

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS
DA CAMA DE FRANGO SOB DIFERENTES
REUTILIZAÇÕES: EFEITOS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E
BIOFERTILIZANTE**

Ellen Hatsumi Fukayama
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS
DA CAMA DE FRANGO SOB DIFERENTES
REUTILIZAÇÕES: EFEITOS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E
BIOFERTILIZANTE**

Ellen Hatsumi Fukayama

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal, Unesp, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Jaboticabal – São Paulo – Brasil
Julho – 2008

Fukayama, Ellen Hatsumi
F961c Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob
diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante
/ Ellen Hatsumi Fukayama. -- Jaboticabal, 2008
xiv, 99f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008

Orientador: Jorge de Lucas Junior

Banca examinadora: Roberto Alves de Oliveira, Júlio Cesar
Pascale Palhares, Nilva Kazue Sakomura, Mônica Sarolli Silva de
Mendonça Costa

Bibliografia

1. Adubação. 2. Aproveitamento de resíduos. 3. Biodigestão
Anaeróbia. 4. Frango de corte I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.5:631.862

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ellen Hatsumi Fukayama – nascida em 07 de maio de 1980, Ribeirão Preto – SP, filha de Kiyoci Fukayama e Taeko Nakau Fukayama, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP – FCAV) Campus de Jaboticabal em 2002 . Iniciou o Curso de Pós Graduação em nível de Mestrado em 2003, obtendo o título de Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Área de concentração em Nutrição de Monogástrico, em julho de 2004, quando ingressou no curso de Pós Graduação em nível de Doutorado na UNESP - FCAV - Campus de Jaboticabal. Realizou parte do doutorado na Texas A&M University – College Station – TX – EUA, com Bolsa Sanduíche e obteve o título de Doutor em Zootecnia, em 18 de julho de 2008.

“As decisões são apenas o começo de alguma coisa. Quando alguém toma uma decisão, na verdade, está mergulhando numa correnteza poderosa, que leva a pessoa para um lugar que jamais havia sonhado na hora de decidir”

Paulo Coelho (O Alquimista)

“ É justamente a possibilidade de realizar um sonho que torna a vida interessante”

Paulo Coelho (O Alquimista)

Aos meus exemplos de vida,

meus pais Taeko e Kiyoci e ao meu irmão Hebert Fukayama,

que sempre com sorriso e amor, estão presentes nas minhas

conquistas, me ensinando, me ajudando e me apoiando.

Mãe, obrigada por me ensinar a ser uma guerreira como você!

DEDICO

À minha alma gêmea Rafael Neme,

por me ensinar e acompanhar cada passo da minha vida pessoal e

profissional, sempre com as melhores palavras nas horas mais

importantes da minha vida. Você é um exemplo de humildade,

carisma e sabedoria para mim.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP – FCAV) Campus de Jaboticabal, pela oportunidade e o constante investimento em ensino e pesquisa, fomentando o conhecimento no setor representativo da economia nacional.

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior, pela orientação e pelo exemplo de respeito como orientador e amigo, e acima de tudo, pela oportunidade e confiança ao abrir as portas para me orientar. Além do apoio na realização de mais um sonho, meu doutorado sanduíche no exterior. Serei eternamente grata!

A Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura, pela orientação durante grande parte da minha vida acadêmica, me ensinando a crescer profissionalmente e pessoalmente. Obrigada por tudo!

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Roberto Alves de Oliveira, Prof. Dr. Júlio Cesar Pascale Palhares, Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura e Profa. Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, pela disponibilidade e valiosas contribuições prestadas a este trabalho.

Aos membros da qualificação, Prof. Dr. Adhemar Pitelli Milani, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, Prof. Dr. Jairo Augusto Campos de Araújo e Prof. Dr. Roberto Alves de Oliveira pelas contribuições prestadas a este trabalho e pelo apoio a minha ida ao exterior.

À empresa Rei Frango (São Carlos-SP-Brasil), pela contribuição no desenvolvimento do experimento das criações dos frangos de corte.

Ao Prof. MSc. Celso Antônio Jardim, do Colégio Técnico Agrícola da UNESP/FCAV e Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana, da Universidade Federal de Uberlândia, pela ajuda na condução do experimento com milho e análises laboratoriais. Vocês foram fundamentais para a realização destes experimentos, MUITO OBRIGADA!

As doutorandas Adélia Pereira Miranda e Adriane de Andrade Silva e ao mestrando Airon Magno Aires, por toda ajuda na condução dos experimentos, análises laboratoriais e na composição dos capítulos. Seria muito difícil concluir esta Tese sem

ajuda de vocês! Saibam que admiro o profissionalismo de cada um. Minha eterna gratidão!

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural (Luizinho, Primo, Marquinho, Cido, Maranhão, Tião, Torto, Fiapo, Luís Fiapo, Luís Cláudio, Carlão, Miriam, David, Ari, Silvia e Clarice) de Zootecnia (Ana Paula, Orlando, Magali, Adriana e Cássia), da Tecnologia (Fátima), do Setor de Avicultura (Robson, Vicente, Izildo e João) e da Fábrica de Ração (Sandra, Helinho e Osvaldo), fundamentais no suporte deste trabalho e na minha vida profissional. Cada um sabe o quanto foram significantes na minha vida!

A minha “mãe” Tieco (Biblioteca) pelo exemplo de profissionalismo e amizade durante todos esses anos, sempre muito atenciosa e alegre. Não tenho palavras para explicar meu carinho por você!

Ao Cláudio (Setor de Transporte e Fotografia), parabéns pelo seu trabalho, te admiro muito e obrigada por estar sempre pronto para me ajudar.

Aos alunos do Colégio Técnico Agrícola, pessoas fundamentais para o desenvolvimento dos experimentos na universidade.

Aos amigos de trabalho, Adélia, Adriane, Airon, Cristiane, Camila, Laura, Leilane, Simara, Daphinne, Íris, Sandra, Nei André, Jefferson, Felipe (Cravo), Melina, Patrícia, Juliano (Kakareco), Randy, Rafael (Stink) e Perna, por todas as passagens que vocês viveram comigo, obrigada pela ajuda de cada um.

As companheiras de república, Adélia (Celu), Carla, Fabrizia (Moeda), Karol (Crone), Camila (Folgada), Camila (Pop) e Vanessa (Vanvan), pelos maravilhosos momentos em que vivemos. Vocês entraram no meu coração e nunca mais sairão.

A minha família em College Station nos EUA, Maria do Carmo (mamy), Mary Ann (maninha), Cris e Cinthia, não sei como agradecer por serem pessoas tão especiais, as quais fizeram parte de um dos momentos mais maravilhosos da minha vida... “I really appreciated your help, attention, friendship and love!”

E finalmente, agradeço as minhas famílias, Fukayama, Nakau e Neme, em especial ao meu vovô e as meus sogros, Saleme e Maria Bernadete (Betinha). Obrigada por existirem!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS		Pág.
1.1.	Objetivos Gerais.....	6
1.2.	Estrutura da Tese.....	7
 CAPÍTULO 2 – Avaliação da Produção de Camas Reutilizadas de Frangos de Corte de Quatro Lotes		
2.1.	Introdução.....	8
2.2.	Material e Métodos.....	16
2.2.1.	Instalações e equipamentos.....	16
2.2.2.	Manejo adotado na granja.....	17
2.2.3.	Esquema da distribuição dos boxes para cada lote de criação.....	20
2.2.4.	Cálculo da produção de cama.....	24
2.2.5.	Determinação da composição química da cama.....	25
2.2.6.	Análise estatística dos dados.....	25
2.3.	Resultados e discussão.....	26
2.3.1.	Produção de cama.....	26
2.3.2.	Composição química da casca de amendoim e da cama de frango de acordo com os lotes de criação.....	28
2.4.	Conclusões.....	32
2.5.	Referências.....	32
 CAPÍTULO 3 - Biodigestão Anaeróbia de Cama de Frangos		
3.1.	Introdução.....	38
3.1.1.	Produção de biogás.....	38

3.1.2.	Princípios básicos na escolha do biodigestor.....	40
3.1.3.	Utilização do biogás.....	42
3.2.	Material e Métodos.....	44
3.2.1.	Ensaio de biodigestão anaeróbia com cama de frango.....	44
3.2.1.1.	Equipamento e método utilizado para caracterização dos substratos, dos efluentes e das produções de biogás.....	45
3.2.1.1.1.	Descrição do sistema utilizado.....	45
3.2.1.1.2.	Preparo do inóculo.....	48
3.2.1.1.3.	Preparo do substrato.....	48
3.2.1.2.	Abastecimentos.....	49
3.2.1.3.	Determinação da produção de biogás.....	50
3.2.1.4.	Determinação dos teores de sólidos totais e voláteis.....	51
3.2.1.5.	Teste de queima.....	52
3.2.1.6.	Determinação dos teores de metano e dióxido de carbono.....	53
3.2.2.	Análise estatística dos dados.....	53
3.3.	Resultados e discussão.....	54
3.4.	Conclusões.....	69
3.5.	Referências.....	69

CAPÍTULO 4 - Aplicação e biofertilizante Provindo de Cama de Frango sobre as Características Agrônômicas do Milho (Zea mays L.) e Parâmetros Químicos do Solo

4.1.	Introdução.....	75
4.2.	Material e Métodos.....	78
4.2.1.	Biofertilizante.....	79
4.2.2.	Descrição do experimento.....	80
4.3.	Resultados e discussão.....	83
4.4.	Conclusões.....	95
4.5.	Referências.....	96

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – Avaliação da Produção de Camas Reutilizadas de Frangos de Corte de Quatro Lotes	Pág.
TABELA 1 Produção de cama: matéria natural (kg), matéria seca (kg) e umidade (%) nas diferentes densidades, após os dois lotes de criação.....	11
TABELA 2 Composição química dos diferentes tipos de cama obtidos após os dois ciclos de criação (macronutrientes).....	12
TABELA 3 Composição química dos diferentes tipos de cama obtidos após os dois ciclos de criação (micronutrientes e metais).....	13
TABELA 4 Conteúdo médio de nutrientes (NPK) da cama de suínos e de aves.....	13
TABELA 5 Média da concentração de minerais de cama de frango e excretas de aves de postura no Sul da África.....	14
TABELA 6 Concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, nos materiais estudados.....	15
TABELA 7 Dados meteorológicos mensais do ano de 2007 em São Carlos no período experimental.....	18
TABELA 8 Composição centesimal e os níveis calculados dos nutrientes das cinco dietas de acordo com a idade das aves.....	19
TABELA 9 Produção de cama reutilizada de quatro lotes de criação de frangos de corte.....	26
TABELA 10 Concentrações de macronutrientes na casca de amendoim, em g/100g de matéria seca (MS).....	28
TABELA 11 Concentrações de micronutrientes e metais na casca de amendoim, em mg/kg de matéria seca (MS).....	28

TABELA 12	Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, em diferentes épocas.....	29
TABELA 13	Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, em diferentes épocas.....	29
TABELA 14	Quantidade de macronutrientes, em kg de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, de acordo com a produção de cama na MS.....	31
TABELA 15	Quantidade de micronutrientes e metais, em kg de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, de acordo com a produção de cama na MS.....	31

CAPÍTULO 3 - Biodigestão Anaeróbia de Cama de Frangos

TABELA 1	Produção de biogás utilizando dejetos de animais (450 kg de Peso Vivo).....	43
TABELA 2	Períodos de operação, Tempos de Retenção Hidráulica (TRH), quantidades médias dos componentes do substrato colocados nos biodigestores, de acordo com as reutilizações de cama.....	49
TABELA 3	Dados meteorológicos mensais do ano de 2007 em Jaboticabal no período experimental.....	50
TABELA 4	Concentrações de sólidos totais e voláteis, em porcentagem e em massa e redução de SV, em porcentagem, para as diferentes reutilizações de cama de frango.....	54

TABELA 5	Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS), nos inóculos utilizados nos biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.	55
TABELA 6	Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos inóculos utilizados nos biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.....	55
TABELA 7	Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS) nos afluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.....	56
TABELA 8	Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos afluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.....	57
TABELA 9	Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS) nos efluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.....	58
TABELA 10	Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos efluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.....	59
TABELA 11	Potencial médio de produção de biogás, corrigido para 20°C e 1 atm, em biodigestores batelada abastecidos com camas de frango reutilizadas em diferentes épocas.....	60
TABELA 12	Valores médios da produção diária de biogás, corrigido para 20°C e 1 atm, em biodigestores alimentados com cama de frango de diferentes reutilizações de cama.....	62

TABELA 13	Produção semanal de CO₂ e de CH₄ (%) para diferentes reutilizações de cama de frango, produzidos em épocas iguais.....	65
TABELA 14	Média do dia de início da queima do biogás (dia) e média da produção de biogás acumulada (%) até o dia do início da queima.....	67

CAPÍTULO 4 - Aplicação e biofertilizante Provindo de Cama de Frango sobre as Características Agronômicas do Milho (*Zea mays* L.) e Parâmetros Químicos do Solo

TABELA 1	Valores requeridos de macrominerais por algumas culturas.....	75
TABELA 2	Recomendação de adubação mineral de cobertura Boletim Técnico 100 IAC (1996).....	76
TABELA 3	Composição média dos esterco de suínos, bovinos e frangos.....	77
TABELA 4	Concentrações de macronutrientes, em g/kg de matéria seca (MS) nos biofertilizantes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango.....	79
TABELA 5	Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos biofertilizantes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango.....	79
TABELA 6	Principais características químicas do Latossolo Vermelho Eutroférico Moderado, textura muito argilosa, da cultura antecedente e na semeadura do milho.....	80
TABELA 7	Características agronômicas da parte aérea de plantas de milho do híbrido (AGN 20A55) fertilizados com biofertilizante e fertilizante mineral.....	84

TABELA 8	Média do número de fileiras de grãos por espiga, peso de grãos de 10 espigas, peso de sabugo e peso de 1.000 sementes, com base na matéria natural, em relação aos diferentes tratamentos com fertilização mineral e biofertilizante provindo de digestão anaeróbia de cama de frango.....	86
TABELA 9	Teores de macronutrientes e sódio em g/kg, com base na MS, das amostras foliares de plantas de milho após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e nitrogênio mineral.....	87
TABELA 10	Concentrações de micronutrientes e alguns metais (mg/dm³) nas amostras foliares de plantas de milho após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e nitrogênio mineral.....	91
TABELA 11	Valores de pH, matéria orgânica (MO), saturação por bases (V%) e concentrações de macro e micronutrientes com base na matéria seca (MS) em um Latossolo Vermelho na profundidade de 0-20 cm após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e fertilizante mineral.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 – Avaliação da Produção de Camas Reutilizadas de	Pág.
Frangos de Corte de Quatro Lotes	
FIGURA 1 Galpão de frangos de corte utilizado no experimento.....	16
FIGURA 2 Croqui experimental das divisões dos boxes em cada fase de criação após alojadas as aves.....	21
FIGURA 3 Abertura de uma vala em cada box para coleta da cama.....	22
FIGURA 4 Pesagem do veículo com sacos de cama de cada box.....	23
FIGURA 5 Espaço para homogeneização da cama após pesagem.....	23
FIGURA 6 Produção de cama/ave em lotes de criação de aves com diferentes reutilizações de cama.....	27
FIGURA 7 Coeficiente de resíduo em lotes de criação de aves com diferentes reutilizações de cama.....	28

CAPÍTULO 3 - Biodigestão Anaeróbia de Cama de Frangos

FIGURA 1	Esquema dos biodigestores batelada de campo, medidas em mm.....	46
FIGURA 2	Biodigestores tipo batelada utilizados no experimento.....	47
FIGURA 3	Parte interna do biodigestor tipo batelada utilizado no experimento.....	47
FIGURA 4	Volume de Biogás (m³) em 46 dias de produção, utilizando cama de frango reutilizadas.....	61
FIGURA 5	Produção de Biogás m³/kg de cama de frango de números diferentes de reutilizações.....	61
FIGURA 6	Volume de biogás (m³) por dia de produção para diferentes reutilizações.....	64
FIGURA 7	Produção de CH₄ (%) por semana para diferentes reutilizações.....	66
FIGURA 8	Produção de CO₂ (%) por semana para diferentes reutilizações.....	66

CAPÍTULO 4 - Aplicação e biofertilizante Provindo de Cama de Frango sobre as Características Agronômicas do Milho (Zea mays L.) e Parâmetros Químicos do Solo

FIGURA 1	Aplicação do biofertilizante com uso de baldes na linha de cultivo.....	80
FIGURA 2	Plantação de milho divididas por tratamento.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Abreviatura Termo

atm	Atmosfera
CA	Conversão alimentar
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CH ₄	Metano
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
CR	Consumo de ração
Cr	Cromo
Cr	Coeficiente de resíduo
Cr acum.	Coeficiente de resíduo acumulado
Cu	Cobre
CV	Coeficiente de variação (estatística)
°C	Graus Celsius
Fe	Ferro
FP	Fator de produção
ft	Feet
g	Gramas
GEE	Gases do efeito estufa
GLP	Gás liquefeito de petróleo
GP	Ganho de peso
h	Horas
hPa	Pressão atmosférica
K	Kelvin
K	Potássio
kg	Quilograma
L	Litros
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico

Abreviatura Termo

MDL	Mecanismo de desenvolvimento limpo
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitros
mm	Milímetro
Mn	Manganês
MN	Matéria natural
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
N ₂ O	Oxido nitroso
Na	Sódio
ND	Não detectável
Ni	Níquel
P	Fósforo
Pb	Chumbo
Ps	Peso seco
Pu	Peso úmido
%	Porcentagem
RCEs	Redução certificada de emissão
Re	Resíduo
ST	Sólidos totais
SV	Sólidos voláteis
TRH	Tempo de retenção hidráulica
Tmax	Temperatura máxima
Tmed	Temperatura média
Tmin	Temperatura mínima
UR	Umidade relativa
VC	Viabilidade criatória
Zn	Zinco

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DA CAMA DE FRANGO SOB DIFERENTES REUTILIZAÇÕES: EFEITOS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE

RESUMO – Objetivou-se avaliar o efeito da reutilização de cama de quatro lotes de criações de frangos de corte sobre a produção de cama de frango, a produção de biogás e a utilização do biofertilizante para adubação de milho. No capítulo sobre produção de cama foram avaliados quatro reutilizações de cama de frangos de corte criados em um galpão comercial dividido em 12 boxes pertencente à Empresa Rei Frango em São Carlos - SP - Brasil. Para caracterização da produção de cama foi avaliado a quantidade de cama produzida na matéria seca (MS) e o coeficiente de resíduo (Cr), ou seja, a quantidade de resíduo por kg de peso vivo das aves. Na caracterização qualitativa, foram analisados os teores de macro, micronutrientes e metais na casca de amendoim e cama de frango. Com o acréscimo de casca de amendoim nova mais o aumento de excretas do lote anterior, houve aumento ($P < 0,05$) na produção de cama (MS). Assim, o Cr aumentou de acordo com a reutilização da cama. Porém, quando se avalia o Cr acumulado, ou seja, a quantidade de resíduo por kg de peso vivo acumulado das aves dos lotes criados, não houve diferença ($P > 0,05$). De forma geral, foi observado que, com a reutilização da cama houve aumento ($P < 0,05$) na concentração de nutrientes na cama. Conclui-se que com a reutilização de cama é possível igualar ou diminuir os custos com a aquisição de nova cama, aumentar a quantidade de nutrientes na cama para ser utilizada como biofertilizante na agricultura e estabilizar ou diminuir o impacto ambiental com a produção de cama por ave produzida. No capítulo sobre biodigestão anaeróbia de cama de frangos, para cada lote de aves conduzidos foram realizadas duas avaliações de biodigestão anaeróbia, sendo 4 ensaios (camas de 1 a 4ª reutilização) avaliados de 2 formas: as 4 camas foram avaliadas em diferentes épocas do ano e também avaliadas na mesma época, totalizando 8 ensaios. Foram utilizados 24 biodigestores em batelada, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado sendo 4 reutilizações de cama e 6

repetições. Os teores dos macro e micronutrientes das camas, dos inóculos, dos afluentes e dos efluentes apresentaram-se maiores com a reutilização da cama. Houve uma menor redução nos teores de sólidos voláteis durante a biodigestão anaeróbia do 2º e 3º lotes, avaliados em épocas diferentes. Quando os 4 lotes foram avaliados na mesma época, observou-se que a redução de SV foi igual. A produção semanal de CO₂ diminuiu com o tempo de fermentação e ao contrário, o CH₄ (%) aumentou. Para todas as biodigestões anaeróbias com reutilizações de cama de frango, conduzidas na mesma época, o início da queima do biogás foi em média com 14 dias de produção. No capítulo sobre aplicação do biofertilizante provindo da biodigestão anaeróbia de cama de frango para adubação de milho, foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar a aplicação de biofertilizante em comparação ao fertilizante mineral sobre as características agronômicas do híbrido de milho AGN 20A55 (*Zea mays* L.) e os parâmetros químicos do solo. O experimento foi delineado em blocos casualizados com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiam de: T1 - controle sem fertilização; T2 - fertilização mineral com 60 kg N ha⁻¹; T3 - fertilização mineral com 120 kg de N ha⁻¹; T4 – 30 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T5 – 60 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T6 – 90 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T7 – 120 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T8 – 60 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango + fertilização mineral com 60 kg N ha⁻¹. Apesar da pouca variação estatística observada, concluiu-se que a aplicação do biofertilizante não alterou os parâmetros agronômicos e nutricionais do milho, assim como as propriedades químicas do solo.

Palavras-chave: adubação, aproveitamento de resíduos, biodigestão anaeróbia, biodigestor, energia, excreta

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE LITTER OF BROILER UNDER DIFFERENT REUSES: EFFECT IN THE PRODUCTION OF BIOGAS AND ORGANIC FERTILIZER

Summary - The objective was to evaluate the effect of reuse of litter of four broiler breeding cycle on the broiler litter' production, the biogas' production and use of organic fertilizer for fertilization of maize. In the chapter on production of litter were evaluated four reuses of litter of broiler chickens reared in a commercial shed divided in 12 boxes belonging to Rei Frango Company in São Carlos - São Paulo - Brazil. To characterize the production of litter was assessed the amount of litter produced in dry matter (DM) and the coefficient of waste (CW), or the amount of waste per kg of live birds. In qualitative characteristics, were analyzed the levels of macro, micro and metals in the shell of peanuts and broiler litter. With the addition of new peanut shell, plus the increase of manure of the previous batch, there was an increase ($P < 0.05$) in the production of litter (dry matter - DM). Thus, the increased CW according to the reuse of litter. But when assessing the cumulative CW, or the amount of waste per kilogram of body weight of accumulated lots of birds created, there was no difference ($P > 0.05$). Overall, it was observed that with the reuse of the litter there was an increase ($P < 0.05$) in the concentration of nutrients in litter. It follows that with the reuse of litter can be equal or lower cost for the purchase of new litter, increase the amount of nutrients in litter to be used as organic fertilizer in agriculture and keep or reduce the environmental impact to the production of litter by produced per bird. In the chapter on anaerobic digester with litter of broiler, for each batch of birds conducted two evaluations were made of anaerobic digester, and 4 trials (litters from 1 to 4 reuse) evaluated in 2 ways: the 4 litters were evaluated at different times of the year and also evaluated in the same season, totaling 8 tests. 24 digesters were used in batch, distributed in a completely randomized design with 4 reuses of litter and 6 repetitions. The levels of macro and micronutrients of litters, of inoculums, the effluents (entry) and effluents (exit) showed itself more with the reuse of litter. There was a minor reduction in levels of volatile solid (VS) during the anaerobic digester of 2 and 3 lots, assessed at different times. When the

4 lots were assessed at the same time, noted that the reduction of VS was equal. The weekly production of CO_2 decreased with time of fermentation and on the unlike, CH_4 (%) increased. For all anaerobic digesters with reuses with broiler litter, conducted at the same time, the beginning of the burning of biogas was on average with 14 days of production. In the chapter on the application of organic fertilizer coming anaerobic digester broiler litter for fertilizer of maize, an experiment was conducted to evaluate the application of organic fertilizer compared to the mineral fertilizer on the agronomic characteristics of hybrid maize AGN 20A55 (*Zea mays* L.) and the chemical parameters of the soil. The experiment was outlined in randomized blocks with eight treatments and three repetitions. The treatments consisted of: T1 - control without fertilization, T2 - mineral fertilization with 60 kg N ha^{-1} ; T3 - mineral fertilization with 120 kg N ha^{-1} ; T4 - $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of organic fertilizer broiler litter; T5 - $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of organic fertilizer broiler litter; T6 - $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of organic fertilizer broiler litter; T7 - $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of organic fertilizer broiler litter; T8 - $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, organic fertilizer broiler litter fertilization + mineral with 60 kg N ha^{-1} . Despite the low statistical variation observed, it is concluded that the application of organic fertilizer not changed the parameters agronomic and nutritional maize, as well as the chemical properties of soil.

