 o pico de produção se deu no 27º dia de tratamento enquanto no T_1 este pico somente aconteceu aos 33 dias de experimento. Contudo o maior índice de produção de biogás no tratamento T_2 foi de 0,00252m^3, permanecendo por 14 dias uma produção média de 0,00226m^3. Este mesmo índice para o tratamento T_1 alcançou 0,00443m^3, permanecendo em médias de produção de 0,00293m^3 durante 40 dias.

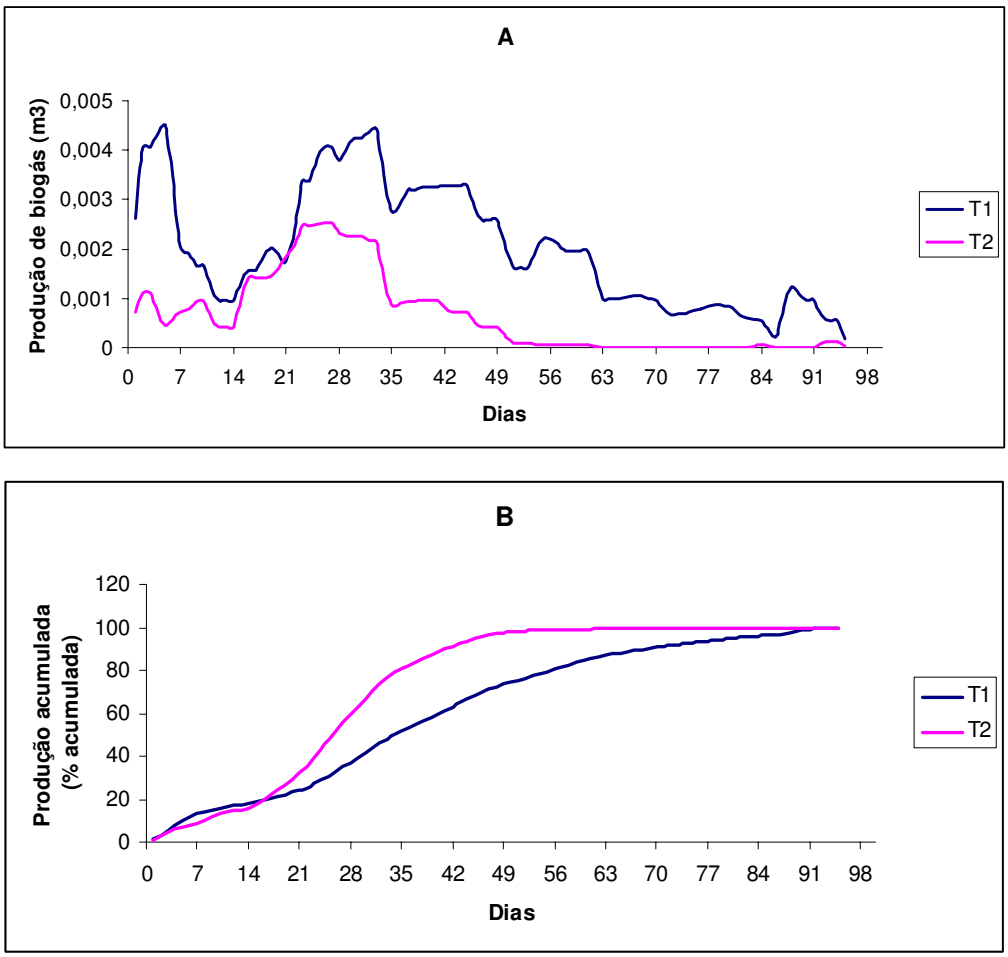


Figura 22 – Distribuição media diária de produção de biogás (A) e porcentagem acumulada do biogás produzido (B), para biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e sistema de produção convencional (T_2)

No tratamento T_1 a produção de biogás se deu durante todo o período do experimento, ou seja, 95 dias, enquanto no tratamento T_2 a produção de biogás foi significativa até os 60 dias de biodigestão anaeróbia, com esporádicas produções até o final do processo. Isso devido às características dos dejetos que compuseram os tratamentos.

Na Tabela 15 encontram-se as porcentagens acumuladas de biogás produzido a cada semana do processo. No tratamento T_1 houve produção intensa durante todo o período de biodigestão anaeróbia, permanecendo numa constante reta ascendente até o fim do experimento.

Tabela 15 - Produções semanais (m^3) e porcentagem acumulada de biogás produzido, para biodigestores batelada abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e sistema de produção convencional (T_2)

Semana	T_1		T_2	
	m^3	%	m^3	%
1	0,025149	13,08	0,005415	8,72
2	0,009363	17,95	0,004507	15,98
3	0,011974	24,17	0,010108	32,25
4	0,024872	37,11	0,016875	59,42
5	0,027620	51,47	0,013382	80,97
6	0,022368	63,11	0,006445	91,35
7	0,020470	73,75	0,003913	97,65
8	0,013207	80,62	0,000681	98,74
9	0,012474	87,11	0,000312	99,25
10	0,007120	90,81	0,000000	99,25
11	0,005204	93,51	0,000000	99,25
12	0,004888	96,06	0,000078	99,37
13	0,005670	99,01	0,000017	99,40
14	0,001913	100,00	0,000374	100,00
Total	0,192292		0,062106	

A acentuada diferença na produção de biogás entre os tratamentos ocorreu devido às características dos dejetos utilizados no abastecimento dos biodigestores. Os dejetos provenientes de sistemas de produção de ovos automatizados, que foram utilizados para o tratamento T_1, apresentam-se frescos com suas características

químicas incólumes, enquanto os dejetos provenientes de sistemas convencionais permaneceram armazenados por longos períodos, sob as gaiolas, até serem retirados e, neste trabalho, utilizados no preparado do substrato do tratamento T_2. Após este período de armazenamento os dejetos perdem água e nutrientes ou por evaporação, ou por degradação do material, consumindo carbono, que é essencial na biodigestão anaeróbia.

4.3.3. Potenciais de produção de biogás

Os potenciais médios de produção de biogás com a biodigestão anaeróbia de dejetos de aves poedeiras, criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e convencional (T_2), são apresentados na Tabela 16, em m^3 de biogás: total acumulado, por kg de dejetos, por kg de substrato, por kg de sólidos totais adicionados, por kg de sólidos voláteis adicionados e por kg de sólidos voláteis reduzidos.

Tabela 16 - Potenciais médios de produção de biogás, para substratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras provenientes de dois sistemas de produção diferentes; automatizado (T_1) e convencional (T_2)

	Total acumulado (m^3)	Potenciais de produção de biogás (m^3 /kg)				
		dejeto	substrato	ST adic	SV adic	SV red
T_1	0,2023	0,1264	0,0253	0,4381	0,5485	0,6115
T_2	0,0629	0,2514	0,0079	0,2829	0,3553	0,4476
P	<0,0001	0,0015	<0,0001	0,0032	0,0034	0,0647
CV (%)	14,46	22,19	14,39	16,43	16,44	22,86

Considerando-se os potenciais de produção de biogás total acumulados, potenciais de produção de biogás e por kg de substrato, observou-se que para os dejetos de galinhas poedeiras ocorreram maiores produções ($p<0,05$) quando se

utilizou substratos preparados a partir de dejetos provenientes de sistemas automatizados (T_1) em relação aos preparados a partir de dejetos de sistemas convencionais (T_2). Entretanto, ao compararem-se potenciais de produção de biogás por kg de dejeto, o tratamento T_2 foi o que apresentou maior potencial ($p<0,05$) de produção de biogás (0,2514 e 0,1264m^3/kg dejeto para T_1 e T_2, respectivamente).

Os substratos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistemas automatizados e convencionais apresentaram diferenças quando se compararam os potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados ($p<0,05$) e por kg de sólidos voláteis adicionados ($p<0,05$). Os potenciais de produção de biogás por kg de SV reduzido não foram diferentes ($p>0,05$) entre os tratamentos.

Vários estudos relacionados à biodigestão anaeróbia de dejetos de galinhas poedeiras são encontrados, contudo poucos especificam o tempo que os dejetos permaneceram armazenados sob as gaiolas. CAETANO (1991) verificou um potencial energético de 0,12m^3/kg de dejeto, 0,01m^3/kg de substrato, 0,28m^3/kg de ST adicionados, 0,42m^3/kg de SV adicionados e 0,52m^3/kg de SV reduzidos quando submeteu dejetos de galinhas poedeiras à biodigestão anaeróbia em biodigestores batelada.

STEIL (2001) encontrou potenciais de produção de biogás em m^3 por kg de ST adicionados, obtidos a partir de resíduos de aves de postura sem a utilização de inóculo, de 0,3828 m^3 kg^{-1} de ST. No mesmo trabalho a autora verificou potencial de produção de biogás de 0,5495 m^3 kg^{-1} de SV adicionado, 0,0243 m^3 kg^{-1} de substrato e 0,9087 m^3 kg^{-1} de SV reduzidos.

SANTOS (2001) realizou experimento de biodigestão anaeróbia em biodigestores batelada de resíduos de cama de frango de pó-de-serra de pinus, os quais apresentaram potenciais de produção de biogás de 0,1418 m^3 a 0,3116 m^3 kg^{-1} de ST adicionados. O potencial de produção de biogás encontrado por PRIMIANO (2002), quando abasteceu biodigestores com dejetos de poedeiras, com e sem inóculo, foi de, respectivamente, 0,019m^3 e 0,024m^3/kg substrato, 0,315m^3 e 0,377m^3/kg ST adicionado, 0,460m^3 e 0,560m^3/kg SV adicionado, 0,590m^3 e 1,060m^3/kg SV reduzido e 0,12m^3 e 0,10m^3/kg de dejeto.

4.3.4. Coliformes totais e fecais

Os números mais prováveis de coliformes totais e fecais (Tabela 17) nos materiais orgânicos, no início do processo de biodigestão anaeróbia, alcançaram valores que representam um alto risco de poluição se dispostos no meio ambiente sem tratamento.

Tabela 17 - Números mais prováveis (por grama de material) de coliformes totais e fecais durante a biodigestão anaeróbia de dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (T_1) e convencional (T_2)

Semana	T_1		T_2	
	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Coliformes Fecais
0	$7,5 \times 10^{14}$	$7,5 \times 10^{14}$	$1,5 \times 10^{6}$	$1,5 \times 10^{6}$
1ª	$2,0 \times 10^{14}$	$2,0 \times 10^{14}$	$9,1 \times 10^{15}$	$9,1 \times 10^{15}$
2ª	$1,5 \times 10^{12}$	$1,5 \times 10^{12}$	$1,1 \times 10^{17}$	$2,1 \times 10^{16}$
3ª	$7,2 \times 10^{11}$	$7,2 \times 10^{11}$	$7,2 \times 10^{20}$	$7,2 \times 10^{20}$
4ª	$3,0 \times 10^{11}$	$3,0 \times 10^{11}$	$5,3 \times 10^{18}$	$4,4 \times 10^{18}$
5ª	$4,3 \times 10^{7}$	$4,3 \times 10^{7}$	$1,5 \times 10^{12}$	$7,2 \times 10^{11}$
6ª	$7,2 \times 10^{7}$	$7,2 \times 10^{7}$	$2,7 \times 10^{12}$	$2,7 \times 10^{12}$
7ª	$4,6 \times 10^{7}$	$4,3 \times 10^{5}$	$3,6 \times 10^{10}$	$3,6 \times 10^{10}$
8ª	$2,3 \times 10^{5}$	$2,3 \times 10^{5}$	$7,5 \times 10^{10}$	$7,5 \times 10^{10}$
9ª	$1,1 \times 10^{6}$	$2,0 \times 10^{4}$	$2,0 \times 10^{12}$	$2,0 \times 10^{12}$
10ª	$2,3 \times 10^{5}$	$9,1 \times 10^{4}$	$4,3 \times 10^{7}$	$4,3 \times 10^{7}$
11ª	$1,5 \times 10^{3}$	$7,5 \times 10^{2}$	$2,3 \times 10^{5}$	$2,3 \times 10^{5}$
12ª	0	0	$1,5 \times 10^{3}$	$7,5 \times 10^{2}$
13ª	0	0	0	0
14ª	0	0	0	0
Redução (%)	100	100	100	100

No tratamento T_1 observou-se uma redução linear progressiva dos coliformes totais e fecais durante o processo de digestão anaeróbia, alcançando a total eliminação de tal grupo de bactérias somente na 11ª semana de experimento.

No tratamento T_2 os números mais prováveis de coliformes totais e fecais eram menores que no T_1, porém houve um aumento desse número logo após o inicio do processo. O T_2 foi realizado abastecendo biodigestores com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema convencional de produção, no qual os dejetos permaneceram armazenados por 260 dias sob as gaiolas. Durante o período de armazenamento o material se manteve estagnado sofrendo influências climáticas e ataques de algumas espécies animais, acarretando em perda de água e de outros nutrientes. Conseqüentemente quando se iniciou o processo de biodigestão anaeróbia desses dejetos, o meio proporcionou condições para o aumento da atividade dos microrganismos ali presentes, aumentando o número mais provável (NMP) de bactérias do grupo dos coliformes. A partir da 5ª semana iniciou-se queda até sua total eliminação na 12ª semana de experimento. Deve-se ressaltar que com os dejetos frescos a etapa inicial do processo hidrólise ocorre mais intensa devido a presença de compostos de mais fácil degradação gerando maior quantidade de ácidos, o que contribui para a maior redução no número de coliformes.

STEIL (2001) observou reduções de coliformes totais e fecais acima de 99,98% quando realizou biodigestão anaeróbia de dejetos de aves poedeiras com e sem inoculo, o que não interferiu nos resultados. AMARAL *et a*l. (2000) verificaram redução de NMP em dejetos de aves de postura quando submetidos à biodigestão anaeróbia em batelada utilizando ou não inóculo. Nos biodigestores que não se utilizaram inoculo a redução foi de 81,4% para coliformes totais e 96,4% para coliformes fecais aos sete dias de biodigestão anaeróbia. Os experimentos que utilizaram tempo de retenção hidráulica (TRH) acima de quatorze dias tiveram reduções superiores a 99,5% de NMP.

4.3.5. Nutrientes no afluente e efluente

A Tabela 18 apresenta os resultados referentes à caracterização do afluente e efluente dos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_1) e convencional (T_2) e a redução ocasionada pelo processo de cada nutriente.

Os valores apresentados na Tabela 18 refletem a importância do processo de biodigestão anaeróbia no que se refere à concentração dos nutrientes no efluente quando comparados com o afluente, diminuindo a quantidade de resíduo mineral.

As reduções das quantidades de N e K foram maiores ($p<0,05$) no tratamento T_2 (47,13% e 66,14%) em comparação ao tratamento T_1 (9,20% e 16,35%), enquanto as reduções de P, Ca, Mg e Na não tiveram diferenças entre os tratamentos.

As reduções das quantidades de Fe e Mn foram maiores também no tratamento T_2 (83,64% e 44,64%) em comparação ao tratamento T_1 (74,18% e 33,81%).

A redução da concentração dos nutrientes se deve ao tempo de retenção no qual os dejetos permaneceram dentro dos biodigestores. No entanto é de se esperar um aumento na concentração desses nutrientes, devido à elevada redução de SV encontrada em ambos os tratamentos, e não uma redução.

PRIMIANO (2002) encontrou valores médios de 0,02 e 0,02mg/L de Zn e Mn em efluente de biodigestores abastecidos com dejetos da avicultura de postura sem a utilização de inóculo e 0,01 e 0,01mg/L de Zn e Mn quando utilizando inóculo.