Keywords: anaerobic digester, digester, energy, fertilization, manure, recovery of waste

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A mudança global do clima é um dos mais graves problemas ambientais deste século. Se o aquecimento global aumentar mais que 1 °C, relativo a temperatura do ano de 2000, ocorrerão efeitos prováveis no nível do mar e extermínio de espécies, segundo Hansen *et al.*, 2006, citado no IPCC (2008a).

De modo geral, o nível do mar se eleva por expansão térmica da água e por degelo de geleiras, acelerando o ciclo hidrológico, aumentando a frequência de fenômenos extremos climáticos, como secas e inundações, ondas de calor, tempestades severas, etc.

Este problema vem sendo causado pela intensificação da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), ou seja pelo aumento da concentração atmosférica, principalmente dos gases dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

A contribuição dos gases no efeito estufa depende basicamente de dois fatores: sua concentração na atmosfera e seu poder de aquecimento molecular. O poder de aquecimento das moléculas destes gases varia e pode ser mensurado pela utilização do elemento de referência CO₂. Este foi escolhido por ser o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera e de maior contribuição no aquecimento global (IPCC, 2008a).

Segundo estimativas de 2007 de uma agência do governo norte-americana (Laboratório de Pesquisas da Terra da National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA), a concentração mundial de CO₂ na atmosfera aumentou 0,6% ou 19 bilhões de toneladas em relação a 2006. Em outras palavras, o aumento de CO₂ foi de 2,4 unidades por milhão (ppm) ou de 2,4 miligramas por litro de ar em 2007, indicou a NOAA. Desde 2000, o aumento anual de CO₂ de dois ppm/ano ou mais já é considerado comum, contra 1,5 ppm/ano nos anos 80 e menos de um ppm/ano na década de 60, ressaltou a agência federal norte-americana (NOAA, 2008).

A concentração mundial de CO₂ está situada atualmente em cerca de 385 ppm. Na era pré-industrial, situava-se em torno de 280 ppm, e isto se manteve até 1850. A combustão do carvão, do petróleo e do gás natural é a principal fonte de emissões de

CO₂. Os oceanos, a vegetação e os solos absorvem aproximadamente a metade da totalidade do CO₂ emitido e os 50% restantes ficam na atmosfera durante séculos ou mais, lembrou a NOAA em um comunicado divulgado em seu site na internet. Além do CO₂, o gás que mais contribui para o aquecimento do planeta é o metano que registrou um aumento de 27 milhões de toneladas no ano passado, após uma década de estagnação. O CH₄ é 25 vezes mais potente como gás do efeito estufa que o CO₂, porém sua presença é muito menor na atmosfera, o que faz com que seu impacto global sobre o aquecimento do planeta seja quase duas vezes menor que o do CO₂, porém é de extrema importância controlá-lo (NOAA, 2008).

O CO₂ possui uma contribuição relativa de 55%, o CH₄ de 15% e o N₂O de 4% (Institut Technique du Porc, 2000). O N₂O apresenta uma vida útil na atmosfera estimada em 120 anos (IPCC, 2008). O potencial de aquecimento global de cada molécula de N₂O, num horizonte de cem anos, é muito maior (310 vezes) do que o de cada molécula de CO₂. Embora o N₂O seja um gás reativo, ele contribui pouco para esse processo de aquecimento global, em decorrência de sua baixa concentração na atmosfera. Comparativamente ao CO₂, a concentração atmosférica do N₂O é mil e duzentas vezes menor (PAUL & CLARCK, 1996). Porém, foi demonstrado que a concentração atmosférica desse gás tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, e continua a aumentando anualmente a uma taxa de 0,25% (KAISER *et al.*, 1998).

Para o controle do aquecimento global, foi implementado um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa e constitui-se o Protocolo de Kyoto.

Discutido e negociado em Kyoto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 16 de março de 1998 e ratificado em 15 de março de 1999 (UNFCCC, 2008b).

Entre as diretrizes estabelecidas, foi proposto um calendário pelo qual os países desenvolvidos têm a obrigação de reduzir a quantidade de gases poluentes em, pelo menos, 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990. Os países signatários terão que colocar em prática planos para reduzir a emissão desses gases entre 2008 e 2012 (UNFCCC, 2008a).

O protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, através de algumas ações básicas: reformar os setores de energia e transportes; promover o uso de fontes energéticas renováveis; eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da convenção; limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos; proteger florestas e outros sumidouros de carbono.

Com o Protocolo de Kyoto implementado com sucesso, estima-se que haja uma redução na temperatura global entre 1,4 °C e 5,8 °C até 2100. Entretanto, isto dependerá das negociações após o período de 2008/2012. Há comunidades científicas que afirmam categoricamente que a meta de redução de 5,2% em relação aos níveis de 1990 é insuficiente para a mitigação do aquecimento global.

Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há uma acumulação de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como é mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Kyoto, a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século, de acordo com o Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa citado por LIMA et al. (2002).

Durante o último século e início deste, o mundo se fez dependente e tem utilizado, em grande escala, os combustíveis oriundos do petróleo, que além de não serem uma fonte renovável, tiveram por várias vezes seus fornecimentos comprometidos e preços super valorizados por crises políticas e econômicas.

A partir da crise do petróleo nos anos 70, ocorreu uma busca de fontes alternativas de energia, no Brasil e no mundo. Para o meio rural, a alternativa que se mostrou promissora foi o biogás obtido com a digestão anaeróbia de material orgânico vegetal e/ou animal. Considerando a elevação crescente dos preços dos insumos

energéticos, o que torna extremamente cara a utilização de combustíveis de natureza fóssil e a vocação rural do Brasil e suas condições climáticas, verifica-se que a geração de biogás, juntamente com outras formas de energia relacionadas a biomassa, é uma importante alternativa para fornecer energia às propriedades rurais.

Ocorre que grande parte dos resíduos da produção de animais é simplesmente descartada, podendo ser utilizada na fermentação e na formação do biogás. Este, ao contrário do álcool da cana-de-açúcar e de óleo extraído de outras culturas, não compete com a produção de alimentos em busca de terras disponíveis. Afinal, ele pode ser obtido de resíduos agrícolas, ou mesmo de excrementos de animais, dos homens e outros de origem industrial. Assim, ao contrário de ser um fator de poluição, transforma-se em um auxiliar do saneamento ambiental. O biogás também pode ser produzido a partir do lixo urbano, como já se faz nos aterros sanitários implementados em algumas cidades brasileiras e fomentados por projetos relativos ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Em 2007 foram produzidos 5,15 bilhões de frangos de corte no Brasil, tornando-o por mais um ano consecutivo, o maior país exportador de carne de frangos no mundo (ANUALPEC, 2008). Paralelo a esse crescimento a produção de cama de frango vem aumentando. Em 42 dias de criação, um frango de corte produz cerca de 1,75 kg de cama (materia seca), ou seja, em 2007 foram produzidos 9,01 bilhões de kg de cama de frango.

Porém para diminuir a quantidade de cama de frango produzida, o Brasil possui uma das aviculturas mais desenvolvidas e tecnificadas do mundo. Em regiões de grande concentração de produtores, um excedente de cama é gerado e usado para disposição no meio ambiente, provocando excesso de nutrientes no solo e alta pressão pelo corte de árvores para produção de camas novas. Felizmente, pelo fato do país apresentar um clima que permite a produção em aviários abertos, se criam condições de reutilização da cama, a qual, dependendo da sua qualidade, volume e manejo, pode ser utilizada em até 12 lotes, sendo que, no geral, se reutiliza por seis lotes consecutivos (AVILA, et al., 2007). Esse fato contribui sobremaneira para a redução do excesso de cama para disposição no meio ambiente, além de reduzir a demanda por

corte de árvores e a necessidade de aquisição de outros materiais utilizados como cama, os quais estão escassos no mercado.

Contudo é possível observar a necessidade de alternativas para o uso deste subproduto gerado, a fim de minimizar os impactos causados.

A digestão anaeróbia de excretas, uma das formas de bioconversão, oferece várias vantagens como: conversão de resíduos orgânicos em gás metano, o qual pode ser usado diretamente como fonte energética; redução da emissão de amônia; controle de odores e o efluente da digestão anaeróbia pode ser utilizado como biofertilizante nas plantações, por ser fonte de vários minerais, além de contribuir para a rápida amortização dos custos da tecnologia instalada.

Além destas, outras vantagens da digestão anaeróbia podem ser citadas como: a contribuição para a mitigação das emissões de gases estufa como o CH_4 ; a conservação de áreas destinadas a aterro de resíduos, diminuindo o acúmulo de metais no solo, além da lixiviação dos mesmos para o lençol freático; alterações nas relações familiares e sociais nas camadas de baixa renda em função do fornecimento de energia de baixo custo e todas as benéficas conseqüências; influência na balança comercial do país pela substituição de combustíveis fósseis e redução dos conseqüentes impostos; minora distorções de mercado referentes a práticas monopolistas do setor energético em função da auto-suficiência que propicia; a atuação como um mecanismo de segurança para o sistema regional ou local de geração e distribuição de energia e a geração de empregos.

Segundo KONZEN (2003), os dejetos de suínos e a cama de aves podem constituir fertilizantes eficientes e seguros na produção de grãos e de pastagem, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem.

Embora ainda não existam projetos relacionados ao MDL com o uso de cama de frangos como fonte de energia renovável, é possível observar a necessidade de maiores avaliações para implantação de uma linha de base com o objetivo da redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE), para que com isso possa requerer a Redução Certificada de Emissão (RCEs) no âmbito do Protocolo de Kyoto.

1.1. Objetivos Gerais

- Avaliar a produção e a concentração de nutrientes em camas de frangos reutilizadas de quatro lotes de criações;
- Avaliar a redução de sólidos totais e voláteis das camas reutilizadas durante o processo de biodigestão anaeróbia;
- Caracterizar qualitativa e quantitativamente o biogás produzido;
- Comparar algumas características agronômicas do híbrido milho AGN 20A55 adubado com biofertilizante, obtido do processo de biodigestão anaeróbia com cama de frango, e/ou com o fertilizante mineral.

1.2. Estrutura da Tese

O desenvolvimento da Tese foi embasado em dados coletados em galpão experimental de uma granja comercial de produção de frangos de corte. Os dados coletados referem-se aos aspectos da produção de camas, do potencial de produção de biogás e do uso do biofertilizante obtido do processo de biodigestão anaeróbia das camas de frango .

No Capítulo I foi feita a apresentação do problema, justificativa do estudo e objetivos.

No Capítulo II foram apresentados aspectos relativos a produção de camas na avicultura de corte, apresentando-se resultados de ensaios experimentais conduzidos para avaliação da produção de cama com a reutilização de cama em quatro lotes de criação de frangos de corte.

Com as camas produzidas nos ensaios em galpão experimental foi conduzido ensaio de biodigestão anaeróbia (Capítulo III).

Os efluentes (biofertilizantes), resultados dos ensaios de biodigestão anaeróbia das reutilizações da cama (Capítulo III) possibilitaram a avaliação do efeito e viabilidade econômica do uso de efluentes (biofertilizantes) sobre algumas características químicas do solo e o comportamento da cultura do híbrido de milho AGN 20A55 - DAS 8055 (Dow Agrosiences) (*Zea mays* L.) adubada com efluentes de biodigestores ou/e adubo mineral (Capítulo IV).

O estabelecimento da estrutura da Tese e das referências bibliográficas seguiram orientações constantes no volume 4 das Normas para Publicações da UNESP (UNESP, 2003) e ABNT (2002), respectivamente.

CAPÍTULO 2 - Avaliação da Produção de Camas Reutilizadas de Frangos de Corte de Quatro Lotes

2.1. Introdução

Atualmente a exploração avícola tem se caracterizado pela produção de frango de corte cada vez mais precoce, que constitui um dos ramos da produção animal de maior desenvolvimento e progresso tecnológico.

Em 2007 foram produzidos no Brasil 5,15 bilhões de pintos de corte, que originaram a produção de 10,31 milhões de toneladas de carne. Do total, 7,08 milhões foram destinadas ao mercado interno e 2,92 milhões de toneladas exportadas, consagrando o Brasil como o maior exportador mundial de carne de frango por quatro anos consecutivos. Para 2008, sugere-se a produção de não menos de 10,90 milhões de toneladas, quase 5,50% a mais que o produzido em 2007 e para exportação projeta-se aumento de 9,11% em relação a 2007. Em decorrência dos novos projetos e evolução, não será surpresa se o volume do ano de 2008 aproximar-se dos 5,70 bilhões de pintos de corte, 10,6% a mais que o produzido em 2007 (ANUALPEC, 2008).

Esse desenvolvimento está alicerçado nos avanços da genética, nutrição, sanidade e manejo, que são fatores de sustentação da moderna avicultura de corte, e que contribuem para a evolução da criação. No entanto, é constante a busca de alternativas que visam reduzir os custos de produção sem prejudicar o desempenho zootécnico, otimizando a produção para atingir melhores resultados econômicos. Nesse sentido, tem-se verificado a necessidade de maiores estudos relacionados com o manejo adequado, principalmente com a qualidade da cama e o destino deste subproduto.

Cama é todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004), sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e o material utilizado sobre o piso. Vários materiais são utilizados como cama: maravalha,

casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros materiais (GRIMES, 2004).

Considerando-se a produção média de cama de 2,19 kg por frango de corte na matéria natural (MN) (SANTOS & LUCAS JR., 2003), e a produção de frango de corte no Brasil em 2007 de 5,15 bilhões, estima-se que a produção de cama tenha sido aproximadamente 11,27 bilhões de kg de cama de frango (MN).

À medida que a produção nacional de frangos aumenta, maiores quantidades de cama são geradas e é notória a necessidade eminente de se pensar nas possibilidades de manejo e de destino deste resíduo a fim de minimizar os impactos por ele causados.

A cama de frango foi fornecida para ruminantes por muito tempo, porém, devido aos problemas sanitários ocorridos na Europa em 2001, como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), o Ministério da Agricultura publicou uma Instrução Normativa (BRASIL, 2001) proibindo, entre outros, a comercialização da cama de frango com a finalidade de alimentação para ruminantes. Tal proibição se deve aos riscos de haver contaminação da cama com restos de ração que por ventura tenha proteína de ruminantes em sua composição. Devido à dificuldade de fiscalização em todo o território brasileiro para a diferenciação se as aves foram alimentadas com proteína especificamente vegetal ou animal, a instrução proíbe o uso de toda e qualquer cama, independente da sua origem.

Com esta correta proibição, o destino para cama de frango tornou-se restrito, sendo necessário maiores pesquisas com objetivo de estudar alternativas para o aproveitamento deste resíduo.

A reutilização da cama é uma alternativa viável para diminuir o impacto ambiental provindo do acúmulo deste resíduo, além de favorecer regiões em que há escassez do material base e dificuldade para vender a cama após a saída dos animais.

Outras razões para a reutilização da cama são: custo para aquisição do material; mão-de-obra para retirar a cama do galpão, aliada à tentativa de diminuir o tempo ocioso das instalações; diminuição da atividade madeireira, tornando escassa a oferta de maravalha e adaptação às épocas do ano para disponibilidade dos materiais (PAGANINI, 2004).

As restrições técnicas à reutilização de cama na criação de frango vêm, progressivamente, cedendo espaço à bem sucedida adoção do método por muitos criadores. Reutilizar cama, entretanto, não significa desconhecimento dos riscos associados ao método, ou desatenção aos cuidados de limpeza e desinfecção das instalações (JORGE et al., 1997).

A grande dúvida quanto ao período ou número de lotes em que seria possível reutilizar a mesma cama está mais relacionada ao aspecto sanitário. Não é recomendável reutilizar a cama quando o lote anterior passou por algum desafio sanitário relevante. Nesse caso, a limpeza, a desinfecção do galpão, o vazio sanitário e a colocação de cama nova são processos fundamentais antes de alojar novo lote.

Segundo LIEN et al. (1992); MALONE (1992) e BRAKE et al. (1993), a cama pode ser reutilizada de 1 a 6 vezes sem que haja diferenças significativas no que se refere à mortalidade, ganho de peso, consumo de ração, eficiência alimentar e qualidade das carcaças.

Estudos mostram que a cama reutilizada não se revelou prejudicial às aves, ao contrário, evidenciou propriedades benéficas para os plantéis, visto que os lotes nelas criados apresentavam problemas sanitários menos freqüentes, menor mortalidade e índices zootécnicos de produtividade, em muitos casos similares ou mesmo superiores aos observados nos lotes criados em cama nova (JORGE, 1991 e PINHEIRO, 1994).

Segundo FIORENTIN (2008), lotes criados a partir da segunda cama são mais produtivos, provavelmente se deva à maior imunidade adquirida para coccidiose, estimulada desde o início do alojamento e, em menor grau, relacionada a imunidade para outras enfermidades, devido às cepas vacinais ou de baixa virulência que permanecem no galpão. Outro fator importante é que camas reutilizadas permitem o contato dos pintos com bactérias remanescente na cama do lote anterior, facilitando a composição precoce de sua microbiota intestinal com bactérias de origem fecal e não somente com aquelas oriundas da água e da ração.

Vários fatores influenciam a composição químico-bromatológica da cama de frango, como a composição da ração, quantidade do material de cobertura do piso do galpão, estação do ano, densidade de alojamento das aves, tipo de substrato de cama,

ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves.

SANTOS (1997) constatou que há diminuição significativa na produção de resíduos na granja quando se reutiliza a cama. Segundo a autora, o coeficiente de resíduo no qual se criou um lote foi de 0,521 kg de matéria seca (MS) de cama/kg de peso vivo de ave, e para dois lotes 0,439 kg de MS de cama/kg de peso vivo de ave, indicando que uma reutilização pode diminuir o coeficiente de resíduo (produção de cama) em aproximadamente 16%.

Na Tabela 1, SANTOS et al. (2005) ao estudarem alguns parâmetros de avaliação da produção de cama sobre a reutilização da cama de dois lotes de frango e sobre a densidade populacional de frangos, observaram que houve um aumento significativo ($P<0,01$) na matéria seca das camas de frango com o aumento da densidade populacional das aves e com a reutilização da cama, provavelmente devido à maior deposição de detritos acrescentados pelas aves. Porém ao avaliarem o coeficiente de resíduo, observaram que houve uma redução de 35% com a reutilização da cama ($P<0,01$). Confirmando que a reutilização de cama além de reduzir os custos com aquisição de cama nova, reduz a degradação ambiental.

TABELA 1. Produção de cama: matéria natural (kg), matéria seca (kg) e umidade (%) nas diferentes densidades, após os dois lotes de criação.

Lote	Densidade (aves/m ²)	MN (kg)	Umidade (%)	MS (kg)	MS/ave (kg)	DA (kg MS)	Cr
1º	10	107,825	28,84 c	76,556 c	1,727 ax	0,949 bx	0,730 a
	16	137,363	33,20 b	91,366 b	1,349 bx	0,839 bx	0,600 b
	22	170,525	39,03 a	103,511 a	1,124 cx	1,124 ax	0,509 c
		138,571	33,72 A	90,478 B	1,400 A	0,970 A	0,612 A
2º	10	132,500	21,33 c	104,062 c	1,205 ay	1,023 ax	0,475 a
	16	164,313	28,12 b	118,094 b	0,992 by	0,874 bx	0,394 b
	22	199,838	38,24 a	123,211 a	0,774 cy	0,689 cy	0,332 c
		165,55	29,26 B	115,123 A	0,990 B	0,862 B	0,400 B

Em cada coluna, médias seguidas de letra minúscula (maiúscula) comum, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; MN: matéria natural; MS: matéria seca; DA: detritos acrescentados pelas aves; Cr: coeficiente de resíduos acumulado
Fonte: SANTOS et al. (2005)

Segundo OLIVEIRA et al. (2000), no alojamento de aves em alta densidade pode haver maior deposição de água na cama, devido ao estresse calórico sofrido pelas aves, aumentando o consumo de água e conseqüentemente a quantidade de excretas úmidas. E se o manejo das aves e bebedouros não estiverem corretos, também poderá aumentar a umidade das camas.

Nas Tabelas 2 e 3, estão apresentados os resultados discutidos por SANTOS (1997), sobre os teores de minerais em diferentes tipos de cama de frango (N: Napier; NM: mistura de Napier + Maravalha e M: Maravalha) após dois ciclos de criação.

Observa-se que houveram aumentos com a reutilização da cama ($P < 0,01$) nos teores de nitrogênio (38%), fósforo (20%), potássio (6%), cálcio (12%), magnésio (6%), cobre (22%), ferro (14%), manganês (22%), zinco (23%), crômio (80%) e níquel (93%).

TABELA 2. Composição química dos diferentes tipos de cama obtidos após os dois ciclos de criação (macronutrientes).

Ciclo	Cama	N	P	K	Ca	Mg	S
g/100g							
1º	N	2,44 a	1,15 a	3,69 a	2,32 a	0,66 a	0,033 a
	NM	2,24 b	1,04 ab	3,15 b	2,22 a	0,58 b	0,029 a
	M	2,08 c	1,01 b	2,61 c	2,08 a	0,53 c	0,028 a
	Media	2,25 B	1,07 B	3,15 B	2,21B	0,59 B	0,030 A
2º	N	3,74 a	1,38 a	3,76 a	2,45 a	0,66 a	0,034 a
	NM	3,65 b	1,33 ab	3,44 b	2,52 a	0,65 b	0,032 a
	M	3,54 c	1,27 b	2,89 c	2,54 a	0,59 c	0,033 a
	Media	3,65 A	1,33 A	3,36 A	2,50 A	0,63 A	0,033 A

Em cada coluna médias seguidas de letra minúscula (a, b e c – comparações entre camas) ou letra maiúscula comum, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; NS: não significativo *: $P < 0,05$ e **: $P < 0,01$. Fonte: SANTOS (1997).

TABELA 3. Composição química dos diferentes tipos de cama obtidos após os dois ciclos de criação (micronutrientes e metais).

Ciclo	Cama	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Cr	Pb	Ni
$\mu\text{g/g}$									
1º	N	299 a	1193 by	359 a	248 a	9155 ax	5a	19 a	5 ax
	NM	307 a	1615 ax	315 b	221 a	3219 bx	1a	18 a	3 ay
	M	303 a	1786 ax	294 c	217 a	2629 bx	5a	22 a	2 ay
	Media	303 B	1531 B	323 B	229 B	5001 A	4 B	20 A	3 B
2º	N	388 a	1843 ax	443 a	298 a	3465 ay	17a	19 a	17 bx
	NM	395 a	1719 ax	420 b	301 a	4126 ax	22a	18 a	38 bx
	M	380 a	1799 ax	378 c	293 a	4006 ax	22a	21 a	79 ax
	Media	388 A	1787 A	415 A	298 A	3866 A	20 A	19 A	45 A

Em cada coluna médias seguidas de letra minúscula (a, b e c – comparações entre camas, ou x e y – comparações de mesma cama entre ciclos) ou letra maiúscula comum, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; NS: não significativo
*: $P < 0,05$ e **: $P < 0,01$

Fonte: SANTOS (1997)

De acordo com os resultados citados por KONZEN (2003), na Tabela 4, a cama de suínos apresenta composição de certa forma similar à cama de frango, exceto para o fósforo (P).

TABELA 4. Conteúdo médio de nutrientes (NPK) da cama de suínos e de aves.

Materiais	N	P	K	Ca	Mg	M.O.	pH
	(g/100g)					%	
Cama de Suínos	2,96	4,00	3,75	2,20	0,69	57,4	7,4
Cama Frango	3,00	2,40	3,65	2,30	0,73	65,5	8,2

Fonte: Asa Alimentos, DF e FESURV, Rio Verde, GO (2002), citado por KONZEN (2003).

Na Tabela 5, observa-se que no experimento realizado na África do Sul por VAN RUSSEN (2000) citado por JORDAAN (2004), comparando as camas de frangos foram observados valores inferiores aos apresentados na Tabela 4, com exceção do P.

TABELA 5. Média da concentração de minerais de cama de frango e excretas de aves de postura no Sul da África.