Tabela 18 – Quantidades (g/ gramas de ST) de N, P, K, Ca, Mg, Na e de Fe, Mn, Zn (mg/ 100 gramas de ST) e respectivas reduções (%) durante a biodigestão anaeróbia, em substratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (T_1) e convencional (T_2)

Nutriente		Período	T_1	T_2
g/100 gramas de ST	Nitrogênio (N)	Inicial	0,46	0,4
		Final	0,42	0,21
		Redução (%)	*9,2*	*47,13*
		CV (%)	22,51	
		F	89,47**	
	Fósforo (P)	Inicial	1,32	1,35
		Final	0,22	0,03
		Redução (%)	*83,33*	*97,87*
		CV (%)	20,62	
		F	$1,52^{NS}$	
	Potássio (K)	Inicial	0,71	1,36
		Final	0,6	0,45
		Redução (%)	*16,35*	*66,14*
		CV (%)	19,04	
		F	100,49**	
	Cálcio (Ca)	Inicial	2,84	3,38
		Final	0,66	0,68
		Redução (%)	*76,39*	*79,47*
		CV (%)	6,74	
		F	$0,86^{NS}$	
	Magnésio (Mg)	Inicial	0,21	0,47
		Final	0,12	0,21
		Redução (%)	*44,58*	*55,09*
		CV (%)	25,61	
		F	$1,7^{NS}$	
	Sódio (Na)	Inicial	15,7	16,01
		Final	0,35	0,63
		Redução (%)	*97,74*	*96,07*
		CV (%)	0,36	
		F	65,75**	
mg/100gramas de ST	Ferro (Fe)	Inicial	73,81	85,21
		Final	19,06	13,95
		Redução (%)	*74,18*	*83,64*
		CV (%)	3,57	
		F	28,15**	
	Manganês (Mn)	Inicial	16,68	20,18
		Final	11,03	11,16
		Redução (%)	*33,81*	*44,64*
		CV (%)	9,28	
		F	22,15**	
	Zinco (Zn)	Inicial	20,26	21,39
		Final	11,77	11,14
		Redução (%)	*41,4*	*47,96*
		CV (%)	21,80	
		F	$1,13^{NS}$	

NS: não significativo ** : P<0,01

ORRICO JR (2005) trabalhando com biodigestão anaeróbia de cama de frango durante as estações de inverno e verão, observou valores médios de 2,29, 1,28, 18,33, 8,00, 4,74 e 2,21g/ 100g de N, P, K, Ca, Mg e Na no efluente dos biodigestores abastecidos no verão e 1,49, 1,88, 53,87, 1,30, 1,11 1 7,83 de N, P, K, Ca, Mg e Na no efluente de biodigestores abastecidos no inverno. O autor explica que os valores apresentaram-se mais altos que os esperados devido à presença de bicos, ossos e penas na cama de frango. Caso semelhante pode ocorrer com dejetos de galinhas poedeiras uma vez que as penas, ovos quebrados e cascas de ovos que caem das aves permanecem no mesmo local que os dejetos, aumentando o teor de alguns nutrientes nos dejetos, como, por exemplo, o Ca.

PRIMIANO (2002) encontrou valores médios de 0,02 e 0,02mg/L de Zn e Mn em efluente de biodigestores abastecidos com dejetos da avicultura de postura sem a utilização de inóculo e 0,01 e 0,01mg/L de Zn e Mn quando utilizou inóculo.

4.4. CONCLUSÕES

A biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura em biodigestores bateladas foi eficiente na reciclagem dos mesmos, gerando biogás e biofertilizante.

Houve grandes reduções de ST e SV nos tratamentos utilizando-se dejetos frescos e armazenados, assim como eliminação total de coliformes durante o processo, fatores importantes ambientalmente para as características do biofertilizante.

Conclui-se que mesmo em resíduos com alta concentração de ST a biodigestão anaeróbia apresenta possibilidade real de se tornar alternativa promissora de tratamento para esses tipos de resíduos.

CAPITULO 5 – BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADO E CONVENCIONAL: BIODIGESTORES CONTINUOS

5.1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento nos diferentes setores voltados à exploração animal absorve as novas tendências do crescimento econômico e industrial, utilizando-se de avanços tecnológicos na área zootécnica, como melhoria genética, nutricional e de produção.

O manejo de dejetos merece destaque atualmente como uma preocupação a mais aos produtores, seja qual for a finalidade de sua exploração, pois, além dos prejuízos ambientais causados pela disposição indiscriminada e sem tratamento dos dejetos no meio ambiente, o mercado consumidor passa a exigir produtos oriundos de sistemas não poluidores do ambiente, exercendo pressão para a reciclagem desses resíduos.

Por esse motivo programas e políticas são elaborados para a proteção do meio ambiente e conservação dos recursos (SILVA, 2003), podendo inviabilizar, em médio e longo prazo, a atividade pecuária empresarial baseada em sistemas confinados (SEGANFREDO, 2000).

Muitas são as formas indicadas para o tratamento e reciclagem de dejetos, sendo que a biodigestão anaeróbia, que é um processo biológico natural realizado em ambiente livre de oxigênio podendo ser usada para tratamento de dejetos sólidos e líquidos (LUCAS JUNIOR & SILVA, 1998), pode ser uma alternativa que atende às exigências ambientais sem elevar demasiadamente os custos aos produtores.

CAETANO (1991), avaliando quatro ciclos de fermentação, verificou um potencial energético de 0,11m^3 / kg de estrume “in natura” para estrumes de galinhas poedeiras quando submetidos à biodigestão anaeróbia em sistema contínuo. Considerando-se que tais dados foram obtidos a partir de dejetos de galinhas alojadas em sistemas

convencionais de produção, ou seja, dejetos acumulados sob as gaiolas, e que suas características diferem das de dejetos provenientes de sistemas automatizados, retirados diariamente dos galpões de produção, tem-se a possibilidade de haver diferenças quanto ao potencial energético dos dejetos conforme o sistema de produção em que são criadas as aves.

A elevada produção de dejetos dentro do setor de produção de ovos em crescente expansão e automatização de seus processos produtivos é elemento fundamental para o desenvolvimento de pesquisas que atendam todas as necessidades de tratamento e reciclagem desses dejetos sem elevar demasiadamente os custos aos produtores.

Com este intuito neste trabalho foi desenvolvido o processo de biodigestão anaeróbia em sistema contínuo utilizando-se dejetos provenientes de sistemas convencionais e sistemas automatizados de produção de ovos, comparando-se o potencial de produção de biogás dos dejetos, avaliando o desempenho dos biodigestores e comparando os dejetos quanto ao potencial de produção de biogás.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Descrição do local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP- Campus de Jaboticabal, o qual está instalado em local cujas coordenadas geográficas são: 21°15'22" S; 48°18'58" W e altitude de 575 metros.

Os dejetos utilizados no processo de biodigestão anaeróbia foram coletados no aviário de postura AVIÁRIO MANTIQUEIRA localizado no município de Itanhandu, Minas Gerais, a uma altitude de 892 metros, 22°17’45” de latitude e 44°56’05” de longitude, onde são criadas 2.800.000 aves.

5.2.2. Definição do Estudo

Neste trabalho elegeu-se o estudo do processo de biodigestão anaeróbia em sistema contínuo, ou seja, aquele no qual são realizados abastecimentos periódicos dos biodigestores, neste caso diários, com retirada do material já estabilizado, ou seja, do biofertilizante, na mesma freqüência do abastecimento.

Os biodigestores foram abastecidos com água e dejetos de galinhas poedeiras em fase de produção, de mesma idade, recebendo mesmo manejo e criadas em dois sistemas de produção distintos; o sistema de produção automatizado em baterias de gaiolas verticais, ou sistema automatizado, no qual os dejetos foram retirados, com um dia de depositados sob as gaiolas, por esteiras coletoras e o sistema de produção convencional em gaiolas, ou sistema convencional, no qual o dejeto permaneceu por 260 dias armazenado sob as gaiolas de criação.

A escolha do estudo do método contínuo de biodigestão anaeróbia se deu pelo fato de que em sistemas automatizados o manejo dos dejetos é realizado diariamente, necessitando destino e tratamento constantes.

No total foram abastecidos dez biodigestores contínuos, dos quais cinco para o tratamento (T_A), substratos a partir de água e dejetos provenientes de galinhas poedeiras criadas em sistema automatizado; e cinco para o tratamento (T_B), substratos a partir de água e dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema convencional.

Observou-se teores de ST iguais a 4,74% e 4,42% para os substratos do T_A e T_B, respectivamente, dos quais 76,78% e 66,89% eram voláteis. Na Tabela 19 estão apresentadas as quantidades médias utilizadas de água e dejeto para a obtenção dos substratos de cada tratamento.

Os abastecimentos dos biodigestores contínuos foram efetuados procurando-se obter substratos com teor de ST em torno de 6% (LUCAS JR. 1994) e tempo de retenção hidráulica (TRH) de 20 dias. LUCAS JR & SANTOS (1998) avaliaram o desempenho de biodigestores em sistema contínuo abastecidos de dejetos de galinhas

poedeiras e água, sob quatro TRH (20, 25, 30, 40 dias), concluindo que em TRH entre 20 e 25 dias houve maiores produções volumétricas de biogás. Com base nesses argumentos definiu-se o TRH para o presente trabalho.

Os teores médios de macro e micronutrientes, dos substratos preparados foram analisados e estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 19 - Componentes de cada substrato e teores de sólidos totais e voláteis no abastecimento de biodigestores batelada com dejetos de aves poedeiras criadas em dois sistemas de produção diferentes (T_A e T_B)

Tratamento	Dejeto (kg)	Água (kg)	ST (%)	ST (kg)	SV (%)	SV (kg)
T_A	0,07	0,33	4,74	0,02	3,64	0,01
T_B	0,02	0,38	4,42	0,02	2,96	0,01

Tabela 20 - Teores médios de macro e micronutrientes determinados nos substratos preparados para T_A e T_B

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn
	% da MS (g/100g de MS)						mg/100g de MS		
T_A	0,42	1,38	1,26	2,73	0,74	0,29	45,58	16,11	18,99
T_B	0,18	1,01	2,34	3,21	1,00	0,40	79,37	24,91	24,58

5.2.3. Caracterização dos biodigestores contínuos

Os biodigestores contínuos estão instalados no Departamento de Engenharia Rural da FCAVJ/Unesp, são biodigestores de bancada descritos por HARDOIM (1999) e SOUZA (2001). Estão instalados dentro de caixas de fibrocimento com 500 L de capacidade (Figura 20).

Cada biodigestor de bancada confeccionado com PVC possui volume total de 14 L e volume útil de 10 L, uma única câmara de digestão, com entrada do afluente localizada a 5 cm do fundo e saída do efluente a 10 cm abaixo do nível do substrato, sendo o diâmetro interno de 20 cm, a altura total de 45 cm e a altura útil de 32 cm

(relação diâmetro interno/altura de 0,625). As tubulações de carga e descarga de PVC possuem diâmetro de 4 cm (Figuras 19 e 20).

Cada biodigestor possui um gasômetro independente, dimensionado para armazenar 15L de biogás, construído em escala reduzida, cuja finalidade é armazenar e permitir a quantificação do biogás produzido, por meio de escala graduada afixada em sua parte externa. Todos os gasômetros encontram-se imersos em uma caixa de fibrocimento com 1.000L de capacidade contendo aproximadamente 750L de água e uma lâmina de 5 mm de óleo de hidráulico, que permitia manter a estanqueidade do biogás e evitar a absorção do CO_2 produzido (Figura 21).

Durante o processo de biodigestão anaeróbia foi acompanhado e avaliado o potencial dos dejetos, no que se refere à produção de biogás e qualidade do biofertilizante (concentração de nutrientes e características microbiológicas - coliformes totais e fecais).

5.2.4. Cálculo do potencial de produção de biogás

Foi quantificada a produção de biogás a fim de verificar o potencial energético dos dejetos de aves. Tal quantificação foi feita através da medição do deslocamento vertical do gasômetro diariamente. O volume do biogás é determinado pela multiplicação da altura de deslocamento do gasômetro pela área de sua secção transversal interna (0,30887 m^2). Após cada leitura, os gasômetros são esvaziados até atingirem o zero da escala. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20^oC, é efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985), onde:

$$\frac{(V_o \times P_o)}{T_o} = \frac{(V_1 \times P_1)}{T_1}$$

V_o = volume de biogás corrigido, m^3;

P_o = pressão corrigida do biogás, 10322,72mm de H_2O;

T_o= temperatura corrigida do biogás, 293,15ºK;

V_1 = volume do gás no gasômetro;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9652,10mm de H_2O;

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

Considerando-se a pressão atmosférica média de Jaboticabal igual a 9641,77mm de H_2O e pressão média conferida pelos gasômetros de 10,33 mm de H_2O, obtém-se como resultado a seguinte expressão, para correção do volume de biogás:

$$Vo = \frac{V_1}{T_1} \times 273{,}84575$$

A quantificação da produção de biogás foi feita com base em dados constantes, num período de 30 dias.

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 estão expressos em m^3 de biogás por kg de substrato, de estrume ou de sólidos totais e voláteis.

5.2.5. Análises laboratoriais para acompanhamento do processo de biodigestão anaeróbia

5.2.5.1. Teores de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis

Foram realizadas análises para caracterização física dos afluentes e efluentes dos biodigestores; sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV).

As amostras coletadas foram acondicionadas em recipientes de alumínio previamente tarados e pesados para se obter o peso úmido (Pu) do material, levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante. Foram resfriados e pesados em balança de precisão de 0,01g, obtendo-se o peso seco (Ps). O teor de sólidos totais (ST) foi determinado segundo metodologia descrita pela APHA (1998).

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, 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 (1998).

5.2.5.2. Digestão e quantificação de minerais

As amostras coletadas foram digeridas, utilizando-se do método da digestão ácida Nitro-Perclórica, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico ($HClO_4$) levados ao bloco digestor, segundo metodologia descrita por APHA (1998).

Com este extrato foi possível determinar-se os teores de P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Mn segundo BATAGLIA *et al*. (1983).

Devido à escolha da digestão Nitro-Perclórica, houve a necessidade de uma digestão exclusiva para a determinação do nitrogênio, uma vez que na digestão Nitro-Perclórica a utilização do ácido nítrico poderia vir a mascarar o real teor de Nitrogênio nas amostras. Por esse motivo, amostras foram digeridas no bloco digestor, em seguida, o nitrogênio foi determinado através da utilização do destilador de micro-Kjeldahl, 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 (2002).

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 foram 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 52µg de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA (1991).

As concentrações de K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn e Mn foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

5.2.6.Delineamento e Análise Estatística

Na avaliação dos resultados obtidos no ensaio de biodigestão anaeróbia a partir dos dejetos provenientes de galinhas poedeiras, adotou-se delineamento inteiramente casualizado, constando de dois tratamentos experimentais (T_A, T_B), sendo cinco repetições (biodigestores) por tratamento (SAS INSTITUTE, 1999-2001).

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acompanhamento do desempenho dos biodigestores foi realizado durante 193 dias de experimento, sendo 96 dias de abastecimento diário com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e convencional (T_B). Estão apresentados os resultados obtidos considerando-se a redução de sólidos nos substratos, a distribuição da produção, o potencial de produção de biogás e a variação dos nutrientes.

5.3.1. Redução de sólidos totais

Os teores médios de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), e a redução dos teores de sólidos voláteis, obtidos com a biodigestão anaeróbia de dejetos de galinhas poedeiras provenientes de sistemas de produção automatizado e convencional, estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Teores médios iniciais de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), e redução de SV nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e sistema de produção convencional (T_B)

	ST				SV				Redução de SV (%)
	%		kg		%		kg		
	afluente	efluente	afluente	efluente	afluente	efluente	afluente	efluente	
T_A	4,74	1,33	0,0190	0,0053	3,64	0,95	0,0146	0,0038	74,07
T_B	4,42	0,94	0,0177	0,0038	2,96	0,61	0,0118	0,0024	79,50
P									0,1571
CV (%)									7,17

As reduções de SV não apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) entre os tratamentos T_A e T_B (74,07% e 79,50%). Observou-se que os tratamentos T_A e T_B tiveram elevadas reduções de ST (72,05% e 78,73%) e SV o que demonstra grande eficiência do processo em reduzir a quantidade do material que foi tratado, reduzindo o seu volume e consequentemente seu potencial poluidor.

A redução de ST encontrada por CARVALHO (1999) tratando dejetos de poedeiras em biodigestores contínuos, demonstrou redução de ST de 74,09%, dados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Observando-se as reduções de SV nos tratamentos T_A e T_B de 74,07% e 79,50% verifica-se que tais valores corroboram aos apresentados por CARVALHO (1999) de

77,35% de redução quando estudou o comportamento de dejetos acumulados de poedeiras em biodigestores contínuos.

Em biodigestão anaeróbia de cama de frangos de corte com 48 dias de fermentação a redução de SV foi avaliada por SANTOS (2001) que obteve valor de 51,73%.