Minerais	Cama de Frango	Excretas de Aves de Postura
Cálcio (%)	2,53	8,81
Fósforo (%)	1,46	2,31
Magnésio (%)	0,58	0,90
Sódio (%)	0,56	0,47
Potássio (%)	1,33	2,05
Alumínio (mg/kg)	834	1683
Cobre (mg/kg)	43,6	45,9
Ferro (mg/kg)	1335	2271
Zinco (mg/kg)	254	372
Manganês (mg/kg)	317	546
Cádmio (mg/kg)	0,32	0,50
Cromo (mg/kg)	11,21	9,20
Arsênio (mg/kg)	4,92	2,48
Chumbo (mg/kg)	0,55	1,17
Mercúrio (mg/kg)	0,49	1,71
Selênio (mg/kg)	0,57	0,13

Fonte: Van Ryssen, 2000, citado por JORDAAN (2004).

Quando comparadas as concentrações de minerais entre aves de postura e frangos de corte, observa-se a alta correlação entre a nutrição e a deposição de nutrientes nas excretas.

Para as aves de postura, as exigências nutricionais são formuladas para se obter ótimo desempenho em produção de ovos. Com isso, as quantidades de minerais, principalmente cálcio e fósforo, apresentam-se superiores às fornecidas para frangos de corte.

Tal característica se deve ao fato de que estes nutrientes devem ser evitados em altos níveis de cálcio e de fósforo (adequado manter a relação Ca:P em 2:1) para frangos de corte, pois além de afetar o desempenho, aumenta a contaminação ambiental (ROSTAGNO, 2005).

SEVERINO et al. (2006), ao estudarem onze materiais orgânicos (Tabela 6), dentre esses a casca de amendoim e a cama de frango, encontraram valores de macronutrientes diferentes aos autores citados anteriormente, os quais não citaram quais os materiais que utilizaram para produção de cama de frango.

TABELA 6. Concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, nos materiais estudados.

Materiais	N	P	K	Ca	Mg
	(g/100g)				
Casca Amendoim	1,53	0,36	0,79	0,46	0,21
Cama Frango	2,95	3,87	1,10	4,71	6,93

Fonte: SEVERINO et al. (2006).

Como a concentração de minerais na cama de frango pode influenciar no desenvolvimento da biodigestão anaeróbia, demonstra-se a importância de conhecê-la para melhor manejar o biodigestor e conseqüentemente conhecer o valor agrônômico do efluente (biofertilizante) para adubação de plantas.

Foram desenvolvidos ensaios com frangos de corte com o objetivo de verificar o efeito da reutilização de cama de quatro lotes de criação de frangos de corte sobre a produção de cama e do desempenho das aves em condições de campo.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Instalações e equipamentos

Foram avaliados 4 lotes subsequentes criados em um galpão comercial pertencente à Empresa Rei Frango, localizada no município de São Carlos – SP (Figura 1).



FIGURA 1. Galpão de frangos de corte utilizado no experimento

O galpão experimental foi construído em alvenaria na orientação leste-oeste, com dimensões de 18,0 x 250,0 m, pé direito de 3,0 m, sem lanternim, coberto com telhas de fibrocimento, piso de concreto e mureta lateral em alvenaria com 0,6 m de altura, completada com tela de arame até o telhado e cortinado móvel externo. O galpão foi subdividido em 12 boxes de 18,0 x 20,7 m, sendo que no centro do galpão tem um corredor de 18,0 x 1,6 m.

O galpão possui 2 silos de armazenamento de ração, sistemas automatizados para distribuição da ração e comedouros tipo tuboflex automáticos. O aquecimento das aves foi realizado com aquecedores a gás, utilizando botijões de 13 kg de GLP e para fornecimento de água foram utilizados bebedouros do tipo pendular. Para controle do ambiente foram utilizados ventiladores para circulação do ar, sistema de nebulização e controle da altura da cortina.

2.2.2. Manejo adotado na granja

Foram utilizadas apenas aves da Linhagem Cobb, provenientes do Incubatório pertencente a Empresa Rei Frango, localizado na cidade de São Carlos-SP, sendo criados lotes mistos (machos e fêmeas).

O programa de luz utilizado foi contínuo, sendo o aquecimento na fase inicial das aves realizado em períodos que variaram do primeiro ao décimo segundo dia de idade das aves, dependendo da época do ano. O material utilizado como cama para as aves foi a casca de amendoim.

O calendário de vacinação adotado foi o seguinte: 1º dia de idade: vacina contra Marek injetável no incubatório e 14º dia contra Gumboro via água de bebida no galpão.

As aves foram criadas nos períodos de 17 de janeiro a 19 de março (primeiro lote), 17 de abril a 9 de junho (segundo lote), 25 de junho a 09 de agosto (terceiro lote) e 31 de agosto a 11 de outubro (quarto lote) de 2007.

Na Tabela 7, estão apresentadas as médias das variáveis climáticas em São Carlos – SP, obtidas durante o período experimental (CEPAGRI, 2008). Observa-se que durante as criações do segundo e terceiro lotes, a temperatura ambiente média variou de 18,0 a 22,0°C, comparando com a época de criação dos outros lotes, estes apresentaram menor média de temperatura ambiente.

TABELA 7. Dados meteorológicos mensais do ano de 2007 em São Carlos no período experimental.

Mês	Temperatura do ar (°C)			Chuva (mm)
	Mínima média	Máxima média	média	
Janeiro	18,0	28,0	23,0	268,7
Fevereiro	18,0	28,0	23,0	227,4
Março	17,0	28,0	23,0	136,7
Abril	16,0	28,0	22,0	59,4
Mai	13,0	25,0	19,0	49,7
Junho	12,0	24,0	18,0	32,1
Julho	12,0	24,0	18,0	15,5
Agosto	13,0	27,0	20,0	26,6
Setembro	15,0	28,0	21,0	68,9
Outubro	16,0	28,0	22,0	132,8
Novembro	16,0	28,0	22,0	164,9
Dezembro	18,0	28,0	23,0	240,1
Ano	15,3	27,0	21,2	1422,8
Min	12,0	24,0	18,0	15,5
Max	18,0	28,0	23,0	268,7

Fonte: Cepagri – Meteorologia Unicamp (2008)

As exigências nutricionais, a composição das rações e as fases (idades) de trocas de rações foram iguais para todos os lotes de criação, como descrito na Tabela 8.

TABELA 8. Composição centesimal e os níveis calculados dos nutrientes das cinco dietas de acordo com a idade das aves.

Fases Idade (dias)	Pré-Inicial 1 a 7	Inicial 8 a 14	Cresc. I 15 a 21	Cresc. II 22 a 35	Final 36 a 54
Ingredientes (kg)					
Milho Moído (8%PB)	60,70	59,50	63,30	66,00	68,30
Farelo Soja (45,5% PB)	30,80	30,20	22,30	19,50	17,50
Farinha carne (43% PB)	6,20	6,00	5,80	5,00	4,60
Farinha Pena			3,00	3,50	3,50
Calcário (38% Ca)	0,10	0,18	0,10	0,19	0,33
Gordura Animal	0,60	2,60	4,00	4,30	4,60
Sal	0,43	0,32	0,37	0,38	0,38
Bicarbonato de Sódio		0,10			
Premix Mineral e Vitamínico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25
L-Lisina 98%	0,26	0,20	0,32	0,34	0,31
DL-Metionina 99%	0,25	0,24	0,18	0,16	0,14
L-Treonina	0,11	0,11	0,08	0,08	0,04
Formol	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Energia metabolizável (kcal/kg)	2959	3067	3200	3250	3297
Proteína Bruta (%)	22,02	21,50	20,50	19,49	18,52
Fibra Bruta (%)	3,366	3,303	2,932	2,813	2,715
Extrato Etéreo (%)	4,257	6,156	7,789	8,095	8,404
Matéria Mineral (%)	5,660	5,509	5,079	4,770	4,642
Cálcio (%)	1,020	1,022	0,952	0,875	0,861
Fósforo Disponível (%)	0,513	0,498	0,481	0,428	0,401
Sódio (%)	0,218	0,201	0,200	0,201	0,199
Colina (mg)	1,599	1,402	1,286	1,217	0,965
Lisina Dig. (%)	1,219	1,151	1,086	1,029	0,952
Met+Cist. Dig. (%)	0,843	0,821	0,761	0,725	0,687
Metionina Dig. (%)	0,555	0,538	0,449	0,415	0,385
Treonina Dig. (%)	0,725	0,713	0,653	0,630	0,566
Triptofano Dig. (%)	0,205	0,201	0,165	0,152	0,142
Arginina Dig. (%)	1,079	1,058	0,981	0,933	0,884
Histidina Dig. (%)	0,443	0,434	0,381	0,360	0,344
Isoleucina Dig. (%)	0,776	0,761	0,705	0,670	0,635

[†] Suplemento Mineral e Vitamínico – Inclusão de 0,5% - Níveis de garantia por quilograma do produto: Se (60mg); Mg (14.000mg); Zn (16.000mg); Fe (8.000mg); Cu (25.000mg); I (240mg); Antioxidante (20.000mg); Salinomicina (13.200mg); Colistina (2.0000mg); Bacitracina Zn (20.000mg); Vit A (1.200.000UI); Vit D3 (400.000UI); Vit E (4.000mg); Vit K3 (400mg); Vit B1 (300mg); Vit B2 (800mg); Vit B6 (600mg); Vit B12 (2.000mcg); Ác. Fólico (120mg); Ác. Pantotênico (2.400mg); Niacina (8.000mg); Colina (52.080mg).

2.2.3. Esquema da distribuição dos boxes para cada lote de criação

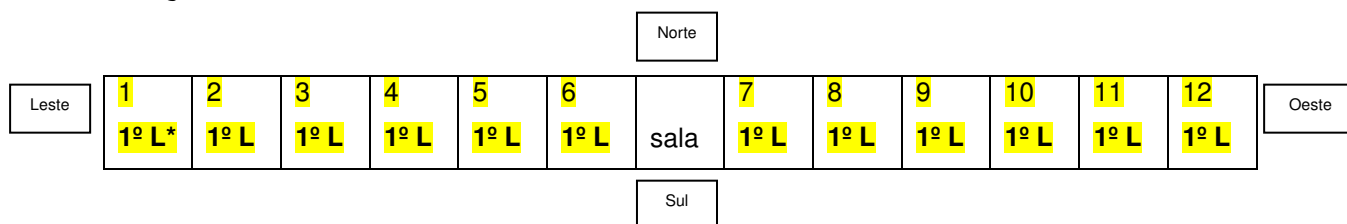
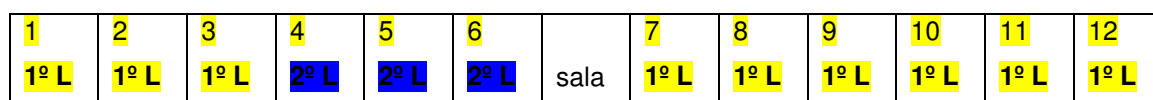
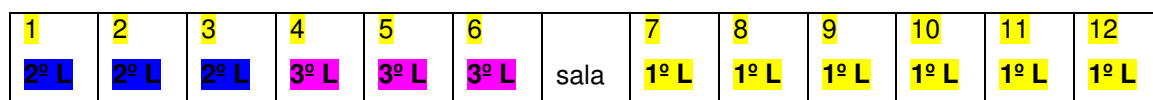
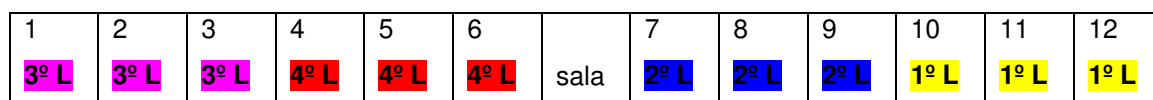
1º Criação: Todos boxes (1 a 12) receberam casca de amendoim nova

2º Criação: Boxes 4, 5 e 6 permaneceram com cama da 1º Criação (**2º Lote**) e nos demais boxes foi retirada toda a cama da criação anterior e colocada casca de amendoim nova.

3º Criação: Boxes 4, 5 e 6 permaneceram com cama da 2º Criação (**3º Lote**), Boxes 1, 2 e 3 permaneceram com cama da criação anterior (**2º Lote**) e nos demais boxes foi retirada toda a cama da criação anterior e colocada casca de amendoim nova.

4º Criação: Boxes 4, 5 e 6 permaneceram com cama da 3º Criação (**4º Lote**), Boxes 1, 2 e 3 permaneceram com cama da 2º Criação (**3º Lote**), Boxes 7, 8 e 9 permaneceram com cama da criação anterior (**2º Lote**) e nos demais boxes foi retirada toda a cama da criação anterior e colocada casca de amendoim nova (**1º Lote**).

Na Figura 2, está apresentado o croqui experimental das divisões dos boxes em cada fase de criação após alojadas as aves.

1º Criação**2º Criação****3º Criação****4º Criação**

* L: lote

FIGURA 2. Croqui experimental das divisões dos boxes em cada fase de criação após alojadas as aves.

Para todos lotes de criações, a amostragem da cama foi realizada da seguinte forma:

- 1º passo: O veículo utilizado para transporte da cama foi pesado vazio para se obter a tara;
- 2º passo: Em cada box de criação das aves, foi coletado amostras de cama, abrindo-se uma vala, no sentido norte e sul do galpão para obtenção da cama de várias situações, abaixo de comedouro, bebedouro e cantos do box. Cada vala possuía largura, comprimento e altura igual para todos os boxes (Figura 3). Cada saco com cama de cada box, foi identificado e colocado no veículo para pesagem e cálculo da produção de cama por box (Figura 4);
- 3º passo: Dentro do mesmo box foi aberto uma espaço de 8 m² para homogenização da cama após pesagem (Figura 5), e em seguida foi amostrado 150 kg de cama (matéria natural) por box e levado para universidade para realização da biodigestão anaeróbia (Capítulo III). O restante da cama produzida permaneceu para condução do lote subsequente.



Figura 3. Abertura de uma vala em cada box para coleta da cama



FIGURA 4. Pesagem do veículo com sacos de cama de frango de cada box



FIGURA 5. Espaço para homogeneização da cama após pesagem

Com a finalidade de controlar os aspectos sanitários na criação dos frangos de corte, os procedimentos para desinfecção do galpão foram da seguinte forma: 1) Retirada da cama; 2) Limpeza do piso, da calçada e das telas; 3) Lavagem com água em todo galpão; 4) Pulverização com amônia quartenária 15% mais glutaraldeído 35% na proporção de 1 L para 1000 L de água; 5) Aplicação de cal virgem sobre o piso, na proporção de 60 kg de cal virgem para 200 L de água; 6) Colocação da casca de amendoim desinfetada.

Quando a cama era reutilizada, seguia os seguintes procedimentos: 1) Queima das penas com lança-chamas; 2) Aplicação de inseticida para controle de cascudinho (*Alphitobius diaperinus*); 3) Adição de 1000 kg de casca de amendoim nova (matéria natural) por boxe no pinteiro, previamente limpa e desinfetada com alguns dias de antecedência ao alojamento dos pintos

2.2.4. Cálculo da produção de cama

Para caracterização da produção de camas foram realizadas pesagens no início e final de cada lote, sendo coletadas amostras representativas e significativas para análise do teor de sólidos totais (ST), utilizados nos cálculos da produção de cama.

Para cada lote foi determinado o Coeficiente de resíduo (Cr), o qual é utilizado para determinar o potencial de produção de resíduo. O Cr é calculado pela relação entre a quantidade total do resíduo (Re) na base seca e a massa de colheita com umidade no campo (Mc), assim: $Cr = Re/Mc$.

Na avicultura de corte, significa a relação entre a quantidade de cama gerada (MS) e o peso vivo dos frangos produzidos no sistema ($Cr = \text{kg de cama de frango (MS)} / \text{kg de peso vivo das aves}$), conforme adaptado de Risser (1985) e Strehler & Sützle (1987) por SANTOS (2001). O Cr acumulado é a quantidade de cama por kg de peso vivo das aves de cada lote acumulado.

2.2.5. Determinação da composição química da cama

Foram realizadas análises segundo BATAGLIA et al. (1983), para verificação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco, cromo, chumbo, níquel e cádmio, na casca de amendoim e cama de frango.

O nitrogênio foi determinado por meio da utilização do destilador micro-Kjeldahl, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ em amônia (NH_3), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H_2SO_4 até nova formação de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por SILVA (1981).

Os teores de fósforo foram determinados pelo método colorimétrico utilizando-se espectrofotômetro HACH modelo DR-2000. O método baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6N, onde a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de fósforo das amostras, por meio da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 32 μg de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1991).

Os demais elementos foram quantificados utilizando-se digestão nitro-perclórica para obtenção do extrato, posteriormente submetido a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica GBC, modelo 932 AA.

2.2.6. Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS program version 9.1. (2003) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a um nível de significância de 5%. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} : Resposta da produção de cama de frangos criados sobre diferentes reutilizações de cama (tratamentos) i , nas repetições j ;

μ : media geral do experimento;

Ti: efeito do tratamento i, onde i = 1, 2, 3 e 4.

eij: erro associado a cada observação, onde j= 1, 2 e 3.

2.3. Resultados e Discussão

2.3.1. Produção de cama

Na Tabela 9 está apresentado a produção de cama reutilizada de quatro lotes de criação de frangos de corte.

TABELA 9. Produção de cama reutilizada de quatro lotes de criação de frangos de corte.

Criação Aves	N. Aves/box	Cama MN (kg)	MS (%)	Cama MS (kg)	GP/Ave (kg)	Cama/Ave (kg)	Cama/Ave Acum (kg)	Cr	Cr acum
Cama 1º L	5067 C	9660 D	78,39 B	7572,47 D	3,32 A	1,49 D	1,49 A	0,45 D	0,45 A
Cama 2º L	5814 A	17388 C	77,47 D	13470,40 C	3,19 B	2,32 C	1,24 A	0,73 C	0,38 A
Cama 3º L	5238 B	27244 B	77,68 C	21163,04 B	2,49 C	4,04 B	1,31 A	1,62 B	0,44 A
Cama 4º L	4800 D	31390 A	82,49 A	25893,61 A	2,42 D	5,39 A	1,29 A	2,23 A	0,43 A
P Value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1001	<0,0001	0,3319
CV (%)	0,00	7,33	0,00	7,20	0,00	7,12	14,78	6,91	10,76

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

GP: média do ganho de peso/ave; Cr: coeficiente de resíduo (kg cama/kg ave)

Em cada novo lote de criação foram adicionados 1000kg de casca de amendoim nova por box. Quando se reutiliza a mesma cama do lote anterior, é necessário colocar uma camada de casca de amendoim nova (ou outro produto utilizado como cama, por exemplo maravalha) para a chegada de novos pintinhos, devido a baixa imunidade destas aves no início de vida. Em média 4 a 5 dias após a exposição do sistema imunológico ao antígeno é que as imunoglobulinas surgirão (BUTCHER e MILES, 2003, citado por VARGAS, 2007).

Com o acréscimo de casca de amendoim nova mais o aumento de excretas do lote anterior, houve um aumento significativo ($P < 0,05$) na produção de cama como demonstrado na Tabela 9 e no Figura 6. Assim, a quantidade de cama pelo número de

ave e o coeficiente de resíduo (Cr), ou seja, a relação entre a quantidade de cama gerada (MS) e o peso vivo dos frangos produzidos no sistema, também aumentou de acordo com a reutilização da cama, como apresentado no Figura 7.

Porém quando se avalia a quantidade de cama pelo número de ave acumulado e o Cr acumulado, observa-se que não houve diferença significativa ($P>0,05$) com as reutilizações de camas, ou seja, a quantidade de resíduo por kg de peso vivo das aves acumulado nos lotes não aumentou com a reutilização.

Entretanto, SANTOS (1997), ao comparar o Cr acumulado do 1º lote para o 2º lote observou que a reutilização diminuiu o coeficiente de resíduo acumulado em aproximadamente 16%.

Através destes resultados apresentados, é possível observar que com a reutilização da cama pode-se igualar ou diminuir os custos com a aquisição de nova cama, aumentar a quantidade de nutrientes na cama para ser utilizada como biofertilizante na agricultura e estabilizar ou diminuir o impacto ambiental com a produção de cama por ave produzida.

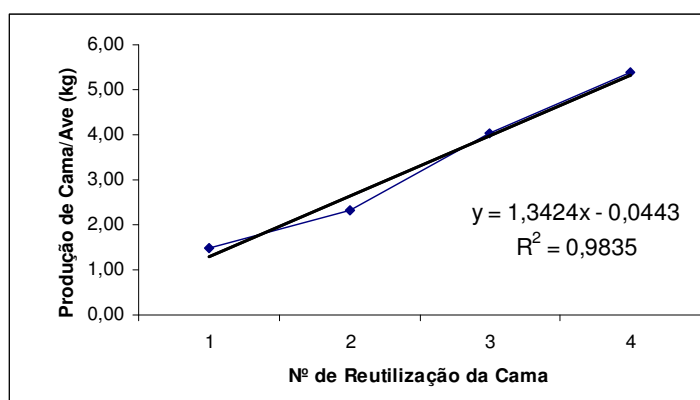


FIGURA 6. Produção de cama/ave em lotes de criação de aves com diferentes reutilizações de cama.

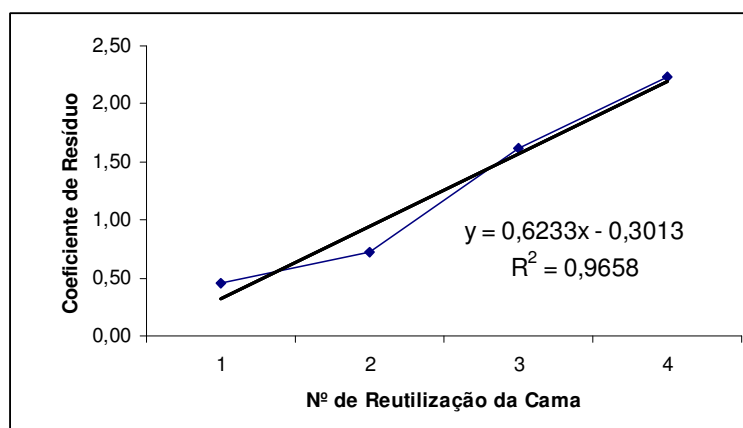


FIGURA 7. Coeficiente de resíduo em lotes de criação de aves com diferentes reutilizações de cama.

2.3.2. Composição química da casca de amendoim e da cama de frango de acordo com os lotes de criação

Os resultados médios da composição química para o aproveitamento das camas de frangos para biodigestão anaeróbia estão apresentados nas Tabelas 10 e 11, para os materiais originais e nas Tabelas 12 e 13, para as camas obtidas em 4 lotes seguidos de criações.

TABELA 10. Concentrações de macronutrientes na casca de amendoim, em g/100g de matéria seca (MS).

Material	N	P	K	Ca	Mg
	g/100g				
Casca Amendoim	0,56	ND	0,86	0,26	0,11

*ND: Não Detectável

TABELA 11. Concentrações de micronutrientes e metais na casca de amendoim, em mg/kg de matéria seca (MS).

Material	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Pb	Ni	Cd
	(mg/kg)							
Casca Amendoim	189,56	947,79	81,24	135,40	ND	ND	1,08	ND

*ND: Não Detectável

De acordo com os resultados encontrados por SEVERINO et al. (2006), a casca de amendoim apresentou maiores teores de macronutrientes (N: 1,53%; P: 0,36%; Ca: 0,46%; Mg: 0,21%) comparando com os resultados apresentados neste experimento.

Por ser um subproduto do beneficiamento de amendoim e não ser utilizado para o consumo, a composição deste material pode variar de acordo com a cultura, o clima, e principalmente o beneficiamento.

TABELA 12. Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, em diferentes épocas.

Criação Aves	N	P	K	Ca	Mg	Na
	g/100g					
Cama 1ª L	5,10	1,33 C	2,35 B	2,11 C	0,52 B	0,48 B
Cama 2ª L	6,14	1,47 C	2,44 B	2,37 BC	0,58 B	0,60 AB
Cama 3ª L	6,28	2,27 A	3,17 A	3,42 A	0,76 A	0,78 AB
Cama 4ª L	6,49	1,80 B	2,76 AB	2,84 B	0,61 B	0,85 A
P value	0,2413	<0,0001	0,0089	0,0001	0,0015	0,0307
CV (%)	16,28	6,7	8,49	7,06	7,62	19,30

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05)

TABELA 13. Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, em diferentes épocas.

Criação Aves	Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cr	Cd	Ni
	(mg/kg)							
Cama 1ª L	399,10 B	524,50	333,39 B	1495,85 B	19,21 B	0,00	0,00	4,62
Cama 2ª L	472,44 AB	558,66	343,82 B	1569,53 AB	18,48 B	0,00	0,00	5,16
Cama 3ª L	567,44 A	631,11	442,48 A	1715,83 A	26,02 A	0,00	0,00	6,00
Cama 4ª L	532,56 AB	597,89	383,82 AB	1405,99 B	22,56 AB	0,00	0,00	4,70
P value	0,0200	0,2441	0,0028	0,0058	0,0014	ND	ND	0,1237
CV (%)	10,68	10,66	6,71	4,86	7,32	ND	ND	13,28

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05). ND: não detectável

Comparando a média dos resultados de composição de minerais dos lotes de criações (reutilizações de cama) com a casca de amendoim, observa-se que houve um aumento em todos os teores: N (90,67%); P (100%), K (67,91%), Ca (90,33%); Mg (82,11%); Cu (67,32%); Fe (39,75%); Mn (78,57%); Zn (67,41%); Pb (82,26%) e Ni (78,91%), mostrando o acúmulo de nutrientes depositados após as criações das aves,

devido a composição das excretas, penas, rações e outros materiais que compõem a cama de frango.

Observando os resultados nas Tabelas 13 e 14, os minerais P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe e Pb aumentaram significativamente ($P < 0,05$) com a reutilização da cama, com exceção para o N, Cu, Cr, Cd e Ni.

Em geral, os resultados apresentados por KONZEN (2003) sobre as concentrações de macronutrientes nas camas (N, P, K, Ca e Mg) estão próximos, com exceção do nitrogênio, que em média foi duas vezes menor (3,00 g/100g) que o encontrado neste experimento (6,00 g/100g).

Apenas alguns macronutrientes como P, Ca, Mg e Na estavam próximos ao comparar os resultados citados por JORDAAN (2004).

SEVERINO et al. (2006), ao estudarem onze materiais orgânicos (Tabela 6), dentre esses a casca de amendoim e a cama de frango, encontraram valores de macronutrientes diferentes dos autores citados anteriormente e também dos resultados apresentados neste experimento.

SANTOS (1997) ao avaliar diferentes camas de frango (napier, maravalha e a mistura de napier com maravalha) sobre dois lotes de criação, observou aumento significativo ($P < 0,05$) na concentração dos minerais (N, P, K, Ca, MG, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr e Ni) na cama de frangos de acordo com a reutilização. Sendo os resultados apresentados por esta autora, semelhante apenas na concentração em K, Ca, Mg, Mn, Zn e Fe, devido a diferença do material utilizado como cama.

Esta variação na composição química da cama de frango se deve ao fato de haver diferenças nos materiais utilizados como cama, no balanço nutricional, no manejo dos frangos de corte, na reutilização da cama, dentre diversas outras variações.

No 4º lote foi observado menor concentração dos nutrientes na cama comparando com o 3º lote (Tabela 13 e 14), provavelmente devido a menor número de aves criadas (4800 e 5238 aves/box, respectivamente) e a menor idade das aves para o abate (41,94 e 45,85 dias de idade), ou seja menor tempo que os frangos excretaram sobre a cama, conseqüentemente diminuiu a quantidade de minerais na cama de 4º lote.

Na Tabela 14 e 15, estão apresentados os dados de quantidade de minerais (kg) de acordo com a produção de cama na matéria seca.

TABELA 14. Quantidade de macronutrientes, em kg de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, de acordo com a produção de cama na MS.

Criação Aves	N	P	K	Ca	Mg	Na
	(kg)					
Cama 1º L	383,44 C	100,42 B	177,10 C	158,92 C	39,12 C	35,47 B
Cama 2º L	827,09 B	198,16 B	329,46 B	319,91 B	78,89 B	80,25 B
Cama 3º L	1334,85 A	481,98 A	670,22 A	724,10 A	161,07 A	164,44 A
Cama 4º L	1574,33 A	466,54 A	713,72 A	735,04 A	157,66 A	220,09 A
P value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	11,82	13,34	8,87	10,69	10,29	17,18

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

TABELA 15. Quantidade de micronutrientes e metais, em kg de matéria seca (MS), das camas utilizadas nos biodigestores batelada, de acordo com a produção de cama na MS.

Criação Aves	Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cr	Cd	Ni
	(kg)							
Cama 1º L	30043,23 C	39512,68 C	25481,06 C	112605,90 C	1435,96 B	0,00	0,00	342,63 C
Cama 2º L	63898,92 B	75508,07 B	46438,91 B	211361,15 B	2493,86 B	0,00	0,00	694,79 B
Cama 3º L	120177,75 A	133726,02 A	93545,80 A	362258,52 A	5513,49 A	0,00	0,00	1272,27 A
Cama 4º L	137864,12 A	154644,51 A	99348,84 A	364056,82 A	5846,84 A	0,00	0,00	1213,89 A
P value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ND	ND	<0,0001
CV (%)	11,17	12,02	9,01	5,44	10,99	ND	ND	15,08

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$). ND: Não detectável.

Observa-se que com a reutilização da cama e conseqüentemente com o aumento na quantidade de cama (produção de cama na MS), houve aumento significativo ($P < 0,05$) na quantidade de minerais na cama.

Apesar do 3º lote apresentar maior concentração de minerais que o 4º lote, com exceção para o nitrogênio, quando se avalia a quantidade de minerais de acordo com a produção de cama na MS, mesmo não havendo diferença significativa, verifica-se que numericamente o 4º lote apresentou maior quantidade de minerais. Como exemplo, no 3º e 4º lotes de criações das aves, foram produzidos 21163,04 e 25893,61 kg cama/boxe, e as concentrações de potássio (K) foram 3,17 e 2,76 %, portanto as quantidades de K presentes nas camas de 3º e 4º lotes foram 670,22 e 713,72 kg potássio/boxe, respectivamente.

2.4. Conclusões

A prática da reutilização da cama de frango é uma forma de igualar ou diminuir os custos com a aquisição de nova cama, aumentar a quantidade de nutrientes na cama para ser utilizada como biofertilizante na agricultura e estabilizar ou diminuir o impacto ambiental com a produção de cama por ave produzida.

2.5. Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10520:2002. 7p. 2002.

ANUALPEC 2008: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Agra FNP, Instituto FNP, 2008. p. 243-270.

AVILA, V. S. de; ABREU, V. M. N.; FIGUEIREDO, É, A. P. de; BRUM, P. A. R. de; OLIVEIRA, U. de. **Valor Agronômico da Cama de Frangos após Reutilização por Vários Lotes Consecutivos** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 466).

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

BRAKE, J. D. et al. Evaluations of whole chopped kenaf and kenaf core used as a broiler litter material. **Poultry Science**, v.72, n.11, p.2079-2083, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa Nº 15, de 17 de Julho de 2001. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=3587>>. Acesso em: 18 maio 2006.

CEPAGRI Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. UNICAMP Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: < http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_549.html>. Acesso em 14 agosto 2008.

FIORENTIN, L. A reutilização da cama de aviário no contexto do Benchmarking. EMBRAPA. Disponível em: <http://www.cnpsa.com.br>. Acesso em: 31 julho 2008.

GRIMES, J. L. Alternatives litter materials for growing poultry. **North Carolina Poultry Industry Newsletter**, v. 1, 2004.

INSTITUT TECHNIQUE DU PORC. Memento de l'éleveur de porc, 6e édition. Institut Technique du Porc : Paris, 2000, 374 p.

IPCC: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf. Acesso em: 04 maio 2008b.

IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B.M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter1.pdf>. Acesso em: 04 maio 2008a.

JORDAAN, J. D. The influence of bedding material and collecting period on the feeding value of broiler and layer litter. [Dissertation] Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of the Free State. Bloemfontein, South Africa, 2004, 77p.

JORGE, M. A. Cama de frangos de corte: como fazer dela sua aliada na prevenção de enfermidades. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1991, Santos. **Anais...** Santos:FACTA, 1991. p. 21-28.

JORGE, M. A., MARTINS, N. R. S., REZENDE, J. S. Cama de frango e sanidade avícola. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FACTA, 1997. p. 24-37.

KAISER, E.A., KOHRS, K., KÜCKE, M., SCHNUG, E., HEINEMEYER, O. AND MUNCH, J.C., 1998. Nitrous oxide release from arable soil: importance of N-fertilization, crops and temporal variation. *Soil Biol. Biochem.* **30**, pp. 1553–1563.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **V Seminário técnico da cultura de milho**, Videira, 2003.

LIEN, R. J.; CONNER, D. E. ; BILGILI, S. F. The use of recycled paper chips as litter material for rearing broiler chickens. **Poultry Science**, v. 71, n. 1, p. 81-87, 1992.

LIMA, A.L.; PESSOA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: Relatórios de referência - Emissões de metano da pecuária. Brasília: IBGE-EMBRAPA - MCT, 2002. 79p.

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

MALONE, G. W. Nutrient enrichment in integrated broiler production systems. **Poultry Science**, v. 71, p. 1117-1122, 1992.

NOAA. Disponível em: <<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/gases.html#cd>>. Acesso em: 4 maio 2008.

OLIVEIRA, L. C.; GOMES, M. F.; VELLOSO, C. R. V. Modernização da legislação sanitária federal sobre leite e derivados. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 17, 2000, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EPAMIG, 2000. p. 107-191.

PAGANINI, F. J. **Produção de frangos de corte: Manejo de cama**. Ed. MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. Campinas: FACTA. 356p. 2004.

PAUL, E. A., CLARK, F. E. **Soil Microbiology and Biochemistry**, Academic Press, San Diego (1996) 340 p. .

PINHEIRO, M. R. (Org.) **Manejo de frangos**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994, p. 174.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2º Ed. Viçosa:UFV, 2005, 186p.

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

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

SANTOS, T. M. B., LUCAS JR., J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: ZOOTECH'2003; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECHNIA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECHNIA, 13, 2003, Uberaba-MG, Brasil, 131-141.

SANTOS, T. M. B. dos, LUCAS JR, J., SAKOMURA, N. K. Efeitos de densidade populacional e da reutilização da cama sobre o desempenho de frangos de corte e produção de cama. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v. 100, n. 553-554, p. 45-52, 2005.

SAS INSTITUTE. Program version 9.1. Cary, 2003.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S.; BELTRAO, N. E. M. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2006. Campina Grande – PB. Comunicado Técnico, 278.

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

UNESP (2008). Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Disponível em <<http://www.fcav.unesp.br/zootecnia/normasdiretrizes.php>> Acesso em: 30 abril 2008.

UNESP (2008). Departamento de Ciências Exatas - Estação Agroclimatológica. Disponível em <http://www.exatas.fcav.unesp.br/estacao>. Acesso em: 30 abril 2008.

UNFCCC. United Nations framework convention on climate change. **Kyoto protocol, 1998**. Disponível em: < <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 29 junho 2008a.

UNFCCC. United Nations framework convention on climate change. **Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amounts**. 2007. Disponível em: < <http://unfccc.int/2860.php>>. Acesso em: 04 maio 2008b.

VARGAS, F. S. C. **Efeito de duas idades da matriz e de dois períodos de jejum pós-eclosão sobre o desempenho e a imunidade de frangos de corte**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CAPÍTULO 3 - Biodigestão Anaeróbia de Cama de Frangos

3.1. Introdução

3.1.1. Produção do biogás

O biogás é o nome comum dado à mistura gasosa produzida durante a biodegradação anaeróbia da matéria orgânica (RUIZ et al., 1992; CAMARERO et al., 1996; GARBA, 1996; LASTELLA et al., 2002; YADVIKA et al., 2004).

Na forma como é produzido, o biogás é constituído basicamente de 60 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), além de traços de O_2 , N_2 , H_2S , etc., segundo RUIZ et al. (1992).

O processo biológico para produção de biogás ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos interage estreitamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, resultando, principalmente, nos gases metano e dióxido de carbono (FORESTI et al., 1999).

A biodigestão anaeróbia geralmente é dividida em três fases, hidrólise, acidogênese e metanogênese. Porém, há autores que a dividem em quatro fases, acrescentando a acetogênese, fase intermediária entre a acidogênese e a metanogênese (CAMARERO et al., 1996; SINGH e SINGH, 1996; STERLING et al., 2001). Há ainda quem divida o processo nas fases de hidrólise, acetogênese e metanogênese (SHARMA et al. 2000).

A primeira fase da digestão anaeróbia é chamada de hidrólise e envolve a transformação mediada por enzimas extracelulares dos compostos insolúveis e dos compostos com alto peso molecular como carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucléicos em compostos solúveis mais simples como os monossacarídeos, os aminoácidos e os ácidos graxos. As bactérias que hidrolisam a matéria orgânica nessa primeira fase são facultativas e anaeróbias estritas. Na segunda fase, chamada de

acidogênese, outro grupo de microrganismos transformam os produtos resultantes da fase anterior em ácido acético, hidrogênio, dióxido de carbono e outros ácidos orgânicos como o propiônico e o butírico que podem ser convertidos em ácido acético. Na terceira fase, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em uma mistura de metano e de dióxido de carbono pelas arqueias metanogênicas (dentre elas as que utilizam o acetato, *Methanosarcina spp.* e *Methanothrix spp.* e as que utilizam o formato e o hidrogênio, *Methanobacterium spp.* e *Methanococcus spp.*) (RUIZ et al., 1992; GARBA, 1996; HESSAMI et al. 1996; HAMMAD et al., 1999; LASTELLA et al., 2002; LIU et al., 2002)

O sucesso do processo de biodigestão anaeróbia depende, portanto, de condições ambientais específicas (nutrientes, temperatura, tempo de retenção hidráulica suficiente e outros) para que as diferentes populações de microrganismos possam crescer e se multiplicar (SINGH e SINGH, 1996; HAMMAD et al., 1999; YADVIKA et al., 2004).

Outros fatores que interferem na conversão biológica da cama de frango em biogás são: tipo de ração, estação do ano, densidade populacional das aves, tipo de substrato de cama, ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves. A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também pode inibir a atividade biológica diminuindo a capacidade do sistema em produzir biogás.

Porém, a biodigestão anaeróbia permite o isolamento dos resíduos, possibilitando a redução de moscas, de parasitos e patógenos ao homem e aos animais; assim como redução de odores, de sólidos e das demandas químicas e bioquímicas de oxigênio dos resíduos (TORRES-CASTILLO et al., 1995; FULHAGE, 1997; LUCAS JR. e SANTOS 2000). Além da obtenção do biofertilizante também permite a utilização do metano como combustível e também redução a poluição ambiental por meio da utilização de combustíveis fósseis.

3.1.2. Princípios básicos na escolha do biodigestor

LUCAS JR. et al. (1992), citaram que em vista de diversos tipos de manejos de dejetos que podem ser adotados pelos produtores há dificuldades de se estabelecer um modelo padrão de tratamento e ressaltaram que os estudos devem ser individualizados, com base nas características da propriedade em questão e nas diversas formas em que se apresentam os resíduos (líquidos, semi-sólidos ou sólidos).

As tecnologias existem mas não podem ser universais pois o manejo dos animais são específicos. O manejo se diferencia dependendo das espécies animais e das tradições de país para país quanto às criações dos animais (BAYKOV, 1995).

A escolha do biodigestor adequado, para um resíduo particular, é a chave para um desenvolvimento e processo apropriados. Assim, é importante entender os princípios de operação da maioria dos biodigestores para ajudar na seleção e planejamento de um modelo de tratamento a partir da biodigestão anaeróbia. A importância desse conhecimento está relacionado à elevada produção de metano e as taxas de produção de biogás, que são dependentes da relativa contribuição do resíduo e custo do biodigestor para o custo final do biogás.

Para estabelecer relações entre os principais tipos de biodigestores e suas características microbiológicas, é fundamental o conhecimento de três parâmetros básicos que influem no modo de operação destes e em suas eficiências na produção de biogás. Estes parâmetros são:

- Tempo de Retenção de Microrganismos (TRM);
- Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) e
- Tempo de Retenção de Sólidos (TRS).

O TRH é entendido como o intervalo de tempo necessário de permanência do afluente para que ocorra o processo de biodigestão de maneira adequada. Os TRM e TRS são os tempos de permanência dos microrganismos e dos sólidos no interior dos biodigestores, esses tempos são expressos em dias. De forma resumida pode-se dizer que altas produções de metano são conseguidas, satisfatoriamente, com longos TRM e TRS. Porém quando se utiliza biodigestores bateladas, apenas o TRH é considerado.

Sendo a cama de frango um resíduo produzido em intervalos de tempo, ou seja, a disponibilidade não é contínua devido ao modo de produção e considerando suas características físicas e químicas, como alto teor de sólidos, baixa umidade e maior tamanho das partículas; o tipo de biodigestor ideal, pelas suas características de desempenho para uma perfeita digestão anaeróbia da biomassa é o biodigestor batelada, podendo este ser manejado em forma de bateria ou sequencialmente.

A desvantagem do manejo em forma de bateria está relacionada com a velocidade de fermentação da cama, que é lenta, dificultando o aproveitamento do biogás. No manejo seqüencial, deve-se utilizar inóculos para que este seja viabilizado.

Pode ser necessário que a cama tenha que sofrer um pré-tratamento antes de ser adicionada ao biodigestor, o mais indicado seria a moagem, pois as partículas de maravalha são muito grandes e isso pode diminuir a eficiência da atividade dos microrganismos. Em relação ao teor de umidade da cama, é necessário a adição de água para diminuição do teor de sólidos e diluição do conteúdo. Se o teor de sólidos totais for muito alto, demandará um longo TRH dificultando a consorciação produção de biogás e a avicultura.

Para reduzir o TRH, que pode ser de semanas ou meses, pode-se utilizar os sistemas de agitação, aquecimento e, principalmente, adição de inóculo.

Segundo LUCAS JR. et al. (1993), há biomassas que apenas diluídas podem apresentar bons resultados no processo de digestão anaeróbia, com relativa facilidade de degradação, porém outras, são mais difíceis de serem degradadas pelos microrganismos envolvidos no processo, apresentando degradação lenta e nesses casos, se faz necessária não apenas a diluição como também a inoculação.

A inclusão de inóculo consiste em reciclar o material que já passou pelo processo e é capaz de fornecer ao substrato (afluente), uma população adicional de microrganismos típicos da digestão anaeróbia (YADVIKA et al., 2004).

O inóculo tem a função de acelerar a partida do processo, principalmente em decorrência dos altos teores de celulose e lignina, os quais são materiais difíceis de serem digeridos e estão presentes na cama (XAVIER, 2005).

O inóculo pode ser um esterco já digerido de bovinos, aves ou suínos, que contém uma grande massa microbiana de microrganismos acidogênicos e metanogênicos fundamentais na digestão anaeróbia.

LUCAS JR. et al. (1993) estudaram o uso de inóculo no processo de fermentação de dejetos de aves com teores de sólidos totais de 8 e 16% e constataram que independente dos teores de sólidos totais houve aumento dos potenciais de produção de biogás em relação aos tratamentos sem utilização do inóculo, o qual era proveniente de biodigestor operado com dejetos de suínos.

STEIL et al. (2002) trabalharam com dejetos de aves de postura, de suínos e cama de frangos de corte com três níveis de inclusão de inóculo (sem inóculo, 10 e 20% de inclusão) e constataram que a utilização de inóculo adaptado ao resíduo favoreceu o processo e melhorou o desempenho dos biodigestores. Nesse trabalho, os autores consideraram o inóculo como sendo o efluente dos biodigestores no momento em que a produção de biogás e seu teor de metano eram os valores máximos obtidos.

3.1.3. Utilização do biogás

O biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango pode ser utilizado para o aquecimento dos pintinhos, em equipamentos onde ocorrerá a queima do biogás e conseqüente produção de calor, fundamental para a sobrevivência nas duas primeiras semanas de vida destes animais. Pesquisas realizadas pela Embrapa Suínos e Aves demonstraram que os gastos com energia para aquecimento (gás e lenha) tiveram participação de 2,9% no custo de produção do quilograma de frango no sistema manual e 3,8% no sistema automático.

KOSARIC e VELIKONJA (1995) citaram que 1 m³ de biogás pode ser aplicado para iluminação por lâmpada de 60 W por cerca de sete horas, ou gerar 1,25 kW de eletricidade, ou cocção de três refeições para uma família de quatro pessoas, ou funcionar um motor de 2 HP por uma hora ou funcionar um refrigerador de 300 L por três horas.

Segundo LUCAS JR. (1987), o metano tem um poder calorífico de 9.100 kcal/m³ a 15,5°C e 1 atm, sua inflamabilidade ocorre em misturas de 5 a 15% com o ar. Já o biogás, devido a presença de outros gases que não o metano, possui um poder calorífico que varia de 4.800 a 6.900 kcal/m³. Em termos de equivalente energético; 1,33 a 1,87 e 1,5 a 2,1 m³ de biogás são equivalentes a 1L de gasolina e óleo diesel respectivamente. O gás natural possui 88% de metano.

O poder calorífico do metano puro, segundo LUSK (1998), contem cerca de 7.973 a 9.512 Kca/m³.

De acordo com FULHAGE (1993), um “pé cúbico” (ft³) de biogás queimado rende 10 Btu/metano (%), portanto o biogás contendo 65% de metano rende 650 Btu. Transformando em kcal/m³; se 1m³ de biogas com 60% de metano, possui 600 Btu/ft³ ou seja 21.186 Btu/m³, portanto equivale a 5.339 kcal/m³ (pois 1m³ equivale a 35,31ft³ e 1Btu equivale a 252cal), exatamente o mesmo valor citado por LUCAS JR (1987).

Na Tabela 1, estão apresentados os valores de sólidos voláteis, produção de biogás e energia provindos de dejetos de espécies diferentes de animais, citados por SCHWART et al. (2005).

TABELA 1. Produção de biogás utilizando dejetos de animais (450 kg de Peso Vivo).

Animal	SV	SV reduzidos	Biogás	Energia
	(kg/animal/dia)	(%)	(m³/dia) ^{1,2}	(kcal/dia)
Bovino Leiteiro	3,904	48	1,232	6.578
Bovino de Corte	2,679	45	0,840	4.485
Galinhas	4,268	60	2,016	10.763
Frango de Corte	5,448	60	2,576	13.753
Suíno (crescimento e terminação)	2,179	50	0,812	4.335

a/ Hansen, R. W. "Methane Generation From Livestock Wastes" *Farm & Ranch Series: Equipment # 5.002*, Colorado State Univ. Cooperative Extension, Fort Collins, January 2003, citado por SCHWART et al. (2005).

¹ Produção de Biogás contendo 60% metano (5.339 kcal/m³ biogás)

² FULHAGE (1993).

SV: Sólidos Voláteis

A chave para o rendimento do metano é o conteúdo de sólidos voláteis no resíduo, por ser a parte orgânica do resíduo animal. Cerca de 80% dos sólidos nos dejetos são voláteis.

Os ensaios de biodigestão anaeróbia das camas foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar o potencial para produção de biogás das camas obtidas nos ensaios descritos no Capítulo II, bem como conhecer a distribuição da produção no tempo.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Ensaio de biodigestão anaeróbia com cama de frango

Para o dimensionamento de biodigestores é importante que juntamente com os dados de necessidade de biogás para ser queimado, se disponha do potencial da biomassa utilizada para gerar biogás, bem como a distribuição da produção no tempo.

O potencial energético das camas de frangos reutilizadas foi avaliado pelo processo de biodigestão anaeróbia em ensaio com operação batelada.

Foram avaliadas as reduções nos teores de sólidos totais e voláteis e a produção de biogás.

Para cada lote de aves foi realizado um ensaio de biodigestão anaeróbia com as camas de frangos produzidas, totalizando 8 ensaios, sendo 4 ensaios (camas de 1 a 4^o reutilização) avaliados em diferentes épocas do ano e 4 ensaios (camas de 1 a 4^o reutilização) avaliados na mesma época.

3.2.1.1. Equipamento e método utilizado para caracterização dos substratos, dos efluentes e das produções de biogás

3.2.1.1.1. Descrição do sistema utilizado

Os ensaios de biodigestão anaeróbia foram realizados no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal / UNESP.

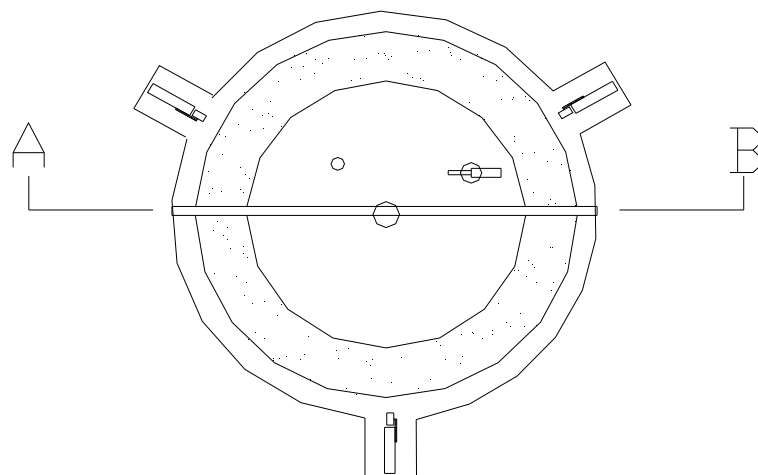
Foram utilizados 24 biodigestores em batelada, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado sendo 4 reutilizações de cama e 6 repetições.