STEIL (2001) estudando diversas origens de dejetos com e sem utilização de inóculos constatou que para dejetos de poedeiras a não utilização de inóculo adicional promoveu maior porcentagem de redução de SV, 61,40%, enquanto a redução em tratamentos que se utilizaram inóculos a 10% e 15% foi de 49,55% e 52,38%.

5.3.2. Produção de biogás

Na Tabela 22 encontram-se as produções acumuladas de biogás produzido a cada semana do processo durante o período de abastecimento. No tratamento T_A a produção de biogás foi superior a do tratamento T_B, com picos de produção de 0,01285m^3/ dia no 71º dia, enquanto para o tratamento T_B o pico foi de 0,00792m^3/dia no 83º dia.

Tabela 22 - Produções semanais (m^3) para biodigestores batelada abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e sistema de produção convencional (T_B)

	T_A	T_B
Semana	m^3	
1	0,032970	0,004415
2	0,055209	0,022052
3	0,063962	0,024214
4	0,065371	0,026855
5	0,060758	0,029230
6	0,063870	0,026475
7	0,058809	0,025429
8	0,060231	0,027227
9	0,071489	0,028241
10	0,078909	0,035057
11	0,075852	0,036473
12	0,074678	0,039998
13	0,071790	0,039835
14	0,052759	0,028686
Total	0,886657	0,394187

De acordo com os resultados obtidos e demonstrados na Figura 23 notou-se produções superiores de biogás nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) em relação aos encontrados nos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção convencional (T_B). Estes resultados foram encontrados durante todo o processo.

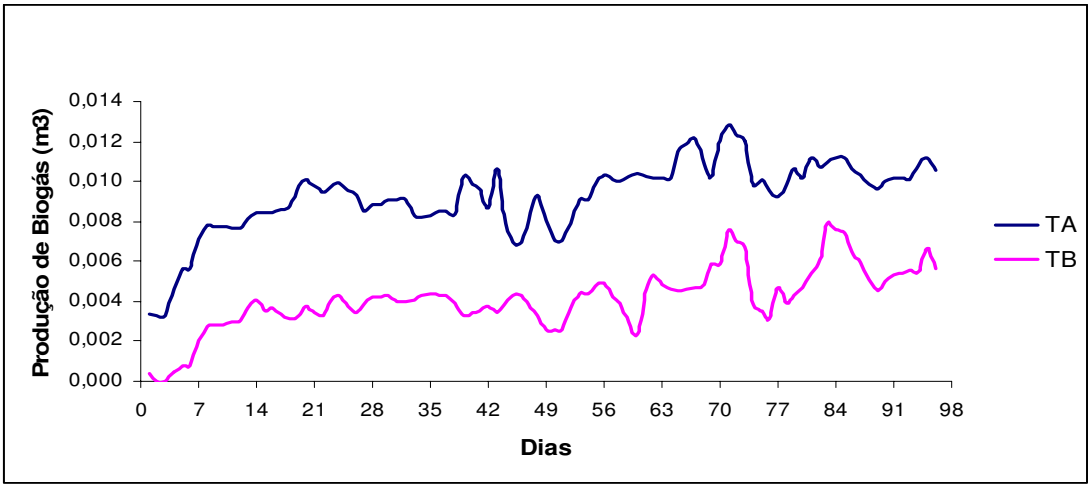


Figura 23– Distribuição media diária de produção de biogás para biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e sistema de produção convencional (TB) durante o período de abastecimento diário

No tratamento T_A a média de produção de biogás diária durante todo o período de abastecimento dos biodigestores foi de 0,009m^3 enquanto para o tratamento T_B a média diária foi de 0,004m^3.

Embora tal fato tenha ocorrido, os dois tratamentos demonstraram disposições semelhantes de produção acumulada de biogás.

A significativa diferença na produção de biogás entre os tratamentos ocorreu devido às características dos dejetos utilizados no abastecimento dos biodigestores. Os dejetos provenientes de sistemas de produção de ovos automatizados, que foram utilizados para o tratamento T_A, apresentam-se frescos com suas características químicas incólumes, enquanto os dejetos provenientes de sistemas convencionais, onde ficam armazenados por longos períodos, sob as gaiolas, até serem retirados, tratamento T_B. Após este período de armazenamento os dejetos perdem água e nutrientes ou por evaporação, ou por degradação do material, consumindo carbono, que é essencial na biodigestão anaeróbia.

5.3.3. Potenciais de produção de biogás

Os potenciais médios de produção de biogás com a biodigestão anaeróbia de dejetos de aves poedeiras, criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e convencional (T_B), são apresentados na Tabela 23, em m^3 de biogás: total acumulado, por kg de dejetos, por kg de substrato, por kg de sólidos totais adicionados, por kg de sólidos voláteis adicionados e por kg de sólidos voláteis reduzidos avaliados durante 30 dias dentre os dias do período experimental.

Considerando-se os potenciais de produção de biogás total acumulados e potenciais de produção de biogás por kg de dejeto, observou-se que para biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras houve maior produção ($p<0,05$) quando se utilizou substratos preparados a partir de dejetos provenientes de sistemas automatizados (T_A) em relação aos preparados a partir de dejetos de sistemas convencionais (T_B).

No tratamento T_A (0,256m^3) a produção acumulada de biogás foi estatisticamente ($p<0,05$) superior à produção do tratamento T_B (0,117m^3) e quando se comparou o potencial de produção de biogás por kg de dejeto as médias encontradas para os tratamentos foram de 0,388m^3/kg dejeto no T_A e 0,108m^3 /kg dejeto no T_B.

Tabela 23 - Potenciais médios de produção de biogás, para substratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras provenientes de dois sistemas de produção diferentes; automatizado (T_A) e convencional (T_B)

	Total acumulado (m^3)	Potenciais de produção de biogás (m^3 /kg)				
		dejeto	Substrato	ST adic	SV adic	SV red
T_A	0,256	0,388	0,021	0,449	0,585	0,029
T_B	0,117	0,108	0,010	0,221	0,330	0,013
P	0,0004	0,0001	0,0004	0,0011	0,0057	0,0007
CV (%)	20,51	14,87	20,51	21,74	23,65	23,61

Comparando-se o potencial de produção de biogás por kg de substrato obteve-se médias de 0,021m^3/kg substrato no T_A estatisticamente superior à média de T_B de 0,010m^3/kg substrato.

As diferenças nos potenciais de produção de biogás tiveram diferenças significativas ($p<0,05$) quando se comparou os potenciais em relação à quantidade (kg) de ST adicionados (0,449m^3 e 0,221m^3) , SV adicionados (0,585m^3 e 0,330m^3)e SV reduzidos (0,029m^3 e 0,013m^3), entre os tratamentos T_A e T_B.

CARVALHO (1999) abasteceu biodigestores contínuos com dejetos de galinhas poedeiras sob TRH de 30 dias, obtendo 0,029m^3/kg de substrato, 0,360m^3/kg ST adicionado, 0,580m^3/kg SV adicionado e 0,093m^3/kg de dejeto. CAETANO (1991) verificou potencial energético médio de 0,010m^3/kg de substrato, 0,216m^3/kg ST adicionado, 0,336m^3/kg SV adicionado, 0,549m^3/kg SV reduzido e 0,109m^3/kg de dejeto.

LUCAS JR & SANTOS (1998) avaliaram o desempenho de biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de poedeiras em quatro diferentes TRH; 20, 25, 30 e 40 dias, obtendo potenciais de produção de biogás sob TRH de 20 dias, como no presente trabalho, de 0,0212m^3/kg de substrato, 0,2475m^3/kg ST adicionado, 0,3961m^3/kg SV adicionado e 0,0676m^3/kg de dejeto.

5.3.5. Nutrientes no afluente e efluente

A Tabela 24 apresenta os resultados referentes à caracterização do afluente e do efluente dos biodigestores abastecidos com dejetos de galinhas poedeiras criadas em sistema de produção automatizado (T_A) e convencional (T_B) e a variação ocasionada pelo processo de cada nutriente.

Ressalvando-se o nutriente P que apresentou redução (T_A 75,15% e T_B 69,73%) todos os demais macro e micronutrientes sofreram incrementos nos seus teores.