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentadas as descrições dos biodigestores com capacidade útil de 60 litros de substrato em fermentação, fazendo parte de uma bateria de mini-biodigestores, descrita por ORTOLANI et al. (1986). São constituídos basicamente, por dois cilindros retos, um dos quais se encontra inserido no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comporte um volume de água que se convencionou denominar “selo d’água”, atingindo profundidade de 480 mm.

Uma campânula flutuante de fibra de vidro, emborcada no “selo d’água”, armazena o gás produzido e conferi pressão ao mesmo.

Os biodigestores são semi-subterrâneos, sendo a superfície do solo a sua volta revestida por uma calçada de concreto com 5 cm de espessura (Figura 3). O cilindro interior (câmara de fermentação) encontra-se em comunicação com uma vala de drenagem por meio de um tubo de escoamento ligado ao fundo da câmara e que serve para descarga do efluente.

Planta Baixa



Corte - AB

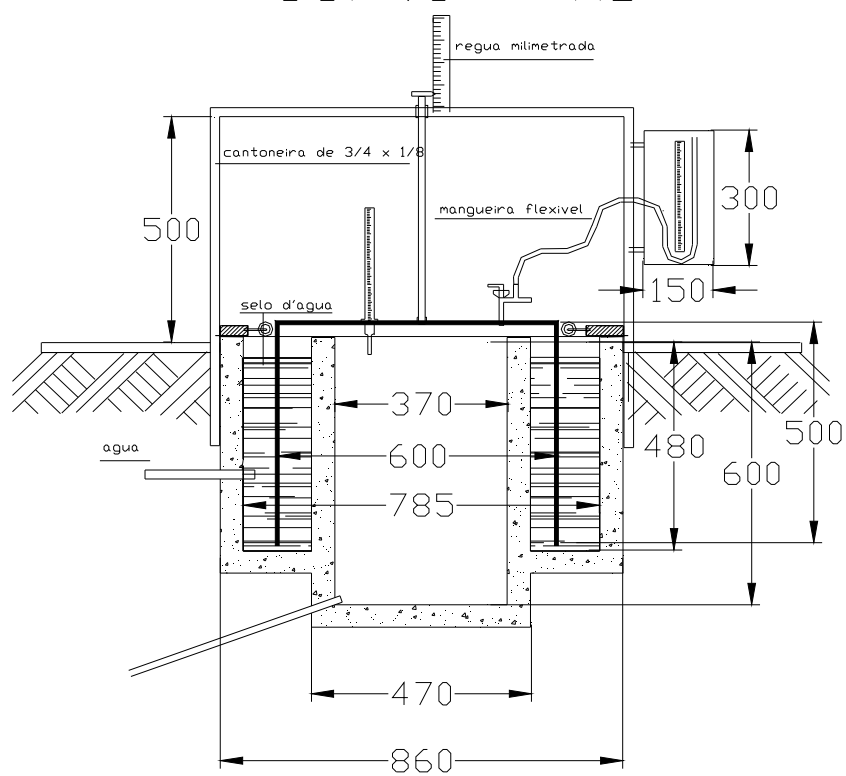


FIGURA 1. Esquema dos biodigestores batelada de campo, medidas em mm.

(Fonte: ORTOLANI et al., 1986).



FIGURA 2. Biodigestores tipo batelada utilizados no experimento



FIGURA 3. Parte interna do biodigestor tipo batelada utilizado no experimento.

3.2.1.1.2. Preparo do inóculo

O inóculo, composto por cama de frango digerida, a ser utilizado nos 12 biodigestores durante a fase de avaliação experimental, foi previamente preparado em 4 biodigestores com capacidade de 60,0 kg, utilizando-se de 20,0 kg de biofertilizante de estrume de bovinos coletado em biodigestor contínuo modelo indiano, 4,5 kg de cama de frango e 35,5 kg de água para completar a capacidade de cada biodigestor.

Após a biodigestão anaeróbia utilizando cama de 1º lote de frango, o inóculo utilizado foi sempre o efluente (saída) da biodigestão anaeróbia anterior.

3.2.1.1.3. Preparo do substrato

O substrato foi preparado conforme expressões citadas em ORTOLANI et al. (1991) e LUCAS JR. (1994), ou seja:

$$(1) Eu = ES / ST \times 100$$

$$(2) W = Eu + INC + A$$

$$(3) (ES + INS) = (K \times W) / 100$$

$$(4) MS = ES + INS$$

$$(5) INC = (INS \times 100) / STIn$$

No qual:

W = peso do substrato a ser colocado no biodigestor;

ES = peso seco do estrume a ser adicionado em W;

K = porcentagem de sólidos totais que se pretende em W;

ST = porcentagem de sólidos totais contidos no estrume fresco;

Eu = peso do estrume fresco para se obter W;

A = peso de água a ser misturado com Eu para se obter W;

INC = inóculo que deverá ser adicionado para se obter W;

INS = peso seco do inóculo que deverá ser adicionado em W;

MS = matéria seca total;

STIn = porcentagem de sólidos totais contida no inóculo.

3.2.1.2. Abastecimentos

Em cada abastecimento o substrato foi preparado para obtenção do teor de sólidos totais próximo a 8,0%, segundo modelo proposto por LUCAS JR., (1994), misturando-se cama de frango, água e inóculo. O inóculo utilizado para o abastecimento foi preparado para obtenção do teor de sólidos totais próximos a 15%, como recomendado por SANTOS (2001).

Durante os ciclos de abastecimento foi registrada diariamente a produção de biogás e também o início e final de cada ciclo, foram registrados os teores de ST e SV.

Na Tabela 2, estão apresentados os períodos de operação dos experimentos, os tempos de retenção hidráulica (TRH) e as quantidades médias dos componentes do substrato colocados nos biodigestores, de acordo com as reutilizações de cama.

TABELA 2. Períodos de operação, Tempos de Retenção Hidráulica (TRH), quantidades médias dos componentes do substrato colocados nos biodigestores, de acordo com as reutilizações de cama.

Reutilização	Período de Operação	TRH (dias)	Média Cama (kg)	Média Inóculo (kg)	Média Água (kg)
Época Diferente					
Cama 1º Lote	20/mar a 09/mai	49	5,56	35,47	18,97
Cama 2º Lote	14/jun a 14/ago	62	5,83	24,83	29,34
Cama 3º Lote	16/ago a 17/out	62	5,57	24,24	30,19
Cama 4º Lote	18/out a 03/dez	46	5,22	21,69	33,09
Época Igual					
Cama 1º Lote	18/out a 03/dez	46	5,12	21,69	33,19
Cama 2º Lote	18/out a 03/dez	46	5,26	21,69	33,05
Cama 3º Lote	18/out a 03/dez	46	5,58	21,69	32,73
Cama 4º Lote	18/out a 03/dez	46	5,22	21,69	33,09

Na Tabela 3, são apresentadas as médias das variáveis climáticas em Jaboticabal – SP, obtidas durante o período experimental.

TABELA 3. Dados meteorológicos mensais do ano de 2007 em Jaboticabal no período experimental.

Mês	Pressão	Tmax	Tmin	Tmed	UR	Precipitação	N. dia	Insolação
	(hPa)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(mm)	chuva	(h)
Janeiro	941,3	28,9	21,0	23,9	88,4	644,6	25	114,5
Fevereiro	942,0	31,1	19,8	24,4	78,6	154,7	12	223,5
Março	943,4	31,7	20,0	24,9	73,9	156,3	13	250,6
Abril	944,2	30,5	18,7	23,6	75,1	53,7	7	258,5
Mai	945,6	26,5	14,2	19,5	73,7	105,7	6	236,7
Junho	947,2	27,7	13,5	19,5	69,1	2,5	1	268,4
Julho	946,5	26,4	12,8	18,5	68,8	87,7	5	248,5
Agosto	947,0	29,6	14,1	21,0	58,1	0,0	0	311,4
setembro	946,0	32,7	17,3	24,3	50,8	0,4	2	287,1
Outubro	942,6	33,4	19,2	25,7	56,0	38,2	7	246,9
novembro	941,1	30,3	18,5	23,7	72,0	137,5	16	196,4
dezembro	940,9	31,5	20,0	24,8	71,7	204,4	13	233,2
Ano	944,0	30,0	17,4	22,8	69,7	1585,7	107	2875,7

Pressão: pressão atmosférica; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; N. dia chuva: número de dias com chuva

Fonte: UNESP (2008) - Departamento de Ciências Exatas - Estação Agroclimatológica

3.2.1.3. Determinação da produção de biogás

As produções de biogás foram calculadas com base na leitura das réguas dispostas ao lado dos eixos de condução dos gasômetros que continham setas que apontavam nas réguas o deslocamento vertical do gasômetro obtido no intervalo entre as leituras. O número obtido na leitura foi multiplicado pela área da seção transversal interna dos gasômetros, que no caso dos biodigestores batelada em questão era igual a $0,2827 \text{ m}^2$. Após cada leitura, os gasômetros foram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20°C , foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985) no qual verificou-se que, pelo fator de compressibilidade (Z), o biogás apresentou comportamento próximo ao ideal. Conforme descrito por SANTOS (2001), para a correção do volume de biogás, utilizou-se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, onde:

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

sendo que:

V_o = volume de biogás corrigido, m^3 ;

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

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

V_1 = volume do gás no gasômetro;

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

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

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

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

Após cada leitura do volume de biogás produzido, era verificado a temperatura do biogás com o uso de um termômetro digital portátil Brastermo (em °C), o qual possui um sensor localizado na extremidade de uma haste metálica introduzida a 5m de profundidade no orifício de saída do gás do biodigestor.

3.2.1.4. Determinação dos teores de sólidos totais e voláteis

As amostras destinadas às determinações dos teores de sólidos totais e voláteis, dos substratos e efluentes nos ensaios de biodigestão anaeróbia, foram acondicionadas em cadinhos de alumínio previamente tarados, pesados para se obter o peso úmido (P_u) do material e em seguida, levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante e em seguida, resfriadas em dessecador e pesadas novamente em balança com precisão de 0,01 g, obtendo-se o

peso seco (Ps). O teor de sólidos totais foi determinado segundo metodologia descritas por APHA (2000).

$$ST = 100 - U \quad \text{e} \quad U = (PU - PS) / PU \times 100$$

onde:

ST = teor de ST, em porcentagem;

U = teor de umidade, em porcentagem;

PU = peso úmido da amostra, em g;

PS = peso seco da amostra, em g.

Para a determinação do teor de sólidos voláteis, os materiais secos obtidos após a determinação do teor de sólidos totais, foram pesados em cadinhos de porcelana e levados à mufla a temperatura de 575°C durante um período de 2 horas, após resfriamento em dessecadores, os materiais foram pesados em balança com precisão de 0,0001 g, obtendo-se o peso de cinzas. O teor de sólidos voláteis foi determinado a partir de metodologia descrita por APHA (2000).

$$SV = ST - \text{cinzas} \quad \text{e} \quad \text{cinzas} = \{ 1 - [(PU - P_m) / PU] \} \times 100$$

onde:

SV = teor de SV, em porcentagem;

PU = peso úmido da amostra, em g;

P_m = peso obtido após queima em mufla, em g.

Os sólidos voláteis foram expressos, portanto, em porcentagem da matéria seca.

3.2.1.5. Teste de queima

Este teste consistiu na verificação de queima ou não do biogás proveniente dos biodigestores em batelada para detecção de presença ou não de metano em quantidade suficiente para manter uma chama.

Os testes foram realizados por meio de um Bico de Bunsen, cuja mangueira era acoplada à saída de gás do biodigestor. Se ao colocar fogo no Bico de Bunsen a chama continuasse acesa, confirmava-se a queima. Após a detecção da mesma, este teste não mais era necessário, sendo efetuado portanto, apenas no início do processo.

3.2.1.6. Determinação dos teores de metano e dióxido de carbono

Para avaliação do teor de metano no biogás produzido foram retiradas amostras de biogás semanalmente, utilizando-se seringas de plástico de 100 mL de volume, apropriadas para coletas de biogás, sendo as determinações feitas utilizando-se cromatógrafo de fase gasosa GC 2001 equipado com colunas Porapak Q e Peneira Molecular 5A, utilizando o hidrogênio como gás de arraste. A calibração do equipamento foi feita com o gás padrão contendo metano, dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio. Os percentuais dos componentes foram determinados com o auxílio de um integrador processador.

3.2.2. Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS program version 9.1. (2003) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a um nível de significância de 5%. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} : Resposta da produção de biogás com diferentes reutilizações de cama (tratamentos) i , nas repetições j ;

μ : media geral do experimento;

T_i : efeito do tratamento i , onde $i = 1, 2, 3$ e 4 .

e_{ij} : erro associado a cada observação, onde $j = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6 .

3.3. Resultados e Discussão

Os teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), em porcentagem e em kg, no início e final do processo de biodigestão anaeróbia, bem como as reduções nos teores de SV, em %, para as diferentes reutilizações de cama de frango, estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Concentrações de sólidos totais e voláteis, em porcentagem e em massa e redução de SV, em porcentagem, para as diferentes reutilizações de cama de frango.

Criação Aves	Sólidos Totais				Sólidos Voláteis				Redução SV
	Inicial %	Final %	Inicial kg	Final kg	Inicial %	Final %	Inicial kg	Final kg	
Época Diferente									
1° Lote	4,579C	2,318E	2,481C	1,309D	3,798C	1,522B	2,058D	0,859B	59,94A
2° Lote	3,391D	2,769D	1,857D	1,558C	2,482D	1,753B	1,361E	0,988B	29,36C
3° Lote	4,420C	3,500BC	2,494C	1,943AB	3,544C	2,493A	2,000D	1,384A	29,66C
4° Lote	5,353B	3,604AB	2,973B	1,975AB	4,300B	2,426A	2,388C	1,332A	43,57B
Época Igual									
1° Lote	5,417B	3,350C	3,046B	1,837B	4,402B	2,411A	2,476BC	1,323A	45,23B
2° Lote	5,746AB	3,513BC	3,239AB	1,927AB	4,788AB	2,507A	2,699AB	1,377A	47,64B
3° Lote	6,250A	3,773A	3,500A	2,066A	5,095A	2,622A	2,853A	1,436A	48,53B
4° Lote	5,353B	3,604AB	2,973B	1,975AB	4,300B	2,426A	2,388C	1,332A	43,57B
P Value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	6,21	3,99	6,21	4,35	6,64	7,84	6,63	8,10	6,20

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Observa-se que houve menor redução nos teores de sólidos voláteis (SV) nas camas obtidas de 2° e 3° lotes de criação das aves. Durante a fase de biodigestão anaeróbia destas camas, a temperatura média apresentou-se inferior (18,5 a 24,0°C) ao comparar com as camas obtidas de 1° e 4° lotes de criação, nos quais a temperatura média variou de 23,6 a 25,0°C (Tabela 6). Quando os 4 lotes foram avaliados na mesma época, observou-se que não houve diferença significativa na redução de SV.

SANTOS (2001), avaliando a biodigestão anaeróbia de cama de frango (maravalha), obteve 41,27 a 41,95% de redução nos teores de SV nas camas de 1º e

2º reutilização, respectivamente. Estes resultados estão próximos aos encontrados na camas reutilizadas para biodigestão anaeróbia em épocas iguais.

As concentrações de macronutrientes, micronutrientes e metais presentes nas camas reutilizadas encontram-se nas Tabelas 13 e 14 do Capítulo II. As quantidades de minerais, expressas por uma unidade com base na matéria seca, como apresentadas neste trabalho, facilita a comparação dos resultados independente da diluição dos dejetos em água.

As concentrações de macro, micronutrientes e metais dos inóculos utilizados encontram-se nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

TABELA 5. Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS), nos inóculos utilizados nos biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.

Criação Aves	N	P	K	Ca	Mg	Na
	g/100g					
Inóculo 1º L	3,65 C	0,76 D	16,97 A	3,21	0,91 AB	2,04
Inóculo 2º L	4,46 B	1,99 C	12,58 A	3,50	0,82 B	2,76
Inóculo 3º L	4,63 B	2,48 B	12,70 A	3,57	1,13 A	2,25
Inóculo 4º L	5,17 A	2,91 A	13,26 A	4,45	1,11 A	2,49
P value	0,0007	<0,0001	0,0432	0,3066	0,0284	0,3995
CV (%)	2,45	0,69	7,91	15,83	7,01	16,31

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 6. Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos inóculos utilizados nos biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.

Criação Aves	Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cr	Cd	Ni
	(mg/kg)							
Inóculo 1º L	590,76 C	241,68 C	349,09 B	2309,30 B	28,46	0,54 B	1,07 C	9,67
Inóculo 2º L	1012,69 B	746,19 B	426,39 AB	2185,30 B	33,05	2,13 A	1,06 D	9,59
Inóculo 3º L	1026,81 B	999,78 AB	459,36 AB	2485,90 B	23,78	0,00 B	1,08 B	8,11
Inóculo 4º L	2296,59 A	1120,95 A	546,81 A	3964,30 A	30,07	0,00 B	1,09 A	9,30
P value	0,0002	0,0006	0,0575	0,0142	0,3059	0,0136	<0,0001	0,4159
CV (%)	7,61	8,16	10,58	11,53	14,61	59,91	0,08	10,19

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

As concentrações de N, P, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe e Cd nos inóculos aumentaram significativamente ($P < 0,05$) com a reutilização da cama de frango.

Como o inóculo contém mais de 90% de água e as quantidades de nutrientes tendem a ser mais concentradas com a reutilização da cama, provavelmente, a maior concentração de alguns minerais deve-se ao aumento da quantidade de excreta e também pela decomposição da matéria orgânica, da qual a maior parte é carbono. Uma vez passado pelo processo, o carbono é transformado em metano e em dióxido de carbono, sendo perdidos do substrato na forma de gases. Cada kg de matéria seca do inóculo passa a ter então, maior quantidade de outros elementos que não carbono.

Os teores dos macro, micronutrientes e metais dos afluentes testados encontram-se nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

TABELA 7. Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS) nos afluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.

Criação	N	P	K	Ca	Mg	Na
Aves			g/100g			
Época Diferente						
Afluentes 1º L	3,81 C	1,33 E	4,10 B	2,27 C	0,68 C	1,00 B
Afluentes 2º L	5,75 A	2,05 B	10,94 A	3,04 A	0,80 B	2,23 A
Afluentes 3º L	4,88 AB	2,68 A	10,48 A	3,16 A	0,96 A	2,32 A
Afluentes 4º L	3,80 C	1,69 CD	5,66 B	2,55 BC	0,67 C	1,14 B
Época Igual						
Afluentes 1º L	3,32 C	1,40 DE	4,52 B	2,24 C	0,65 C	1,20 B
Afluentes 2º L	3,66 C	1,23 E	4,11 B	2,09 C	0,64 C	1,18 B
Afluentes 3º L	4,14 BC	1,98 BC	5,34 B	2,79 AB	0,79 B	1,22 B
Afluentes 4º L	3,80 C	1,69 CD	5,66 B	2,55 BC	0,67 C	1,14 B
P value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	13,00	10,39	14,78	10,17	7,82	21,76

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

TABELA 8. Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos afluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.

Criação	Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cr	Cd	Ni
Aves	(mg/kg)							
Época Diferente								
Afluente 1º L	470,65 B	516,78 D	350,67 BC	1716,48	15,50 AB	4,06	0,37 BC	5,72 B
Afluente 2º L	755,77 AB	949,73 A	420,08 AB	1999,68	20,46 A	3,51	0,91 AB	8,22 A
Afluente 3º L	863,22 AB	1054,65 A	460,74 A	1816,71	19,67 A	1,60	1,06 A	7,98 A
Afluente 4º L	982,95 A	783,16 B	333,10 C	2043,87	11,53 B	6,48	0,00 C	3,78 C
Época Igual								
Afluente 1º L	852,95 AB	693,46 BC	320,00 C	1615,15	18,31 A	5,87	0,18 C	6,05 B
Afluente 2º L	904,26 AB	656,42 C	292,71 C	1798,50	16,50 AB	4,26	0,35 BC	5,15 BC
Afluente 3º L	945,24 A	714,93 BC	322,20 C	1853,07	15,37 AB	2,50	0,00 C	4,47 BC
Afluente 4º L	982,95 A	783,16 B	333,10 C	2043,87	11,53 B	6,48	0,00 C	3,78 C
P value	0,0490	<0,0001	<0,0001	0,2790	0,0003	0,0621	<0,0001	<0,0001
CV (%)	32,71	8,74	12,65	18,22	22,41	69,57	99,18	17,59

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) nas concentrações de macronutrientes, micronutrientes e metais dos afluentes utilizados para biodigestão anaeróbia com diferentes reutilizações de cama. Observa-se que a concentração de minerais nos afluentes de maneira geral aumenta com as reutilizações de cama, devido ao acúmulo de excretas nas camas reutilizadas.

Em compensação os metais nos afluentes diminuíram ou não diferenciaram-se entre os lotes, com a reutilização da cama de frango.

Para abastecimento dos biodigestores de todos os lotes, os teores de sólidos totais foram calculados para obter valor próximo a 8,0% e de inóculo próximo a 15%, porém verificou-se no 4º lote uma diminuição nos teores de macronutrientes e nas concentrações de micronutrientes e na maioria dos metais, isso se deve provavelmente a maior matéria seca determinada na cama e inóculo de 4º lote para cálculo de abastecimento dos biodigestores. Com isso, a quantidade de cama e inóculo foram menores em comparação ao 3º lote, como verificado na Tabela 5, sendo utilizado 5,57

e 5,22 kg de cama e 24,24 e 21,69 kg de inóculo para 3° e 4° lote, respectivamente, acarretando em uma diminuição dos minerais e metais no 4° lote.

Comparando as épocas de desenvolvimento dos experimentos, no geral, as concentrações de macronutrientes, micronutrientes e metais nos afluentes desenvolvidos em épocas iguais (temperatura ambiente igual), variaram menos de um lote para o outro.

As concentrações de macronutrientes, micronutrientes e metais dos efluentes da biodigestão anaeróbia encontram-se nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

TABELA 9. Concentrações de macronutrientes, em g/100g de matéria seca (MS) nos efluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.

Criação	N	P	K	Ca	Mg	Na
Aves	g/100g					
Época Diferente						
Efluente 1º L	4,27	2,02 D	13,95	4,62	0,90 B	1,83
Efluente 2º L	3,99	2,40 CD	13,81	3,89	1,21 AB	2,12
Efluente 3º L	3,77	2,61 BC	11,80	4,22	1,30 AB	1,95
Efluente 4º L	4,68	3,27 A	13,66	3,92	1,44 AB	1,99
Época Igual						
Efluente 1º L	4,31	2,49 C	13,01	3,95	1,50 AB	2,05
Efluente 2º L	4,35	2,45 CD	13,01	4,77	1,38 AB	2,17
Efluente 3º L	4,67	2,98 AB	14,51	3,50	1,72 A	2,08
Efluente 4º L	4,68	3,27 A	13,66	3,92	1,44 AB	1,99
P value	0,2799	<0,0001	0,9843	0,6317	0,0316	0,9397
CV (%)	16,22	8,75	33,64	28,96	26,95	22,87

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

TABELA 10. Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos efluentes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango, em diferentes épocas.