Tabela 24 – Quantidades (g/ gramas de ST) de N, P, K, Ca, Mg, Na e de Fe, Mn, Zn (mg/ 100 gramas de ST) e respectivas reduções (%) durante a biodigestão anaeróbia, em substratos preparados com dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado (T_A) e convencional (T_B)

Nutriente		Período	T_A	T_B
g/100 gramas de ST	Nitrogênio (N)	Inicial	0,42	0,18
		Final	0,58	0,25
		Incremento (%)	*37,52*	*36,52*
		CV (%)	14,3	
		F	0,09	
	Fósforo (P)	Inicial	1,38	1,01
		Final	0,34	0,31
		Redução (%)	*75,15*	*69,73*
		CV (%)	5,19	
		F	5,20	
	Potássio (K)	Inicial	1,26	2,34
		Final	4,03	5,14
		Incremento (%)	*219,45*	*119,79*
		CV (%)	14,83	
		F	39,25**	
	Cálcio (Ca)	Inicial	2,73	3,21
		Final	3,35	4,98
		Incremento (%)	*22,87*	*55,22*
		CV (%)	21,24	
		F	38,07**	
	Magnésio (Mg)	Inicial	0,74	1,00
		Final	1,93	2,99
		Incremento (%)	*161,46*	*199,50*
		CV (%)	17,07	
		F	129,38**	
	Sódio (Na)	Inicial	0,29	0,40
		Final	0,73	1,08
		Incremento (%)	*150,61*	*170,90*
		CV (%)	29,64	
		F	0,45	
mg/100gramas de ST	Ferro (Fe)	Inicial	45,58	79,37
		Final	61,88	86,16
		Redução (%)	*35,77*	*8,56*
		CV (%)	15,29	
		F	4,76	
	Manganês (Mn)	Inicial	16,11	24,91
		Final	23,44	32,95
		Redução (%)	*45,51*	*32,27*
		CV (%)	24,84	
		F	4,69	
	Zinco (Zn)	Inicial	18,99	24,58
		Final	23,59	27,31
		Redução (%)	*24,22*	*11,12*
		CV (%)	37,88	
		F	9,57*	

NS: não significativo * : P<0,05 ** : P<0,01

O incremento no teor dos nutrientes durante o processo de biodigestão anaeróbia ocorreu devido à redução dos SV que demonstra aumento do teor de minerais percentualmente, além da mineralização da matéria orgânica.

Um dos nutrientes que, expresso em porcentagem, apresentam maior incremento foi o Na, 150,61% e 170,90% para os tratamentos T_A e T_B . Porém quando expressos em gramas, o mesmo nutriente apresentou no afluente 0,06g e 0,07g, enquanto o teor no efluente foi de 0,04g e 0,04g, respectivamente, comprovando que houve redução desse nutriente e que, devido a redução dos SV de 74,07% (T_A) e 79,50% (T_B) apresentam incremento quando expressos sob porcentagem.

O mesmo comportamento foi analisado e confirmado nos demais nutrientes. O nutriente K também apresentou elevado incremento percentualmente 219,45% (T_A) e 119,79% (T_B) durante o processo de biodigestão anaeróbia, porém quando analisado seu teor em gramas comprovou-se que houve redução, de 0,24g e 0,21g no afluente para 0,41g e 0,20g no efluente, nos tratamentos T_A e T_B, respectivamente.

5.4. CONCLUSÕES

Depreende-se que a biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura em biodigestores contínuos é uma ferramenta importante para a reciclagem dos dejetos, agregando valor à produção de ovos tendo em vista a geração de biogás e biofertilizante, pois estes podem ser utilizados no próprio ciclo de produção podendo propiciar um sistema sustentável de energia e fertilizante.

CAPITULO 6 – IMPLICAÇÕES

Este estudo suscitou as seguintes implicações:

Existe significativa diferença entre os sistemas de produção, em particular nas instalações e na produção de dejetos em granjas produtoras de ovos. Esta diferença é determinada principalmente pela possibilidade que cada tipo de instalação proporciona à densidade populacional das aves poedeiras no alojamento. Em sistemas de produção convencionais, nos quais as aves ficam alojadas em gaiolas dispostas em degraus suspensas, os dejetos ficam armazenados sob as gaiolas e permanecem ali por um período determinado pelos proprietários. Em sistemas de produção automatizados, nos quais as aves ficam alojadas em gaiolas de alta densidade populacional e em andares sobrepostos, uma vez que os dejetos são coletados em esteiras automatizadas e retirados diariamente. Esta diferença na freqüência da coleta permite aos dejetos retirados após longos períodos de armazenamento a perda de grande parte da umidade, assim como de alguns nutrientes, como o carbono e o nitrogênio, por serem voláteis e devido à intensa atividade bacteriana durante o período armazenado. Assim o desenvolvimento de estratégias de manejo adequadas em relação aos dejetos produzidos na propriedade é de fundamental importância para o sucesso da produção zootécnica.

Um dos métodos de tratamento e reciclagem de dejetos que o produtor pode adotar em sua propriedade é a compostagem. Avaliando tal processo utilizando dejetos oriundos de sistemas de instalação convencional e automatizada, notou-se que em ambos os casos a compostagem é eficiente do ponto de vista ambiental eliminando bactérias patogênicas, como as do grupo dos coliformes fecais, transformando o resíduo altamente poluente em excelente composto orgânico para a aplicação na agricultura, com alto valor fertilizante e como condicionador do solo. Vale enfatizar que devido as necessidades de adição de materiais como fonte de carbono, a fim de equilibrar a relação C/N, um dos principais parâmetros para a condução da

compostagem, o custo para a realização do processo, pode variar conforme a escolha desses materiais, quantidade a ser utilizada e sua oferta no mercado.

Os dejetos de aves poedeiras quando submetidos à biodigestão anaeróbia, tanto batelada quanto contínuo, possuem extremo potencial de produção de biogás e biofertilizante de excelente qualidade. Os dejetos provenientes de sistemas de produção automatizados demonstraram, neste trabalho, maior potencial de produção de biogás quando comparados aos dejetos provenientes de sistemas convencionais. Pode-se afirmar que tal fato ocorre, pois as propriedades biológicas e minerais estão intactas em dejetos frescos, ou seja, de sistemas automatizados, podendo assim expressar todo o seu potencial sem sofrer com perdas durante o tempo de armazenamento. Em toda atividade de produção a relação custo/benefício do produto a ser utilizado deve ser considerada. Os produtores que optam por este método de reciclagem devem estar cientes da necessidade de adição de água para que se promova um ambiente adequado às bactérias realizadoras da biodigestão anaeróbia. Esta adição irá implicar no aumento de volume dos biodigestores e consequentemente no custo do processo, devendo-se considerar no balanço econômico os ganhos com relação a oferta do biofertilizante e do biogás, além dos ganhos ambientais.

De posse dos resultados apresentados neste trabalho, obtiveram-se as seguintes implicações para a propriedade estudada:

Utilizando-se dos dados obtidos no ensaio de quantificação e caracterização e sabendo-se que o Aviário Mantiqueira aloja, atualmente, 2.800.000 aves destinadas à produção de ovos em sistema de instalação automatizado, pode-se afirmar que a produção diária de dejetos é de 78.400 kg na matéria seca, podendo variar conforme o teor de ST, que neste trabalho foi de 27%, ou seja, 280.000 kg de dejetos por dia com base na matéria natural.

A partir desses dados de quantificação relacionados aos dados de caracterização dos dejetos avalia-se um potencial de produção extremamente elevado de nutrientes diário. A Tabela 25 retrata tal potencial utilizando-se números de produção expressos em kg de MS.

Tabela 25 – Potencial de produção (kg) diário de nutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn e Zn) com base na MS, no Aviário Mantiqueira

Potencial de produção diário de dejeto	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn
	kg de MS									
	107,33	52,37	13,72	21,25	86,87	2,67	2,67	0,68	0,25	0,25

Com a utilização dos dados dos dejetos produzidos no Aviário Mantiqueira há a possibilidade de escolha da metodologia para o seu tratamento. Com informações encontradas neste trabalho sobre o processo de compostagem e o de biodigestão anaeróbia depreende-se que:

A compostagem é extremamente eficiente na questão ambiental no que diz respeito à eliminação de agentes patogênicos presentes nos dejetos sobretudo quando produzidos em grandes quantidades, como no caso estudado. Contribuindo com a questão ambiental o processo traz como benefício a diminuição do volume de massa inicial além da produção do composto orgânico rico em nutrientes que podem ser utilizados como fertilizante agrícola.

Na Tabela 26 estão expressos dados obtidos a partir dos resultados encontrados no experimento de compostagem relacionados aos dados do Aviário Mantiqueira com base na MN.

A biodigestão anaeróbia também é um processo que atende com muito sucesso às necessidades de tratamento dos dejetos. Apesar de ser um tratamento muito indicado para resíduos líquidos, ele se mostrou eficiente para os dejetos de galinhas poedeiras, com elevado potencial de produção de biogás e produção de biofertilizante rico em nutrientes e baixo teor de ST.

Os resultados dos potenciais em biodigestão anaeróbia do estudo de caso para o Aviário Mantiqueira estão representados na Tabela 27.

Tabela 26 – Potencial de produção de dejetos e rendimento em composto orgânico, conforme a freqüência de rotina (diário ou 260 dias) e anual, em função do sistema de produção (Automatizado e Convencional), com base na matéria natural, no Aviário Mantiqueira

DEJETO	COMPOSTAGEM	Produção de dejetos (kg)			Rendimento em Composto Orgânico (kg)		
		Dia	260 Dias	Ano	Dia	260 Dias	Ano
Fresco (Sistema Automatizado)	Adição de dejetos (64,33%), serragem (20,37%), bagaço de cana de açucar (10,74%) e água (4,56%)	280.000		102.200.000	120.359		43.931.035
	Apenas dejetos (100%)	280.000		102.200.000	61.992		22.627.080
Armazenado (Sistema Convencional)	Adição de dejetos (57,43%), serragem (4,33%), bagaço de cana de açucar (4,48%) e água (33,77%)		563.160	790.590		542.813	762.026

Tabela 27 - Potencial de produção de dejetos, produção de biogás e rendimento em biofertilizante, conforme a freqüência de rotina (diário ou 260 dias) e anual, em função do sistema de produção (Automatizado e Convencional), com base na matéria natural, no Aviário Mantiqueira

DEJETO	BIODIGESTÃO ANAERÓBIA - BIODIGESTORES CONTÍNUO	Produção de dejetos (kg)			Produção de Biogás (m3)		Rendimento em Biofertilizante (L)			
							MN		MS	
		Dia	260 Dias	Ano	Dia	Ano	Dia	Ano	Dia	Ano
Fresco (Sistema Automatizado)	Dejetos (17%) e água (83%)	280.000		102.200.000	108.640	39.653.600	1.647.059	601.176.535	21.906	7.995.648
		280.000		102.200.000						
Armazenado (Sistema Convencional)	Dejetos (5%) e água (95%)		563.160	790.590	234	85.384	41.755	15.240.519	392	143.261

REFERÊNCIAS

ALVES, W. L. **Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 46p.

ALVES, W. L. **Efeito do composto orgânico de lixo na fertilidade do solo e na disponibilidade de nutrientes e de metais pesados para o sorgo.** 1997. 75. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

AMARAL, L. A.; SCHOCKEN, D. B. L.; LUCAS JR., J. Redução de bactérias indicadoras de poluição fecal em estrume de aves de postura tratados por biodigestão anaeróbia. **Revista Brasileira Ciência Avícola**, Campinas, v.2, n.1, p 27-30, 2000.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th ed. Washington, 1995.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.**Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19. ed. Washington, 1998.

AMORIM, A. C. **Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

AMORIM, A. C. **Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da compostagem e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos.** 2005. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

ANTUNES, R. Tendência irreversível. **Avicultura Industrial,** Bastos, v. 3, n. 1082, 2000. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/>. Acesso em: 04 mar. 2005.

AUGUSTO, K. V. Z. Manejo de dejetos em granjas de postura comercial. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2005, Santos. **Anais**... Campinas/SP, 2005. p. 211-216.

AUSTIC, R. E.; NESHEIM, M. C. **Poultry production.** Philadelphia: Lea & Febiger, 1990. p. 32.

ATAGANA, H. I. Co-Composting of PAH-contaminated soil with poultry manure. In: **Letters in Applied Microbiology**. South Africa, 2004. p. 163-168. Disponível em: www.mantec.ac.za. Acesso em: 20 jun. 2006.

AVES E OVOS, **Análise do mercado de ovos.** 2007. Disponível em: http://www.aveseovos.com.br/ > Acesso em: 03 jan. 2007.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção ambientais, utilizando análise de imagens**. 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BASAGLIA, R. **Aproveitamento de resíduos agropecuários**. Jaboticabal: FCAV, 1996. Seminário apresentado na disciplina de Pós Graduação em Zootecnia.

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

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

CAETANO, L. **Metodologia para estimativa da produção contínua de biogás em biodigestores modelo indiano**. 1991. 112f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

CARVALHO, P. C. T. Compostagem. In: TSUTIYA, M. T. *et al.* **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 181-208.

CARVALHO, S. M. R. **Balanço energético e potencial de produção de biogás em granja de postura comercial, na região de Marília, SP.** 1999. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

CEZAR, V. R. S. **Efeito da biodigestão anaeróbia sobre a solubilização e a eficiência agronômica de diferentes fontes de fósforo**. 2001. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios:** princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: 1997. 246p.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. p. 384.

COSTA, M. S. S. M. **Caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces: reciclagem energética e de nutrientes.** 2005. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DURAND, M.; DUMAY, C.; BEAUMATIN, P.; MOREL, M. T. Use of the rumen simulation technique (RUSITEC) to compare microbial digestion of various by-products. **Animal Feed Science And Technology.** v. 21, n.3/4, p. 197-204, 1988.

EGHBALL, B. Nitrogen carbon and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. **Journal Environmental Quality,** v. 26, p.189-193, 1997.

EL BOUSHY, A. R. Y.; van der POEL, A. F. B. **Poultry feed from waste:** processing and use. London: Chapman & Hall, 1994. p. 438.

ESTEBAN, J. M. L. **Manual de Avicultura**. Litexa, Portugal: Editorial Aedos., 1978. p. 384.

FIREMAN, A. K. B. A. T.; FIREMAN, F. A. T.; LÓPEZ, J. Nível de fósforo, nitrogênio e cálcio nas fezes de poedeiras alimentadas com dietas contendo farelo de arroz desengordurado e fitase. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRALISEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000.

FLEISCHER, E. Better nitrogen recycling. **Neue-Landwirtschaft**, n.11, p.72-73, 1992.

FLYNN R. P.; WOOD, C. W. Temperature and chemical changes during composting of broiler litter. **Compost Science Util**, v.4, n.3, p.62-70, 1996.

FORESTI, E. Fundamentos do processo de biodigestão anaeróbia. In: TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES, 3., 1994, Montevideo. **Anales...** Montovideo: Universidad de la Replublica, 1994. p. 97-110.

FUNDAÇÃO CARGIL **Tópicos avícolas**. Campinas: Fundação Cargil, 2001. 387p.

GELMINI, G. A. **Defensivos agrícolas:** informações básicas e legislação. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 577p.

GOMES FILHO, R. R. et al. Alteração da demanda química de oxigênio da água residuária da suinocultura, utilizada como solução nutritiva no cultivo hidropônico de *Brchiaria ruzizienses*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas/PR: UFPEL, 1999. 1CD-ROM.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

HARDOIM, P. C. **Efeito da temperatura de operação e da agitação mecânica na eficiência da biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos.** 1999. 88 f. Tese (Doutorado em Zootecnia – Área de Concentração em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

HOBSON, P. N.; SUMMERS, R.; HARRIES, C. Single and multi-stage fermenters for treatment of agricultural wastes. In: GRAINGER, J. M.; LYNCH, J. M. **Microbiological methods for environmental biotechnology**. Orlando: Academic Press, 1984. p. 139-157.

IAMAMOTO, C. Y. **Efeito da taxa de carregamento orgânico volumétrico no desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura**. 1999. 104f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos/ Gestão Integrada de Recursos) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
KIEHL, E. J. **Manual de compostagem maturação e qualidade do composto**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 171p.

KROODSMA, W.; SCHOLTENS, R.; HUIS-IN, T-VELD-J. Ammonia emission from poultry housing systems. Storing, handling and spreading of manure and municipal waste. In: SEMINAR OF THE 2nd AND 3rd TECHNICAL SECTION OF THE CIRG, **Proceedings…** Uppsala: 1988. p. 1-7.