Criação	Zn	Cu	Mn	Fe	Pb	Cr	Cd	Ni
Aves	(mg/kg)							
Época Diferente								
Efluente 1º L	1115,72 B	956,33 B	425,03 B	2656,47 BC	25,50 A	12,33 A	0,89	8,50
Efluente 2º L	1145,75 B	1039,15 AB	435,15 B	2442,37 C	20,25 AB	7,64 BC	1,07	7,28
Efluente 3º L	1314,66 AB	1413,42 AB	603,22 AB	3034,58 ABC	18,39 B	3,77 C	0,72	7,39
Efluente 4º L	1496,87 AB	1497,83 A	739,73 A	2902,79 ABC	15,69 B	8,94 AB	1,10	8,76
Época Igual								
Efluente 1º L	1401,93 AB	1541,33 A	764,99 A	3434,78 AB	21,14 AB	9,66 AB	0,55	8,03
Efluente 2º L	1557,92 AB	1532,64 A	757,05 A	3776,08 A	21,71 AB	7,47 BC	0,73	9,12
Efluente 3º L	1669,19 A	1514,34 A	729,73 A	3448,34 AB	20,61 AB	6,76 BC	0,91	9,31
Efluente 4º L	1496,87 AB	1497,83 A	739,73 A	2902,79 ABC	15,69 B	8,94 AB	1,10	8,76
P value	0,0018	0,0017	<0,0001	0,0006	0,0003	<0,0001	0,2318	0,1631
CV (%)	19,05	20,79	21,41	16,26	17,85	26,05	47,19	17,46

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) nas concentrações de macronutrientes, micronutrientes e metais dos efluentes da biodigestão anaeróbia com diferentes reutilizações de cama. Observa-se que a concentração de minerais nos efluentes (P, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe) aumenta com as reutilizações de cama, devido ao acúmulo de excretas nas camas reutilizadas.

Apesar das concentrações de macro, micronutrientes e metais nos efluentes apresentarem-se maior que nos afluentes, quando se avalia a massa (kg), observa-se que houve uma redução nos sólidos totais (ST) dos efluentes com a biodigestão anaeróbia. As médias das concentrações de chumbo entre os lotes criados em épocas iguais no afluente e no efluente foram 15,43 e 16,79 mg/kg, respectivamente, porém em ST foram utilizados 3,110kg e 1,951kg de afluentes e efluentes (Tabela 4), portanto em massa foram produzidos 0,480 e 0,386 kg de Pb no afluente e efluente, respectivamente.

Portanto, observa-se que a quantidade (em massa) dos nutrientes e dos metais no efluente diminui com a biodigestão anaeróbia. Com isso, este efluente que poderá

ser utilizado como biofertilizante para plantas, causará menor impacto ambiental com a diminuição de metais nos solos.

Em relação as épocas de desenvolvimento dos experimentos, no geral não houve diferença na concentração de macronutrientes nos efluentes entre as diferentes reutilizações de cama de frango. Porém, quando se avalia os micronutrientes, observa-se que quando se compara o efluente da biodigestão anaeróbia desenvolvidos em épocas iguais (mesma temperatura ambiente), os resultados de micronutrientes variam menos de um lote para o outro.

O potencial médio de produção de biogás durante 46 dias e por dia em biodigestores abastecidos com cama de frango de diferentes reutilizações de cama encontra-se na Tabela 11 e 12, respectivamente e nos Figura 4 e 5.

TABELA 11. Potencial médio de produção de biogás, corrigido para 20 °C e 1 atm, em biodigestores batelada abastecidos com camas de frango reutilizadas em diferentes épocas.

Criação	Produção de Biogás (m³)					
	Volume (m³)	Substrato	Cama	ST**	SV**	SV**
				adicionados	adicionados	reduzidos
Aves	46 dias	m³/kg				
Época Diferente						
1° Lote	0,9862B	0,0164B	0,1774B	0,3982A	0,4805B	0,8270B
2° Lote	0,8125C	0,0135C	0,1387C	0,4392A	0,6006A	2,1806A
3° Lote	1,029 B	0,0172B	0,1851B	0,4128A	0,5154B	1,6753D
4° Lote	1,2348A	0,0206A	0,2222A	0,4177A	0,5200AB	1,1790C
P Value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3261	0,0050	<0,0001
CV (%)	6,64	6,64	7,01	9,01	9,76	9,99
Época Igual						
1° Lote	0,9878B	0,0165B	0,1972A	0,3254B	0,4006B	0,8566B
2° Lote	1,1066AB	0,0184AB	0,2102AB	0,3416B	0,4102B	0,8421B
3° Lote	1,1410A	0,0190A	0,2043B	0,3260B	0,3999B	0,8104B
4° Lote	1,2348A	0,0206A	0,2366A	0,4177A	0,5200A	1,1790A
P Value	0,0017	0,0017	0,0094	0,0002	<0,0001	<0,0001
CV (%)	8,29	8,29	8,89	9,31	9,22	9,75

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

* ST: Sólidos totais ** SV: Sólidos voláteis

Em cada fase de crescimento, médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente.

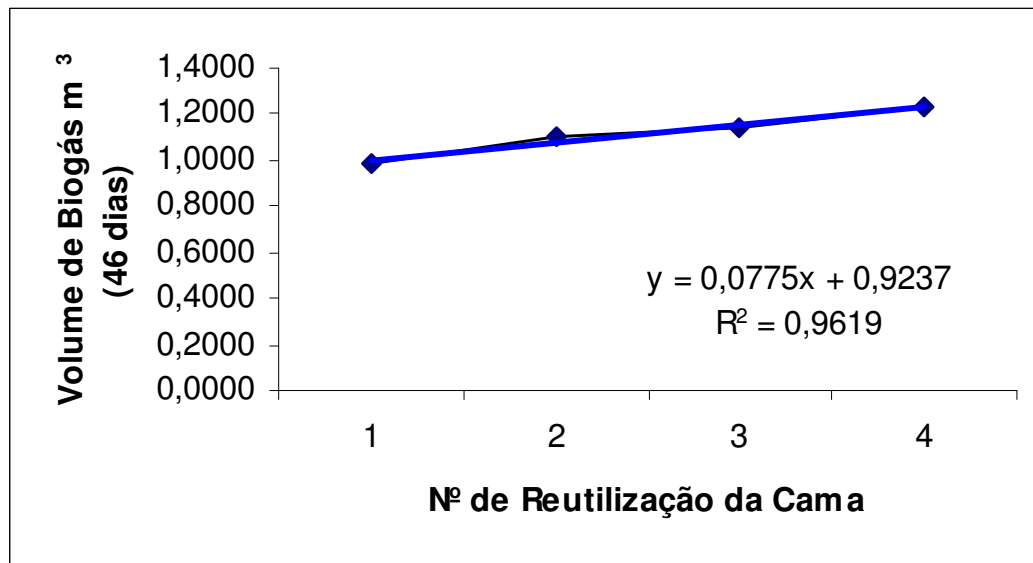


FIGURA 4. Volume de Biogás (m³) em 46 dias de produção, utilizando cama de frango reutilizadas.

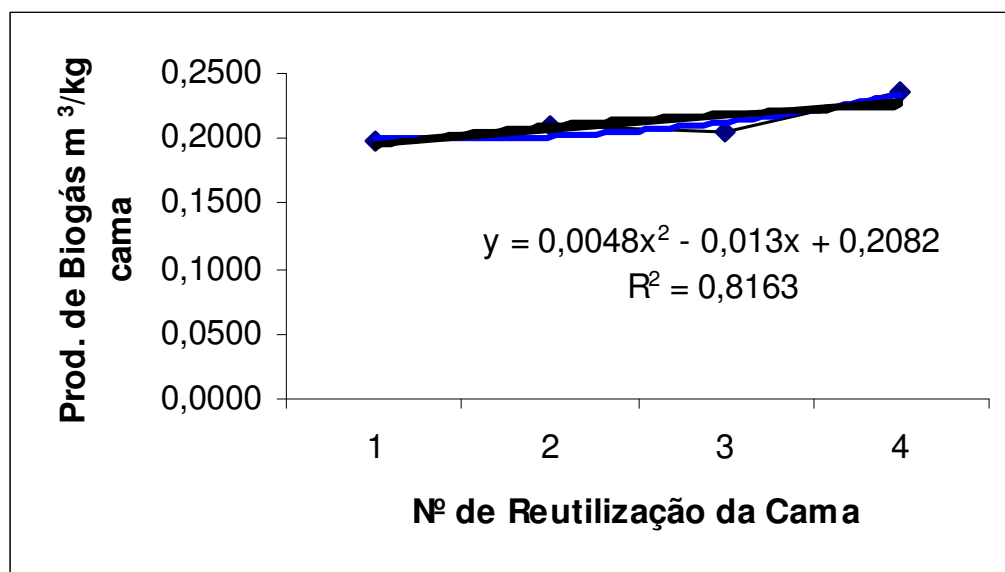


FIGURA 5. Produção de Biogás m³/kg de cama de frango de números diferentes de reutilizações.

TABELA 12. Valores médios da produção diária de biogás, corrigido para 20 °C e 1 atm, em biodigestores alimentados com cama de frango de diferentes reutilizações de cama.

Criação Aves	Produção de Biogás m³/dia
Época Diferente	
1° Lote	0,0214 B
2° Lote	0,0177 C
3° Lote	0,0224 B
4° Lote	0,0268 A
P Value	<0,0001
CV (%)	6,64
Época Igual	
1° Lote	0,0215 B
2° Lote	0,0241 AB
3° Lote	0,0248 A
4° Lote	0,0268 A
P Value	0,0017
CV (%)	8,29

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Quanto a produção média de biogás, para as variáveis m³/kg de substrato e m³/kg de excreta, apresentaram valores médios superiores (P<0,05) nos biodigestores abastecidos com o maior número de vezes de reutilização da cama, sendo os potenciais médios 0,0165, 0,0184, 0,0190 e 0,0206 m³/kg de substrato e 0,1972, 0,2102, 0,2043 e 0,2366 m³/kg de excreta nas camas de 1º, 2º, 3º e 4º lote respectivamente, conduzidos na mesma época. Com isso, isolando o efeito da temperatura ambiente entre os tratamentos, houve aumento nos potenciais de produção de biogás devido ao aumento na quantidade de excreta nas camas reutilizadas.

Os valores de produção 0,3254, 0,3416, 0,3260 e 0,4177 m³ de biogás/kg ST e 0,4006, 0,4102, 0,3999 e 0,5200 m³ de biogás/kg SV adicionados estão superiores aos obtidos por LUCAS JR et al. (1993) – 0,25 a 0,29 m³ de biogás/kg ST adicionados e SANTOS (1997) – 0,17 a 0,27 m³ de biogás/kg ST adicionados e WEBB & HAWKES (1985) – 0,25 a 0,37 m³ de biogás/kg SV adicionados. Porém está próximo aos obtidos por JAMILA (1990) citado por SANTOS (2001) – 0,20 a 0,40m³ de biogás/kg ST

adicionados. Isso se deve provavelmente ao material utilizado e o número de vezes que foi utilizado a cama de frango.

Os resultados da análise de variância demonstraram que também houve diferença significativa na produção de biogás entre as épocas estudadas (Tabela 12). Observando a biodigestão anaeróbia do 2º lote de criação das aves desenvolvida nos meses com menores temperaturas do ano de 2007 (junho a agosto), houve menor produção de biogás em comparação ao 1º lote de criação (março a maio). Porém quando se compara a biodigestão dos 4 lotes testados na mesma época (igual temperatura ambiente entre todos os lotes), verifica-se que há uma linearidade crescente na produção de biogás com a reutilização da cama de frango de corte.

Os valores indicam a influência do período nos potenciais de produção de biogás encontrados neste experimento e são semelhantes aos estudos de ORTOLANI et al. (1986) que encontraram diferença altamente significativa para as médias dos potenciais de produção de biogás entre três ensaios que foram realizados no período chuvoso, seco e intermediário.

A temperatura é um dos fatores mais importantes que afetam a atividade microbiana na digestão anaeróbia. A produção de metano é fortemente dependente da temperatura, pois interfere na velocidade das reações químicas e bioquímicas (GERARDI, 2003).

Por meio da visualização do comportamento das curvas de volume de biogás dos tratamentos é possível planejar um sistema que atenda determinada demanda de energia. A antecipação dos picos de produção de biogás dos tratamentos (1º e 4º reutilizações) podem ser claramente observados no Figura 6, e pode-se observar também na Tabela 2 que o tempo de retenção hidráulica foi 49 e 46 dias, respectivamente, inferior aos demais tratamentos (2º e 3º reutilizações) com TRH de ambos em 62 dias. Este fato provavelmente foi devido a baixa temperatura ambiente durante as fases de biodigestão anaeróbia dos tratamentos de 2º e 3º reutilizações, diminuindo a velocidade de produção de biogás e prolongando o tempo de produção.

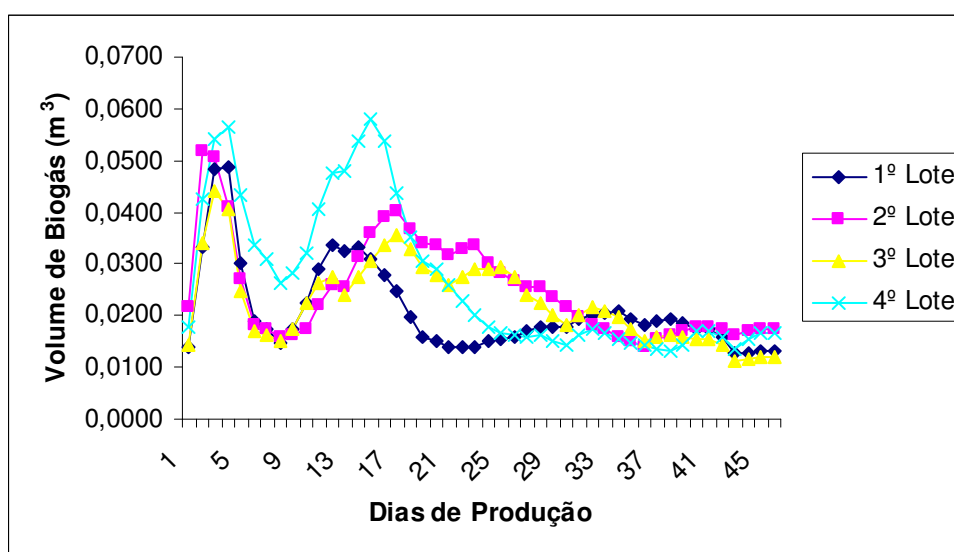


FIGURA 6. Volume de biogás (m^3) por dia de produção para diferentes reutilizações.

Para planejar a produção de biogás para geração de energia, deve-se considerar as áreas com produções de biogás mais expressivas nos desenhos das curvas para que não falte energia quando a demanda por esta for alta. Como por exemplo, na prática, utilizando a produção de biogás através da biodigestão anaeróbia de cama de frango, deve-se fazer um planejamento adequado, levando em consideração a fase de maior produção de biogás (para o 4º lote, foi durante o 9º ao 25º dia de biodigestão) para geração de energia.

Segundo FURLAN e MACARI (2002), o pinto de 1 dia de idade necessita de temperatura ambiente de 35°C , devido a sua reserva energética para termogênese ser reduzida no início de vida. Com o desenvolvimento do frango de corte e a conseqüente maturação do sistema termorregulador, a zona de conforto térmico é reduzida de 33°C para 24°C , com 4 semanas de idade e, para 21°C com 6 semanas de idade. Nesse sentido, visando o atendimento das necessidades energéticas para aquecimento das aves, dependendo da temperatura ambiente, os produtores devem se preocupar com a geração de energia principalmente nos primeiros dias até 14 a 21 dias de idades das aves, para evitar o estresse calórico, o qual influenciará no desempenho da ave.

As produções semanais de CO₂ e de CH₄ (%) para diferentes reutilizações de cama de frango estão apresentadas na Tabela 13 e podem ser visualizadas nos Figura 7 e 8.

TABELA 13. Produção semanal de CO₂ e de CH₄ (%) para diferentes reutilizações de cama de frango, produzidos em épocas iguais.

Semana	Produção de CO ₂ %					
	Reutilizações				P value	CV (%)
	1	2	3	4		
1 semana	73,51	78,09	81,87	73,51	0,0466	7,24
2 semana	51,88	58,24	61,05	55,72	0,0724	10,22
3 semana	25,5	30,02	32,26	20,21	0,1115	32,06
4 semana	21,96	20,53	22,93	17,83	0,2994	22,81
5 semana	19,31	18,01	19,52	17,81	0,5993	14,40
6 semana	16,9	17,93	17,44	16,86	0,4056	7,08

Semana	Produção de CH ₄ %					
	Reutilizações				P value	CV (%)
	1	2	3	4		
1 semana	24,38	20,45	16,76	25,56	0,0515	25,70
2 semana	47,23	41,08	38,01	43,54	0,0824	14,01
3 semana	73,64	69,56	67,35	79,48	0,1143	12,01
4 semana	77,16	78,97	76,67	81,78	0,2613	6,01
5 semana	80,03	81,35	80,00	81,82	0,5309	3,23
6 semana	82,51	81,58	82,12	82,74	0,3475	1,40

Teste de Tukey (P>0,05)

Observa-se que não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre a produção de CO_2 e CH_4 ao comparar as diferentes reutilizações de cama de frango.

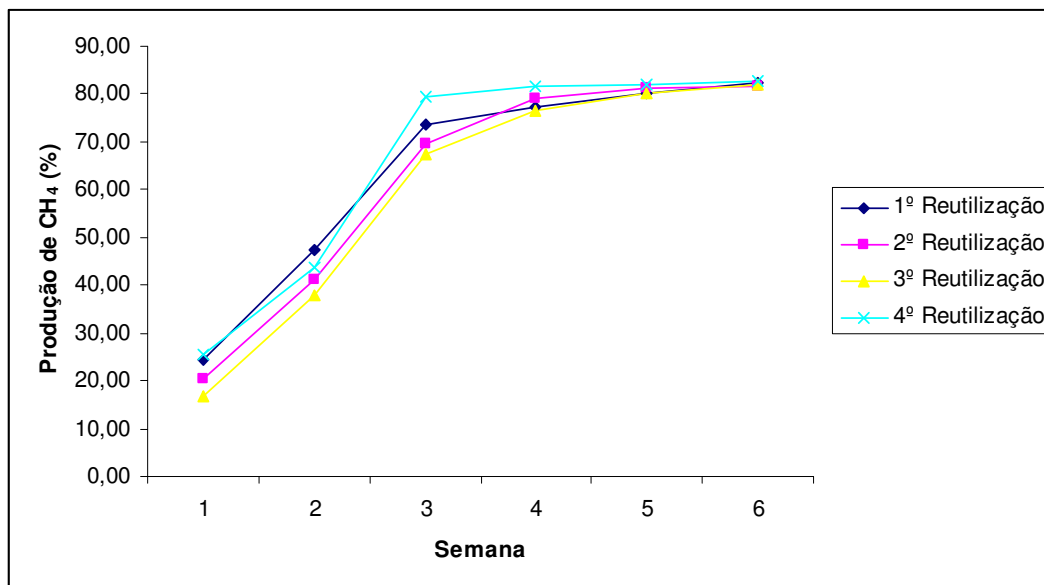


FIGURA 7. Produção de CH_4 (%) por semana para diferentes reutilizações.

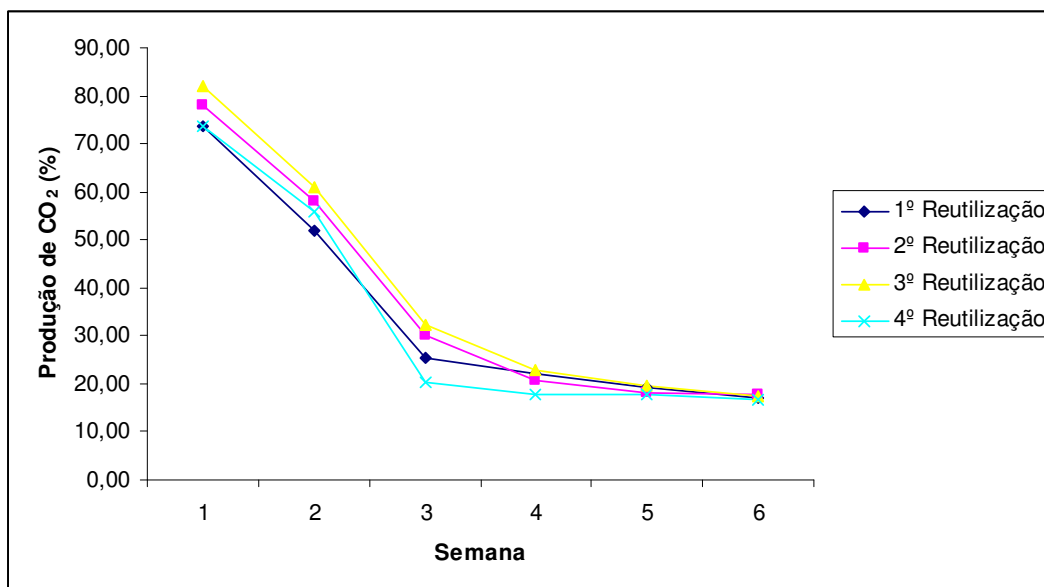


FIGURA 8. Produção de CO_2 (%) por semana para diferentes reutilizações.

No início da biodigestão anaeróbia, observa-se que houve uma maior concentração (%) de CO_2 , devido ao estágio que envolve as bactérias fermentativas, compreendendo microrganismos anaeróbios e facultativos. De acordo com RUIZ et al. (1992), neste estágio materiais orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) são hidrolizados e fermentados em ácidos graxos, álcool, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfetos. As bactérias acetogênicas participam do segundo estágio, consumindo os produtos primários e produzindo hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético. Dois grupos distintos de bactérias metanogênicas participam do terceiro estágio, o primeiro grupo reduz o dióxido de carbono a metano e o segundo descarboxiliza o ácido acético produzindo metano e dióxido de carbono, confirmando os resultados obtidos, onde se observa uma tendência no aumento da produção de metano com o passar da semana.

Na Tabela 14, estão apresentadas as médias dos dias de início de queima do biogás e média da produção de biogás acumulada (%) até o dia da queima entre os tratamentos.

TABELA 14. Média do dia de início da queima do biogás (dia) e média da produção de biogás acumulada (%) até o dia do início da queima.

Criação Aves	Início da queima (dia)	Prod. biogás acumulada (%)
Época Diferente		
1º Lote	11 C	41,77 AB
2º Lote	21 A	42,81 A
3º Lote	14 B	30,63 C
4º Lote	14 B	44,88 A
Época Igual		
1º Lote	13 BC	33,55 C
2º Lote	14 B	33,91 C
3º Lote	15 B	35,09 AB
4º Lote	14 B	44,88 A
P value	<0,0001	<0,0001
CV (%)	8,38	10,10

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

O início de queima do biogás é outro parâmetro que pode ser útil para a escolha do número de vezes a ser reutilizado a cama de frango como substrato para fermentação, pois está relacionado com quantidade de metano suficiente para realização da combustão. Por meio dele também é possível fazer a programação dos sistemas de biodigestão anaeróbia para o fornecimento contínuo de biogás, sem que haja intervalos sem produção de biogás.

Observa-se que os tratamentos com cama de 1º lote apresentaram menor tempo, em dias, para início da queima do biogás. Quando o experimento foi realizado em épocas diferentes, apesar de todos tratamentos possuírem 15% de inóculo, a quantidade em kg foi diferente de acordo com a MS apresentada, sendo que para o 1º lote foi utilizado 35,47 kg de inóculo e para os demais 24,83; 24,24; 21,69 kg de inóculo para o 2º, 3º e 4º reutilização, respectivamente, sendo provavelmente esta justificativa para o menor tempo para início da queima do biogás observado no 1º lote.

Apesar de não haver diferença significativa ($P>0,05$) no dia do início da queima do biogás entre as reutilizações da cama, quando o experimento foi realizado em épocas iguais, verifica-se para o mesmo dia do início da queima entre os tratamentos, com o aumento da reutilização da cama, houve uma maior produção de biogás, devido a maior quantidade de excretas nas camas reutilizadas, aumentando a produção de biogás. Porém observa-se na Tabela 13, que não houve diferença significativa ($P>0,05$) na concentração de CO_2 e CH_4 entre os tratamentos, justificando a similaridade na data da queima.

Para um planejamento da utilização do biogás visando o atendimento das necessidades energéticas, deve-se focar também o início da queima do biogás, sendo que o aproveitamento deve ser considerado útil a partir do 14º dia (média do início da queima dos lotes criados em épocas diferentes).

Com estes resultados pode-se observar que quando se avalia um experimento a campo, deve-se haver um rígido controle nos fatores externos, como por exemplo a temperatura ambiente, o qual influenciou em muitos resultados apresentados nesta pesquisa.

3.4. Conclusões

As concentrações de macro e micronutrientes nas camas, nos inóculos, nos afluentes e nos efluentes apresentaram-se maiores com a reutilização da cama, devido ao acúmulo de excretas nas camas reutilizadas.

A quantidade (kg) dos nutrientes e dos metais no efluente diminuiu com a biodigestão anaeróbia em comparação com o afluente.

Houve aumento significativo na produção de biogás com o aumento na reutilização da cama. Potenciais médios de produção de biogás de 0,0165, 0,0184, 0,0190 e 0,0206 m³/kg de substrato e 0,1972, 0,2102, 0,2043 e 0,2366 m³/kg de excreta nas camas de 1º, 2º, 3º e 4º lote respectivamente, conduzidos na mesma época.