LEAL, N.; MADRID de CAÑIZALES, C. M. Compostaje de residuos organicos mezclados com roca fosforica. **Agronomia Tropical**, v.48, n.3, p. 335-357, 1998.

LESSON, S.; SUMMERS, J. D.; DIAS, G. J. **Nutricion aviar comercial.** Santa Fé de Bogotá: Gonzalo J. Diaz Gonzalez, 2000. 359p.

LETTINGA, A. G.; FIELD, J.; VAN LIER, J.; ZEEMAN, G.; HULSHOFF POL, L. W. Advanced anaerobic wastewater treatment in the near future. **Water Science Technology**, v.35, n.10, p. 5-12, 1997.

LIMA, J. F. **Avicultura.** Rio de Janeiro: BNDES, 1995. 42p. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/rsfrango.pdf> Acesso em: 27 dez. 2006

LIMA, G. J. M. M. O papel do nutricionista no controle da poluição ambiental por dejetos suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 1996, **Anais...** Campinas: CBNA, 1996. p. 118-134.

LUCAS JR., J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 137f. Tese (Livre-Docência Construções Rurais) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

LUCAS JUNIOR, J.; SILVA, F. M. Aproveitamento de resíduos agrícolas para a geração de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras/MG: UFLA/SBEA, 1998. p. 63-87.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. Biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura, considerando quatro tempos de retenção hidráulica. In: BALBUENA, et al. (Ed.). **Ingenieria Rural y Mecanizacion en el Âmbito Latinoamericano** La Plata: UNLP, 1998, p. 346-351.

MACARI, M. **Água na avicultura industrial.** Jaboticabal: FUNEP, 1996. 118p.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 505p.

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.

MANUAL HY-LINE, Guia de manejo hy-line W-36. Brasil: HY-LINE, 2003-2005. 23p. Disponível em: <www.hy-line.com.br>. Acesso em: 20 jan. 2006.

MELO, W. J. *et al.* Uso de resíduos sólidos na agricultura e impactos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Palestra...**p.8.

MONDINI, C. *et al*. Changes during processing in the organic matter of composted anda ir-dried poultry manure. **Bioresiduum Technology**, n.55, p.243-249, 1996.

MORENG, R. E.; EVANS, J. S. **Ciência e produção de aves**: aquecimento, criação, alojamento, equipamentos e produção de aves. São Paulo: Roca, 1990. p. 143-178.

NAKAGAWA, J. Compostagem: Obtenção e uso. In: GUERRINI, I. A.; BÜLL, L. T. (Ed.). **Encontro sobre matéria orgânica do solo – Problemas e soluções**. Botucatu, SP: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1992. p. 159-187.

OLIVEIRA, M. D. L.; VIEIRA, P. F.; SAMPAIO, A. A. M. Composição bromatológica das fezes de galinhas poedeiras em diferentes tempos de estocagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 11, p. 1325, 1989.

OLIVEIRA, M. D. L. **Avaliação das fezes de galinhas poedeiras e de sua associação com o bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado na alimentação de bovinos. 1991.** 108f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1991.

OLIVEIRA, M. D. S.; VIEIRA, P. F.; BANZATTO, D. A. Efeito do tempo de estocagem sobre a composição bromatológica das fezes de galinhas poedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.999-1002, 1995.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; NUNES, M. L. A. Emissão de gases, na suinocultura, que provocam o efeito estufa. 2003. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br> Acesso em: 04 mar. 2005.

ORDOÑEZ, Y. M.; CASTILHO, J. G. C.; DUCH, E. S.; CASTELLANOS – RUELAS, A. F. Contenido de algunos macro e microminerales en lãs deyecciones avícolas en Yucatan. **Tecnologia Pecuária del México**, Ciudad del México, v.33 n.2, p 100-104,1995.

ORRICO JR., M. A. P. **Avaliação dos sistemas de compostagem e biodigestão anaeróbia na reciclagem e tratamento dos resíduos aves mortas e cama de frangos.** 2005. 57f. Trabalho (Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

PATTERSON, P. H.; LORENZ, E. S.; WEAVER JR., W. D. Litter production and nutrients from commercial broiler chickens. **Journal Applied Poultry Research**, v.7, n.3, p. 247-252, 1998.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemisty**. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

PEIXOTO, R. R. Técnica experimental: tempo de coleta de excrementos de aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1998.

PEREIRA NETO, J. T., STENTIFORD, E. I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Revista Biologia**, v.1, n. 1, p. 1-6, .

POGI, R. C. **Uso de energia elétrica em atividades ligadas à avicultura**.1991. 107f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

PRIMIANO, I. P. **Biodigestão anaeróbia de dejetos da avicultura de postura: uso de inóculo em biodigestores batelada**. 2002. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2002.

PROCHNOW, L.I. et al . Controlling ammonia losses during manure composting with the addition of phosphogypsum and simple superphosphate. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v. 52, n. 2, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php> Acesso em: 03 abr. 2006.

RODRIGUES, E. A. **Níveis de cálcio e sódio em rações de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura.** 2002. 50f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SANTOS, T. M. B.; BASAGLIA, R.; SAKOMURA, N.; FURLAN, R. L.; LUCAS JR., J. Manure and biogas production from laying hens submitted to different ambient temperatures. In: AGENERGY'99 CONFERENCE, 1999, Athens. **Proceedings…** Athens: Agricultural University of Athens, 1999. v.1, p. 275-281.

SANTOS, C. C. **Avaliação físico-química de compostos de cama de frango e sua utilização na agricultura.** 2000. 93f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

SANTOS, T. M. B. **Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frango de corte**. 2001. 167f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SAS INSTITUTE**.** ***SAS:*** user's guide. 8. ed. Cary; 1999-2001.

SCHEPERS, J.S.; MOSIER, A. R. Accounting for nitrogen in nonequilibrium soil – crop systems In: FOLLET, R. F.; KEENEY, D. R.; CRUSE, R. M. (Ed.). **Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability**. Wisconsin: Managing Edition, 1991. p. 125-138.

SEGANFREDO, M. A. O impacto ambiental na utilização de cama de aves como fertilizante do solo. 2000. Dsiponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br> Acesso em: 06 jul. 2005.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, A. D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. **Advance Soil Science**, p. 7-90, 1994.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, C.L. Gestão Ambiental: Responsabilidade com visão de negócios, **Diálogos & Ciência – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana**, Salvador, v. 1, n. 2, abr. 2003. Disponível em: <http://www.ftc.br/revistafsa> Acesso em: 23 fev. 2006.

SIMS, J. T. Organic wastes as alternative nitrogen sources. In: BACON, P. E. (Ed.). **Nitrgen fertilization in the enviroment.** New York: Marcel Dekker, 1995. p. 487-535.

SOUZA, C. F. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: obtenção de dados e aplicação no desenvolvimento de um modelo dinâmico de simulação da produção de biogás**. 2001. 140 f. Tese (Doutorado em Zootecnia – Área de Concentração em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SPEECE, R. E. **Review: environmental requirements for anaerobic of biomass**. 1993, 69p.

STAMS, A. J. M. Metabolic interactions between anaerobic bacteria in methanogenic environments. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.66, p. 271-294, 1994.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos.** 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001. STEIL, L.; LUCAS JUNIOR, J.; OLIVEIRA, R. A. Avaliação do uso de inóculos na digestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 146-149, 2002.

TIESENHAUSEN, I. M. E. V. Resíduos avícolas na alimentação dos ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, p. 52-55, 1984.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, Oxford, n.4, v.110, p.535-541, 2000.

TOLEDO, A. A. G. **Tratamento de águas residuárias de pocilgas, utilizando biodigestores UASB sob quatro tempos de retenção hidráulica**. 1996. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

TSUTYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 69-105.

TURNER, J. Ganaderia industrial y médio ambiente. **Compassion in World Farming**

Trust, Londres, 1999.Disponível em: <http://www.ivu.org/ave/ff_and_envir_spanish.pdf> Acesso em: 20 mai 2005.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos**: manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Epgraf, 1994. 210p.

VITORINO, K. M. N.; PEREIRA NETO, J. T. Estudo da compostabilidade dos resíduos da agroindústria sucroalcoleira. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: , 1992. p.121-132.