A produção semanal de CO₂ diminuiu com o tempo de fermentação e de CH₄ (%) aumentou, devido aos estágios de produção da biodigestão anaeróbia.

Para todas biodigestões anaeróbias com reutilizações de cama de frango, conduzidos na mesma época, o início da queima do biogás foi em média com 14 dias de produção.

3.5. Referências

APHA. AWWA. WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington, 2000.

AVILA, V. S. de; ABREU, V. M. N.; FIGUEIREDO, É, A. P. de; BRUM, P. A. R. de; OLIVEIRA, U. de. **Valor Agrônômico da Cama de Frangos após Reutilização por Vários Lotes Consecutivos** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 466).

BAYKOV, B.; STOYANOV, M.; GUGOVA, M. Methane fermentation of dung from litter-free reared domestic animals – an optimisation study. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 251-256, jun. 1995.

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

CAMARERO, L.; DIAZ, J. M.; ROMERO, F. Final treatments for anaerobically digested piggery slurry effluents. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 11, n. 6, p. 483-489, jul. 1996.

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

FORESTI, E. et al. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 29-52.

FULHAGE, C. D. Manure management considerations for expanding dairy herds. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1872-1879, 1997.

FULHAGE, C.; SIEVERS, D.; FISCHER, J. **Generating methane gas from manure**, Fact sheet G1881. Columbia: University of Missouri Extension, 1993.

FURLAN, R.L.; MACARI, M. Lipídios: digestão e absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal:FUNEP/UNESP, 2002. p.143-148. GARBA, 1996;

GARBA, B. Effect of temperature and retention period on biogás production from lignocellulosic material. **Renewable Energy**, Oxford, v. 9, n. 1-4, p. 938-941, sep/dec. 1996.

GERARDI, M. H. **The microbiology of anaerobic digesters**. Jon Wiley & Sons, 2003. 130 p.

HAMMAD, M.; BADARNEH, D.; TAHBOUB, K. Evaluating variable organic waste to produce methane. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 40, n. 13, p. 1463-1475, sep. 1999.

HESSAMI, M. A.; CHRISTENSEN, S.; GANI, R. Anaerobic digestion of household organic waste to produce biogás. **Renewable Energy**, Oxford, v. 9, n. 1-4, p. 954-957, sep/dec. 1996.

JONES, D.; NYE, J.; DALE, A. **Methane generation from livestock waste**. West Lafayette: Purdue Cooperative Extension. 1980.

KOSARIC, N.; VELIKONJA, J. Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 111-142, feb. 1995.

LASTELLA, G. et al. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 63-75, jan. 2002.

LIU, W. T.; CHAN, O. C.; FANG, H. H. P. Microbial community dynamics during start-up of acidogenic anaerobic reactors. **Water Resource**, New York, v. 36, n. 13, p. 3203-3210, jul. 2002.

LUCAS JR., J. **Estudo comparativo de biodigestores modelo indiano e chinês**. 1987.114 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

LUCAS JR., J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 113 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: CNPSA, 2000. p. 27-43.

LUCAS JR., J. et al. Efeito do uso de inóculo e do tipo de coleta do esterco de suínos na produção de biogás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBEA/CPGEA-UFSM, 1992. p. 239-251.

LUCAS JR., J. et al. Avaliação do uso de inóculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus:SBEA/CEPLAC, 1993. p. 915-930.

LUSK, P. **Methane recovery from animal manures the current opportunities casebook**. Publication: NREL/SR-580-25145. Washington: Resource Development Associates. 1998, p. 2-11.

MALETTO, S. Correlação da nutrição mineral e a sanidade. In: SEMINÁRIO SOBRE NUTRIÇÃO MINERAL, 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1986. p. 38.

ORTOLANI, A. F. et al. Bateria de mini-biodigestores : Estudo, projeto, construção e desempenho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** p.229-239.

ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; LUCAS JR., J. **Biodigestores rurais modelos indiano, chinês e batelada**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/FCAV, 1991. 34 p.

RUIZ, R. L. et al. Microbiologia do rúmem e do biodigestor. In: RUIZ, R. L. **Microbiologia zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. p. 124-167.

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

SAS INSTITUTE. Program version 9.1. Cary, 2003.

SCHWART, R.; et al. **Methane Generation**. Final Report to The State Energy Conservation Office. Under CAFO Methane Digester Project Contract CM433. With the Texas Agricultural Experiment Station. June 30 (2005).

SHARMA, V. K. et al. Inclined-plug-flow type reactor for anaerobic digestion of semi-solid waste. **Applied Energy**, London, v. 65, n. 2, p. 173-185, apr. 2000.

SINGH, S.; SINGH, S. K. Effect of cupric nitrate on acceleration of biogas production. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 417-419, apr. 1996.

STEIL, L.; LUCAS JR., J.; OLIVEIRA, R. A. Avaliação do uso de inóculo na digestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 146-159, maio, 2002.

STERLING JR., M. C. et al. Effects of ammonia nitrogen on H₂ and CH₄ production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. **Bioresource Technology**, Essex, v. 77, n. 1, p. 9-18, mar. 2001.

TORRES-CASTILLO, R.; LLABRÉS-LUENGO, P.; MATA-ALVAREZ, J. Temperature effect on anaerobic digestion of bedding straw in a one phase system at different inoculum concentration. **Agriculture Ecosystems and Environment**, cidade, v. 54, n. 1, p. 55-66, jun. 1995.

WEBB, A. R., HAWKES, F. R. The anaerobic digestion of poultry manure: variation of gas yield with influent concentration and ammonium–nitrogen levels. *Agricultural Wastes* 14 (1985), pp. 135–156.

XAVIER, C. de A. N. **Biodigestão anaeróbia de dejetos em sistema de produção de leite: obtenção de parâmetros e dimensionamento**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

YADVIKA, S. et al. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – a review. **Bioresource Technology**, Essex, v. 95, n. 1, p. 1-10, oct. 2004.

YANG, Y. et al. Performance of a fixed-bed reactor packed with carbon felt during anaerobic digestion of cellulose. **Bioresource Technology**, Essex, v. 94, n. 2, p. 197-201, sep. 2004.

CAPÍTULO 4 - Aplicação de Biofertilizante Provindo de Cama de Frango sobre as Características Agronômicas do Milho (*Zea mays* L.) e Parâmetros Químicos do Solo

4.1. Introdução

O Brasil é o 3º produtor mundial de milho, um dos cereais mais importantes produzidos no mundo. Na safra 2006/2007, ocupou uma área superior a 14 milhões de hectares, produzindo 51 milhões de toneladas (CONAB, 2008).

O milho é a principal fonte energética e uma importante fonte de aminoácidos na alimentação de aves e suínos, participando em mais de 60% do balanceamento de uma ração (BUTOLO, 2002). Este ingrediente também é requisitado para silagem oferecida a ruminantes, devido ao seu alto potencial de rendimento na produção de biomassa e pela qualidade bromatológica da fonte de nutrientes, rendendo 50 a 62 toneladas de forragem por hectare com 35% de matéria seca (BUTLER et al., 2008).

Na Tabela 1, estão apresentados os dados de produção e os valores requeridos de macrominerais por algumas culturas, de acordo com dados adaptados de Coelho & França (1995); Faria et al. (1998), citados por KONZEN (2003).

TABELA 1. Valores requeridos de macrominerais por algumas culturas.

Culturas	Produção kg ha⁻¹	N	P₂O₅	K₂O
		Kg ha⁻¹		
Milho	9.000	190	39	59
Milho Silagem	32.000	224	90	275
Soja	2.700	164	14	51

Fonte: KONZEN (2003).

De acordo com as recomendações de RAIJ, et al. (1996) para adubação e calagem para o Estado de São Paulo publicados no Boletim Técnico 100 - IAC, a adubação mineral de cobertura deve ser aplicada levando em conta a classe de

resposta esperada a nitrogênio, o teor de potássio no solo e a produtividade esperada (Tabela 2).

TABELA 2. Recomendação de adubação mineral de cobertura Boletim Técnico 100 IAC (1996)

Produtividade Esperada t/ha	Classe de resposta a nitrogênio			K ⁺ trocável, mmolc/dm ³		
	1. Alta	2. Média	3. Baixa	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0
	N, kg/ha			K ₂ O, kg/há		
2 – 4	40	20	10	0	0	0
4 – 6	60	40	20	20	0	0
6 – 8	100	70	40	60	20	0
8 – 10	120	90	50	90 ⁽¹⁾	60	20
10 - 12	140	110	70	110 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	40

⁽¹⁾ Em solos argilosos, o K aplicado em cobertura pode não ser eficiente. Assim, principalmente nesses solos, quando os teores de K forem muito baixos ou baixos (<1,5 mmol/dm³) e as doses recomendadas em cobertura, iguais ou superiores a 80 kg/há de K₂O, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço e incorporando-o ao solo. Nesse caso, acrescentar mais 20 kg/há de K₂O à dose recomendada.

O tipo e quantidade de fertilizante requerido para produção de milho em grão ou para silagem, também depende da necessidade da planta, da fertilidade do solo, das fontes de nutrientes a serem utilizadas podendo ser mineral ou orgânico.

Segundo KONZEN & ALVARENGA (2008), os sistemas agropecuários dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, os quais, corretamente manejados e utilizados, revertem-se em fornecedores de nutrientes para a produção de alimentos e melhoradores das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Quando inadequadamente manuseados e tratados, constituem fonte de contaminação e agressão ao meio ambiente, especialmente quando direcionados para os mananciais hídricos. A produção econômica, tanto de grãos quanto de pastagens, pressupõe a oferta de nutrientes às plantas oriunda de uma fonte que não o solo, em quantidade e qualidade compatíveis com a obtenção da produtividade que se pretende. Essa fonte são os adubos químicos e fertilizantes orgânicos, que podem ser usados de maneira exclusiva ou associados.

Estes mesmos autores citaram que, o aproveitamento integral e racional de todos os recursos disponíveis dentro da propriedade rural, com a introdução de novos

componentes tecnológicos, aumenta a estabilidade dos sistemas de produção existentes, bem como maximiza a eficiência dos mesmos, reduzindo custos e melhorando a produtividade. A associação dos diversos componentes em sistemas integrados, que preservem o meio ambiente, estabelece o princípio da reciclagem, ou seja, o resíduo de um passa a ser insumo de outro sistema produtivo.

KONZEN & ALVARENGA (2008) comparando vários trabalhos (Tabela 3), observou a composição média dos esterco de suínos, bovinos e frangos.

TABELA 3. Composição média dos esterco de suínos, bovinos e frangos.

Esterco	kg m ⁻³ ou tonelada				
	pH	MS %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Suínos (líquido integral)	7,2 - 7,8	1,3 - 2,5	1,6 - 2,5	1,2 - 2,0	1,0 - 1,4
Suínos (líquido separado)	7,0 - 7,5	0,1 - 0,3	0,7 - 0,9	0,3 - 0,5	0,6 - 0,8
Bovinos(chorume)	7,0 - 7,5	out/15	1,5 - 2,5	0,6 - 1,5	1,5 - 3,0
Bovinos (fezes+urina)	6,8 - 7,5	dez/15	4,5 - 6,0	2,1 - 2,6	2,8 - 4,5
Bovinos (sólido)	7,0 - 7,5	45 - 70	15 - 25	8/dez	ago/15
Aves (cama frango)	6,0 - 7,5	65 - 90	24 - 40	20 - 35	18 - 35

Fonte: Adaptado de diversos autores, citado por KONZEN (2007).

Esses fertilizantes orgânicos podem variar, dependendo do sistema de higienização empregado e do desperdício dos comedouros e bebedouros dos animais. O conhecimento desses valores é a base para o cálculo da adubação que cada cultura exige, em função da produtividade pretendida.

A utilização de fertilizantes orgânicos como o efluente da digestão anaeróbia de dejetos de animais (biofertilizantes), é uma alternativa para diminuição do custo e para a sustentabilidade ambiental.

A digestão anaeróbia de resíduos, é uma forma de bioconversão, que oferece muitas vantagens como a transformação de resíduos orgânicos em gás metano, podendo ser transformado em energia; redução na emissão de amônia; controle de odores; e ainda o efluente da biodigestão, pode ser utilizado como biofertilizante de plantas, por ser fonte de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, cobre, manganês, e outros minerais (MAGALHÃES et al., 2001).

Os biofertilizantes podem ser usados para vários propósitos, em diferentes tipos de solos, para vários tipos de culturas vegetais e diferentes estágios de desenvolvimento das plantas, para controle biológico de patógenos de vegetais, para controle de plantas daninhas e para recuperação de solos danificados.

SILVA et al. (2004), trabalhando com aplicação de esterco bovino em milho, observaram que o uso deste resíduo promoveu incrementos nos teores de fósforo e potássio no solo além do aumento na produtividade e melhor retenção de água.

GIL et al. (2008), utilizando esterco de cama de bovinos concluíram que este foi bom substituto para o fertilizante convencional utilizado em milho e promoveu produtividade similar e maior concentração de fósforo total e potássio no solo, matéria orgânica e não aumentou o nível de metais no solo.

Porém, não existem pesquisas sobre a fertilização de plantas com efluentes da biodigestão anaeróbia com cama de frango. Sendo o Brasil o maior produtor mundial de frango, com 5,15 bilhões de frangos de corte produzidos em 2007 (ANUALPEC, 2008) e produção de 10,3 bilhões de kg de cama de frango (matéria natural), verifica-se a necessidade de novas alternativas para o destino dos seus subprodutos.

Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação do biofertilizante, obtido através da biodigestão anaeróbia de cama de frango, sobre algumas características agrônômicas do híbrido de milho AGN 20A55 e alguns parâmetros químicos do solo.

4.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de grandes culturas do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” da Universidade Estadual de São Paulo – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP – FCAV) Campus de Jaboticabal - SP. As coordenadas geográficas do local são latitude 21°17'05” S e longitude 48° 17'09” W, com altitude de aproximadamente de 590 m.

O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Cwa, subtropical, relativamente seco no inverno, com chuvas no verão, apresentando temperatura média anual de 22 °C e precipitação pluviométrica de 1.552 mm (UNESP, 2008).

4.2.1 – Biofertilizante

O efluente foi obtido pelo processo de biodigestão anaeróbia utilizando cama de frango em biodigestor instalado no Departamento de Engenharia Rural da UNESP – FCAV, conforme descrito no Capítulo III.

Para melhor compreensão, o efluente será citado como biofertilizante. Este foi armazenado em latões com capacidade de 100 litros, durante os experimentos de biodigestão anaeróbia.

Após o armazenamento o material foi misturado e realizou-se uma amostragem do biofertilizante a ser aplicado.

Nas Tabelas 4 e 5, estão apresentados os teores de macronutrientes e as concentrações de micronutrientes e metais presentes no biofertilizante utilizado para a adubação do milho.

As doses de biofertilizante foram aplicadas na forma líquida com base em m³ de dejetos (Figura 1), pois trata-se da forma mais prática de quantificação à ser utilizada pelo produtor rural.

TABELA 4. Concentrações de macronutrientes, em g/kg de matéria seca (MS) nos biofertilizantes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango.

Material	N	P	K	Ca	Mg	Na
	g/kg					
Biofertilizante	47,00	16,20	87,50	9,60	10,90	12,70

TABELA 5. Concentrações de micronutrientes e metais, em mg/kg de matéria seca (MS), nos biofertilizantes de biodigestores batelada abastecidos com cama de frango.

Material	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Pb	Ni	Cd
	(mg/kg)							
Biofertilizante	929,67	2843,71	437,49	1148,42	0,66	29,97	5,03	1,64



FIGURA 1. Aplicação do biofertilizante com uso de baldes na linha de cultivo

4.2.2 – Descrição do experimento

O experimento foi realizado em Latossolo Vermelho Eutroférico Moderado, textura muito argilosa, no Município de Jaboticabal - SP, cujas características químicas do solo anterior a instalação do experimento e na semeadura do milho estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 – Principais características químicas do Latossolo Vermelho Eutroférico Moderado, textura muito argilosa, da cultura antecedente e na semeadura do milho.

	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	V
		mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³					%
Instalação	5,70*	59,00	2,70	30,0	7,00	25,00	39,7	61,36
Semeadura	6,30**	20,20	1,97	32,0	11,0	13,00	48,0	79,00

* pH em CaCl₂; P resina.

** pH em H₂O; P em Mehlich 1.

As análises da cultura antecedente à instalação do experimento foram realizadas no Laboratório de Solos da UNESP - FCAV em Jaboticabal – SP, e as análises do solo na semeadura foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Uberlândia-MG.

Anteriormente a instalação do experimento, como cultura antecedente a safrinha, realizou-se a semeadura de milho sem utilização de adubação com a finalidade de extração de nutrientes do solo. Segundo RAIJ et al. (1996), o milho para silagem remove grandes quantidades de nutrientes do terreno, principalmente de potássio.

Conduziu-se este cultivo até o ponto de silagem quando removeu-se a massa a ser ensilada e realizou-se a amostragem de solo antecedente à instalação (Tabela 6).

Este procedimento foi realizado em função do solo estudado ser considerado um solo de alta fertilidade natural, sendo a resposta em produtividade da adubação de manutenção pouco observada.

O híbrido de milho AGN 20A55 - DAS 8055 (Dow Agrosiences) foi utilizado como planta indicadora de fertilidade da adubação com a fonte orgânica (biofertilizante de cama de frango) e com adubação mineral.

A semeadora foi regulada para obter um estande de 60.000 plantas/ha, visando aumentar a precisão experimental. Na cobertura utilizou-se como fonte mineral a uréia (45% de N). As 24 parcelas experimentais tinham 10,8 m² (2,7 x 4,0 m) cada uma, consistindo em uma área útil de três linhas de milho (Figura 2).



FIGURA 2. Plantação de milho divididas por tratamento.

O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 8 tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiam de: T1 - controle sem fertilização; T2 - fertilização mineral com 60 kg N ha⁻¹; T3 - fertilização mineral com 120 kg de N ha⁻¹; T4 - 30 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T5 - 60 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T6 - 90 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T7 - 120 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango; T8 - 60 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de cama de frango + fertilização mineral com 60 kg N ha⁻¹.

Os tratamentos foram aplicados em cobertura em 30 de outubro de 2007, quando as plantas apresentavam seis folhas totalmente expandidas (23 dias após a emergência-DAE) e as avaliações foram realizadas quando as plantas apresentavam as espigas em ponto de silagem com aproximadamente 72 (DAE) (16 de dezembro 2007).

A colheita foi procedida de sorteio, desprezando-se plantas fora do padrão (outlier = 2 plantas/cova), e preocupou-se em não retirar plantas seguidamente, para evitar possíveis espaços (clarões) entre plantas, que poderiam conduzir a um efeito competitivo entre elas.

Cada planta foi colhida individualmente e transportada para o Laboratório de Produtos Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da UNESP/FCAV, para ser pesada e, posteriormente, feita a separação de colmo, lâmina foliar e espiga.

Os parâmetros fitométricos da cultura avaliados foram: altura do colmo utilizando-se uma régua graduada (cm), número de folhas e espigas, sendo que para cada variável foram retiradas 2 plantas por repetição, e dessas mesmas plantas foram determinadas a matéria seca das folhas, colmo e espigas em estufa de ventilação forçada a 65°C até obtenção de peso constante e a área foliar foi determinada com o equipamento planímetro eletrônico modelo LJ31000.

Após as determinações fitométricas permaneceu-se com a cultura em campo até o ponto de avaliação de produtividade em grãos secos. Coletaram-se dez espigas por parcela e estas foram debulhadas e realizou-se as seguintes determinações: peso de grãos (g); peso de 1.000 sementes, número de linhas de grãos por espiga e peso de sabugo.

Ao final do ciclo foram retiradas amostras de solo para determinações das características químicas. As amostras foram coletadas na profundidade de 0-20cm, com auxílio de um trado holandês, sendo retiradas três amostras simples por parcela, que formaram uma amostra composta, a qual foi enviada ao Laboratório de Solos da Universidade Federal de Uberlândia - MG.

As análises foram realizadas conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1997): teores de P e K (em HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); pH em água (1-2,5), Matéria Orgânica (M.O) pelo método colorimétrico, S pelo método Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹; Ca, Mg, Al (KCl, 1 mol L⁻¹); Cu, Fe, Mn, Zn = [DTPA 0,005 mol.L⁻¹ + TEA 0,1 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹ a pH 7,3].

4.3. Resultados e Discussão

A importância de se avaliar características agronômicas está relacionada com a necessidade de observação do vigor do híbrido para a aptidão indicada. O híbrido utilizado é considerado de dupla aptidão sendo indicado para silagem pois apresenta boa massa verde a ser ensilada com boa presença de grãos.

Entre as características do híbrido, confirmou-se visualmente o destaque para a textura dos grãos classificados como duros e com coloração laranja, o bom empalhamento das espigas, o que não garantiu durante a condução do experimento isenção de perdas com ataque de lagartas, principalmente da ponteira e pouca incidência de aves consumindo os grãos.

Na Tabela 7 estão apresentadas as características agronômicas do híbrido de milho (AGN 20A55) fertilizado com biofertilizantes e fertilizante mineral.

TABELA 7. Características agronômicas da parte aérea de plantas de milho do híbrido (AGN 20A55) fertilizados com biofertilizante e fertilizante mineral.

Tratamento	Parâmetros					
	Área (cm)	Número (unid)		Altura (cm)	Peso (MS) (g)	
	Foliar	Folha	Espiga	Colmo	Folha	Colmo
T1- Controle	5224,80	13,33	2,00	80,25 AB	60,00	313,33
T2- Mineral 60 kg N ha⁻¹	4849,30	12,67	1,83	80,20 AB	58,33	315,00
T3- Mineral 120 kg N ha⁻¹	5178,90	14,00	2,00	78,00 AB	42,50	253,33
T4- Biofertilizante 30 m³	5905,00	14,33	2,17	83,50 A	65,83	349,17
T5- Biofertilizante 60 m³	6513,40	13,00	1,67	86,06 A	69,72	323,33
T6- Biofertilizante 90 m³	4658,60	14,17	2,00	77,33 AB	67,50	335,83
T7- Biofertilizante 120 m³	4559,00	13,10	1,83	67,22 B	58,06	235,83
T8- Biofertilizante 60 m³ + Mineral 60 kg N ha⁻¹	5949,30	12,83	1,50	72,00 AB	69,17	327,50
P value	0,15	0,65	0,31	0,01	0,25	0,08
CV(%)	16,77	9,78	17,21	6,85	22,40	14,94

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Nas mensurações de números de folhas e altura de colmo (Tabela 7) não estão incluídos os valores observados nos perfilhos, que foram caracterizados separadamente, uma vez que nem todas as plantas apresentaram perfilhos o que poderia imprimir nos resultados estatísticos uma falsa superioridade de algum tratamento, assim foram considerados somente os dados da planta principal.

Os valores médios de 13,43 folhas, no híbrido estudado demonstram uma boa produtividade de massa verde, porém este número poderia ser maior, caso o híbrido fosse exclusivamente produzido para silagem e não de dupla aptidão, pois BALDO (2007), observou valor médio de 19,00 folhas em plantas de milho híbrido simples.

Em relação à altura do colmo com média de 0,78 m pode-se observar o porte do híbrido aos 72 DAE. Entre os parâmetros estudados, somente a altura do colmo apresentou diferença estatística (P<0,05), apesar de biologicamente este resultado não ter uma consistência em termos de aplicabilidade prática. Após a primeira colheita, observou-se um pequeno alongamento do colmo, com um porte final de no máximo de 1,30 m.

Para os pesos de MS foliares e colmos, não apresentaram diferenças significativas (P>0,05) entre os tratamentos.

A aplicação do biofertilizante exclusivo de cama de frango representou um incremento médio de 8,8% na MS das folhas (média de 65,28 g), e aonde foi aplicado o fertilizante mineral (média de 50,42 g) observou-se que não houve um incremento em relação ao tratamento controle (60,00 g). Na produtividade dos colmos, a aplicação do 30 m³ de biofertilizante (349,17 g) representou um incremento de 25%, e no tratamento que recebeu 60 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral (315,00 g), houve incremento de 0,5% na MS dos colmos em relação ao grupo controle (313,33 g).

Observa-se que na dosagem de 120 m³ de biofertilizante tanto para MS foliar como para MS colmo, os valores da produtividade foram inferiores ao tratamento controle. O baixo nível de significância entre as variáveis estudadas pode estar correlacionadas com o fato de normalmente as respostas com biofertilizantes serem mais lentas que com fertilizantes minerais. Estas também não promoveram incrementos satisfatórios neste estudo, mesmo com aplicação de 120 kg de N por hectare (fertilizante mineral), o que pode indicar que a produtividade da MS pode ter sido prejudicada pelo fato dos níveis estarem satisfatórios com nutrientes presentes no solo estudado, como descritos na Tabela 6.

Em relação ao número médio de espigas, verifica-se que este apresentou média de 1,88 espigas. Esse valor, indica uma boa presença de grãos (fonte de carboidratos solúveis), na massa a ser ensilada. Analisando-se os dados de número de folhas e comprimento de colmo, observa-se que existem variedades mais apropriadas para maior produção de massa ensilada.

As espigas apresentavam-se com boa formação, com número médio de 17,7 linhas de grãos (Tabela 8) e com diâmetro caracterizado como grande. BALDO (2007), observou o número médio de fileiras de 13,3, sendo 36% inferior ao observado neste experimento.

TABELA 8. Média do número de fileiras de grãos por espiga, peso de grãos de 10 espigas, peso de sabugo e peso de 1.000 sementes, com base na matéria natural, em relação aos diferentes tratamentos com fertilização mineral e biofertilizante provindo de digestão anaeróbia de cama de frango.

Tratamento	Número de fileiras de grãos por espiga (unid)	Peso de grãos de 10 espigas (kg)	Peso de 10 sabugos (g)	Peso de 1.000 sementes (g)
T1- Controle	17,60 AB	2,72	553,00	400,60
T2- Mineral 60 kg N ha⁻¹	18,40 A	2,88	570,00	396,50
T3- Mineral 120 kg N ha⁻¹	17,00 B	2,71	576,67	412,40
T4- Biofertilizante 30 m³	18,27 AB	2,77	571,67	398,70
T5- Biofertilizante 60 m³	18,13 AB	2,87	588,33	404,30
T6- Biofertilizante 90 m³	17,53 AB	2,72	575,00	411,40
T7- Biofertilizante 120 m³	17,73 AB	2,61	516,67	399,20
T8- Biofertilizante 60 m³ + Mineral 60 kg N ha⁻¹	17,53 AB	2,76	571,00	41,17
P value	0,0369	0,2967	0,3957	0,2765
CV(%)	2,66	4,71	6,34	2,39

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

O número de fileiras de grãos está correlacionado com a produtividade dos grãos. Observa-se que apenas os tratamentos com diferentes doses de fertilizante mineral apresentaram diferenças estatísticas, sendo o tratamento com 60 kg de N mineral superior em 1,40 fileira de grãos comparando com o tratamento com 120 kg de fertilizante mineral.

Porém quando observam-se outros valores que influenciam diretamente na produtividade de grãos, peso de grãos de dez espigas, peso de 10 sabugos e peso de 1.000 sementes, observa-se que não houve diferença significativa (P>0,05) em relação aos tratamentos controle, com fertilização mineral e com biofertilizante provindo de digestão anaeróbia com cama de frango. FERREIRA et al. (2001), avaliaram os principais parâmetros agrônômicos e as características produtivas também avaliadas neste experimento e observaram respostas significativas para as diferentes doses de N

aplicado (0 – 210 kg ha⁻¹), observando que o peso de mil grãos apresentou resposta de forma quadrática com o incremento das doses do adubo nitrogenado.

Observa-se na Tabela 9, que a aplicação do biofertilizante, não promoveu o incremento de nitrogênio (N) nas folhas de milho. Esse comportamento ocorreu mesmo aonde realizou-se a aplicação de nitrogênio indicada para manutenção em cobertura de 60 kg N ha⁻¹ mineral, ou uma dosagem considerada necessária para alta produtividade em grãos de 120 kg N ha⁻¹ mineral.

TABELA 9. Teores de macronutrientes e sódio em g/kg, com base na MS, das amostras foliares de plantas de milho após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e nitrogênio mineral

Tratamento	N	P	Mg	K	Ca	Na
	g/kg					
T1- Controle	34,80	1,70	2,70 AB	65,00 AB	7,70 ABC	0,85 ABC
T2- Mineral 60 kg N ha⁻¹	34,60	1,00	2,00 B	40,00 B	5,30 C	0,75 C
T3- Mineral 120 kg N ha⁻¹	34,40	1,90	3,20 A	84,20 A	7,70 ABC	1,00 A
T4- Biofertilizante 30 m³	34,10	0,70	2,40 AB	40,00 B	5,80 ABC	0,75 C
T5- Biofertilizante 60 m³	36,20	0,80	3,40 A	68,80 AB	8,80 A	0,90 ABC
T6- Biofertilizante 90 m³	33,20	1,10	2,10 B	50,00 AB	5,50 BC	0,77 BC
T7- Biofertilizante 120 m³	36,60	1,90	3,50 A	70,00 AB	8,50 AB	0,98 AB
T8- Biofertilizante 60 m³ + Mineral 60 kg N ha⁻¹	33,30	1,70	2,90 AB	63,30 AB	7,40 ABC	0,87 ABC
P value	0,1866	0,4324	0,0015	0,0154	0,0070	0,0053
CV(%)	4,68	61,85	14,81	23,51	15,92	9,20

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Atribui-se então essa resposta as boas características nutricionais do solo (Tabela 6). Pois a a faixa de suficiência descrito por MARTINEZ et al. (1999) é de 27,5 a 32,5 g kg⁻¹ de N, e neste experimento as folhas de milho apresentaram teor médio superior, apresentando 34,7 g kg⁻¹ de N nas folhas.

Há necessidade de novas tendências de pesquisa sobre a necessidade de desenvolvimento de novos indicadores para a necessidade deste nutriente, conforme citou COELHO (2008).

Segundo RAIJ et al. (1996), ainda não se tem para São Paulo, no Boletim 100 do IAC, um critério confiável de recomendação da adubação nitrogenada com base na análise do solo. Pois, cerca de 95% ou mais do N do solo faz parte da matéria orgânica, que constitui o grande reservatório desse nutriente. No entanto, a capacidade do solo de fornecer N às culturas depende da mineralização do N orgânico, função de fatores climáticos, de difícil previsão. Assim, a análise de solo tem pouca utilidade, até o momento, para ajudar a definir a adubação nitrogenada.

Portanto, a capacidade do solo para fornecer N e, conseqüentemente, a necessidade de adubação nitrogenada varia conforme o manejo do solo e a cultura anterior (RAIJ et al., 1996).

Segundo RAIJ et al. (1996), o teor de N nas folhas tem-se revelado bom critério para ajustar as recomendações de N em plantas perenes, tais como citros, café e manga. Porém, COELHO (2008) cita que para determinadas culturas, como o milho, não têm sido eficiente, devido ao fato de dificilmente ser possível reverter a situação de deficiência dentro da mesma safra.

Porém, FERREIRA et al. (2001), observaram que com a aplicação de diferentes dosagens de N em solo Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, a produção foi positivamente influenciada pela adubação mineral nitrogenada e melhorou a qualidade dos grãos de milho. Neste mesmo solo, MAIA & CANTARUTTI (2004), estudando a aplicação por 13 anos consecutivos de composto orgânico com dejetos de bovinos observaram aumento na produtividade do milho já no primeiro ano de cultivo e a tendência de aumento da produtividade com o tempo, nos tratamentos que receberam compostos orgânicos. Com isso verifica-se a importância desta adubação para a manutenção e construção da fertilidade e para a melhoria das condições físicas e químicas do solo.

Experimentos com aplicação de dejetos líquidos de suínos e demais fontes de adubação orgânica, quando realizadas em solos arenosos ou de baixos índices de fertilidade têm obtido resposta já no primeiro ano. Acredita-se que o mesmo comportamento não foi observado aqui em função da classe de solo estudada e sua qualidade em nutrientes disponíveis.

De acordo com RAIJ et al., 1996, o nitrogênio dos esterco e de outros materiais orgânicos pode ser manejado mediante as denominadas “séries de decaimento”, que expressam a porcentagem de mineralização do N que ocorre a cada ano após a aplicação do resíduo. Como por exemplo, um adubo orgânico com uma série de decaimento de 0,30; 0,10; 0,05 indica que, para o primeiro ano, 30% do seu conteúdo total em N estará mineralizado, 10% do total restante no segundo ano e 5% do restante do N não mineralizado no primeiro e segundo anos estará disponível no terceiro e assim sucessivamente. Provavelmente as respostas serão mais visíveis com pesquisas de maior duração.

A aplicação do biofertilizante não influenciou a absorção de P, em relação ao tratamento controle, mesmo com a presença deste elemento no biofertilizante (Tabela 4), este fato poderia estar relacionado com os índices presentes no solo (Tabela 6), por ser muito argiloso (próximo à 60% de argila) e apresentar classificação agrônômica muito bom (superior a 20 mg dm^{-3}).

Analisando-se o P como base da taxa de suficiência descrita por MARTINEZ et al. (1999) de $2,50$ a $3,50 \text{ g kg}^{-1}$, observa-se que os teores médios observados de $1,35 \text{ g kg}^{-1}$ estão inferiores ao valor referência, dentre as opções para a menor absorção provavelmente deve-se a algum estresse hídrico sofrido, reduzindo a absorção ou a maior retenção nos colóides do solo do fósforo deixando ele indisponível momentaneamente.

Nos teores de potássio observa-se que mesmo apresentando alguma diferença estatística somente o tratamento com 60 kg de fertilizante mineral e 30 m^3 de biofertilizante ha^{-1} , diferiram do tratamento com 120 kg fertilizante mineral. Porém essa diferença estatística não se deve ao maior incremento de K neste tratamento, uma vez que não foi aplicado essa fonte mineral neste tratamento. Entre o tratamento controle e os demais tratamentos não observou-se diferença. Atribui-se os elevados valores aos teores pré-existentes no solo (Tabela 6), uma vez que os teores médios absorvidos $60,16 \text{ g kg}^{-1}$, foi 167% superior aos valores de $17,50$ a $22,50 \text{ g kg}^{-1}$ da faixa de suficiência descrito por MARTINEZ et al. (1999). Porém essa maior absorção de potássio é possível uma vez que este é o segundo elemento mais absorvido pelo milho

e também em função de sua disponibilidade em solos. Sua absorção é facilitada pela sua menor retenção nos colóides, uma vez que trata-se de um elemento monovalente, e as perdas por lixiviação são reduzidas em solos argilosos, como o solo estudado. CERETTA & PAVINATO, (2003), observaram pouca influencia do K em solos com elevados teores deste elemento na produção de milho.

Os teores de magnésio em todos os tratamentos não diferiram em relação ao tratamento controle. O teor da faixa de suficiência descrito por MARTINEZ et al. (1999) é de 2,50 à 4,00 g kg⁻¹, sendo que todos os tratamentos estão dentro da faixa de suficiência proposta. Já os teores de cálcio observa-se que a faixa de suficiência é a mesma da descrita para o magnésio, mas o valor médio medido foi de 7,08 g kg⁻¹ ou seja 77% superior.

O incremento de sódio era uma preocupação, uma vez que os resíduos agropecuários normalmente possuem valores elevados deste elemento, que uma vez absorvido em grande quantidade pode interferir na produtividade e absorção de outros elementos em função do estresse salino, causando redução do potencial osmótico e/ou acumulação excessiva de íons, o que pode induzir a toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos (BOURSIER & LÄUCHLI, 1990). Porém observou-se que os teores não foram influenciados pela aplicação do biofertilizante, apesar que com o aumento da frequência de aplicação este deve ser um elemento de constante monitoramento em função de sua concentração no biofertilizante (Tabela 35).

As concentrações de micronutrientes e alguns metais nas amostras foliares de plantas de milho após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e fertilizante mineral estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10. Concentrações de micronutrientes e alguns metais (mg/dm³) nas amostras foliares de plantas de milho após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e nitrogênio mineral

Tratamento	Zn	Cu	Mn	Fe
			(mg/dm ³)	
T1- Controle	150,00	100,00	116,67BC	1583,30A
T2- Mineral 60 kg N ha ⁻¹	100,00	83,33	100,00C	983,30B
T3- Mineral 120 kg N ha ⁻¹	116,67	83,33	166,67A	1416,70AB
T4- Biofertilizante 30 m ³	100,00	116,67	116,67BC	1183,30AB
T5- Biofertilizante 60 m ³	125,00	125,00	150,00AB	1475,00AB
T6- Biofertilizante 90 m ³	100,00	66,67	100,00C	1150,00AB
T7- Biofertilizante 120 m ³	100,00	125,00	150,00AB	1450,00AB
T8- Biofertilizante 60 m ³ + Mineral 60 kg N ha ⁻¹	133,33	83,33	150,00AB	1600,00A
P value	0,1495	0,0938	0,0010	0,0106
CV(%)	21,17	26,58	13,47	14,32

	Pb	Cr	Cd	Ni
			(mg/dm ³)	
T1- Controle	0,67	4,67	0,00	0,67
T2- Mineral 60 kg N ha ⁻¹	0,33	5,00	0,00	2,00
T3- Mineral 120 kg N ha ⁻¹	0,33	6,00	0,00	1,00
T4- Biofertilizante 30 m ³	0,33	5,00	0,00	1,33
T5- Biofertilizante 60 m ³	0,50	5,00	0,00	1,50
T6- Biofertilizante 90 m ³	0,00	5,00	0,00	1,67
T7- Biofertilizante 120 m ³	0,00	3,00	0,00	1,00
T8- Biofertilizante 60 m ³ + Mineral 60 kg N ha ⁻¹	0,00	7,33	0,00	1,67
P value	0,7584	0,8168	ND	0,5751
CV(%)	209,82	58,00	ND	61,69

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

A diferenciação entre micronutrientes e metais pesados, em alguns casos está relacionado mais com a concentração da quantidade de metais aplicados. Segundo TSUTIYA (1999) os metais que representam menor risco são Mn, Fe, Al, Cr, As, Se, Sb, Pb, Hg e os metais potencialmente perigosos aos homens e aos animais são Zn, Cu, Ni, Mo, Cd.

Os teores de cobre e zinco não foram influenciados pelos tratamentos, pois não observou-se diferença em relação ao tratamento controle e estes apresentavam teores médios superiores a faixa de suficiência (97,92 e 115,63 mg dm⁻³) descrita por MARTINEZ et al. (1999) que é de 6 a 20 e de 20 a 70 mg kg⁻¹, respectivamente para Cu e Zn. O Cu começa a se tornar tóxico às plantas em uma faixa de 20,0 a 100,0 mg kg⁻¹

e o Zn na faixa de concentração de 100,0 a 400,0 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992).

O manganês sofreu influência da aplicação do biofertilizante. Os tratamentos com 60 e 120 m³ de biofertilizante, e a dosagem organomineral assim como o tratamento com 120 kg de N mineral, diferiram do tratamento controle. Nos tratamentos onde foi aplicado biofertilizante era esperado uma influência pela presença do elemento no tratamento, o que não ocorreu com o uso da fonte mineral. Porém observa-se que mesmo com a diferenciação, o manganês absorvido ficou dentro da faixa de suficiência de 20 a 150 mg kg⁻¹ descrita por MARTINEZ et al. (1999).

Para a absorção de ferro, observou-se que somente o tratamento com 60 kg de fertilizante mineral (983,30 mg dm⁻³) foi diferente do teor apresentado no tratamento controle (1583,30 mg dm⁻³), o valor observado é muito superior a faixa de suficiência apresentada por MARTINEZ et al (1999) de 250 mg kg⁻¹. A maior concentração observada deve-se ao material de origem da formação do solo estudado que apresenta classificação de eutroférico ou seja altos teores de Fe₂O₃.

Já os teores de chumbo, cromo, cádmio e níquel não foram alterados pelas doses aplicadas, mantendo-se os teores do tratamento controle.

Não foi detectada a absorção de Cd nas plantas, porém sua análise foi realizada pois este elemento foi detectado no biofertilizante (Tabela 5) em uma dose considerada até elevada 16,41 mg kg⁻¹. A CETESB (1999), considera a concentração máxima permitida deste elemento no lodo de esgoto de 85 mg kg⁻¹, o que deve ser uma preocupação quanto sua presença no biofertilizante.

Segundo CASAGRANDE (1997), acredita-se que a presença de cádmio no biofertilizante esteja relacionada com impurezas em minas de Zn (constituindo mais de 1% do conteúdo dos metais de tais minas) e nas jazidas de cobre e de chumbo. O Cu e o Zn são utilizados nas dietas de animais, sendo este o motivo dos biofertilizantes apresentarem alta concentração de cádmio (16,41mg dm⁻³), porém não foram absorvidos pelas folhas de milho adubadas com biofertilizante de cama de frango.

Para os teores de chumbo, com exceção dos tratamentos com 90 e 120 m³ de biofertilizante e o tratamento organomineral, os demais apresentaram concentração de

Pb nas folhas de milho dentro dos valores considerados normais, de 0,2 a 20,0 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992). O milho (*Zea mays*) foi identificado como sendo um bom acumulador de Pb podendo extrair cerca de 180 a 530 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Pb (GARBISU & ALKORTA, 2001).

Para o níquel, é considerado um valor normal de 0,02 a 5,00 mg kg⁻¹ nas plantas e de 8 a 220 mg kg⁻¹ considerado crítico (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992). Neste experimento em todos os tratamentos mantiveram-se as concentrações dentro da faixa normal de absorção pelas plantas.

De acordo com o experimento de MITCHELL et al. (1978), as concentrações de Cd, Ni, Zn e Cu foram maiores nas raízes do milho do que nas folhas. Ao se avaliar a translocação de Zn, Mn, Cu, Pb, Cr, Cd e Hg para diferentes partes da planta, notou-se que as maiores concentrações ocorrem nas folhas e raízes e as menores nos grãos e sabugos. De acordo com esses autores mesmo com a absorção de elementos observados via foliar, dificilmente esses contaminantes serão observados nos grãos.

Além da composição química do biofertilizante, outros fatores, como o potencial genético da variedade e a fertilidade do solo, contribuem para acentuar a diferença entre resultados de ensaios, uma vez que esses fatores determinam a dose agrônômica e a produtividade esperada, fatos que corroboram a necessidade de ensaios regionais para definição de critérios para aplicação de biofertilizantes em solos agrícolas e a capacidade de absorção por diferentes variedades e espécies vegetais.

Os teores de macro e micronutrientes no solo estão descritos na Tabela 11.

TABELA 11. Valores de pH, matéria orgânica (MO), saturação por bases (V%) e concentrações de macro e micronutrientes com base na matéria seca (MS) em um Latossolo Vermelho na profundidade de 0-20 cm após aplicação de biofertilizante oriundo de cama de frango e fertilizante mineral.

Tratamento	pH	MO	V	P	K	S
		%	%		mg dm ⁻³	
T1- Controle	7,30	2,56	77,33A	94,00	202,00	5,66
T2- Mineral 60 kg N ha ⁻¹	6,87	2,53	72,00AB	81,97	135,00	10,33
T3- Mineral 120 kg N ha ⁻¹	6,30	2,73	61,33B	66,13	116,00	8,00
T4- Biofertilizante 30 m ³	6,93	2,56	73,00AB	57,90	172,33	5,33
T5- Biofertilizante 60 m ³	7,17	2,73	78,33A	82,13	166,67	4,00
T6- Biofertilizante 90 m ³	6,93	2,73	72,66AB	63,20	169,33	4,67
T7- Biofertilizante 120 m ³	7,07	2,36	74,66AB	68,77	176,00	4,67
T8- Biofertilizante 60 m ³ + Mineral 60 kg N ha ⁻¹	6,97	2,80	71,66AB	54,63	190,67	3,00
P value	0,1218	0,7903	0,0350	0,9686	0,0584	0,3658
CV(%)	5,24	12,99	7,20	67,92	18,40	66,03

Tratamento	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	B
	mmolc dm ⁻³			mmolc dm ⁻³		
T1- Controle	45,30	11,00AB	4,80	20,00A	2,63	0,26
T2- Mineral 60 kg N ha ⁻¹	41,00	11,30AB	4,70	19,33B	2,76	0,30
T3- Mineral 120 kg N ha ⁻¹	35,30	8,30B	5,40	25,33A	2,90	0,24
T4- Biofertilizante 30 m ³	39,30	13,30AB	4,76	19,66B	2,50	0,22
T5- Biofertilizante 60 m ³	45,60	15,00A	4,80	19,33B	2,63	0,30
T6- Biofertilizante 90 m ³	40,30	13,00AB	4,63	19,33B	2,70	0,23
T7- Biofertilizante 120 m ³	40,30	13,00AB	5,20	18,66B	2,73	0,27
T8- Biofertilizante 60 m ³ + Mineral 60 kg N ha ⁻¹	36,30	12,70AB	4,33	18,00B	2,56	0,24
P value	0,5003	0,0311	0,9663	0,0082	0,9949	0,7673
CV(%)	16,29	16,21	23,99	9,54	22,58	25,64

Em cada coluna médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

O solo apresentava pH inicial de 6,30 no momento da semeadura (Tabela 6), observa-se que os tratamentos não diferiram em relação à testemunha ao final do experimento, porém apresentaram seus teores elevados. Mesmo não realizando a calagem anteriormente a instalação do experimento, o aumento do pH observado

provavelmente deve estar relacionada com o poder residual do calcário aplicado na cultura antecedente, em virtude da alta granulometria da fonte aplicada.

Os teores de matéria orgânica (MO) não foram influenciados pelas diferentes fontes de fertilizantes. MARIA & CASTRO (1993) citaram que o maior acúmulo da matéria orgânica ocorre em frações menores de amostragem como de 0-2,5 cm e 0-5,0cm. Com a contínua aplicação de resíduos orgânicos, supõe-se que ocorra um incremento da MO.

Em relação a saturação por bases (V%) somente o tratamento aonde aplicou-se a dose de 120 kg N mineral (61,33%), foi menor do que o tratamento controle (77,33%). Segundo as classes de interpretação de fertilidade de solo descritas na CFSEMG (1999), o valor de V% entre 60 e 80 é considerado como bom, ou seja apropriado para a maioria das culturas.

Os macronutrientes avaliados não diferiram entre si assim como a maioria dos micronutrientes com exceção do ferro. Observa-se que os teores no solo de P, K, Ca e Mg são classificados como muito bons, segundo a CFSEMG (1999).

Conforme os dados deste experimento pode-se observar que quando se trabalha com biofertilizante aplicado em solos de textura muito argilosa e com altos índices de fertilidade natural, as respostas serão mais visíveis com pesquisas de maior duração.

Muitos trabalhos vêm apontando para a aplicação de resíduos agropecuários como grandes impactantes do solo. Espera-se que com a continuidade da aplicação de resíduos neste tipo de solo possa estimar qual a capacidade dele em absorver biofertilizantes, sem causar impacto ao sistema solo-planta.

4.4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a aplicação do biofertilizante não alterou os parâmetros agronômicos e nutricionais do milho, assim como as propriedades químicas do solo.

4.5. REFERÊNCIAS

ANUALPEC 2008: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Agra FNP, Instituto FNP, 2008. p. 243-270.

BALDO, M. **Comportamento anatômico, fisiológico e agrônômico do milho (*Zea mays* L.) submetido a estresses de ambiente em diferentes estádios fenológicos** (Dissertação em Agronomia na área de concentração de fitotecnia) escola superior de agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, p. 92, 2007.

BOURSIER, P.; LÄUCHLI, A. Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. Crop Science, Madison, v.30, p.1226-1233, 1990

BUTLER, T. J.; McFARLAND, M. L.; MUIR J.P. Using dairy manure compost for corn production. TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY and U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Texas Cooperative Extension. Disponível em: <<http://compost.tamu.edu/docs/pubs/CornProduction.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2008.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Campinas. 2002, 430p.

CASAGRANDE, J.C. Influência da matéria orgânica e do pH sobre a disponibilidade de cádmio em solo ácrico. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2., 1997a . São Carlos.

CERETTA, C.A.; PAVINATO, P.S. Adubação em linha ou a lanço no plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003, Ibirubá, RS. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, p.23-35, 2003.

CETESB. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação (Manual Técnico) Norma 4230, dez. 1999.

CFSEMG - Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Lavras, 1999. 359 p.

COELHO, A.M. Diagnose foliar em milho e sorgo IN:**Nutrição de plantas diagnose foliar em grandes culturas** EDS ; Prado, R,M ; Rozane, D. E. ;Vale, D.W. et al. Jaboticabal :Capes :Fundunesp, p.301, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em 10 junho 2008.

FERREIRA, A. C. B., ARAUJO, G. A. A., PEREIRA, P. R. G. *et al.* Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Sci. agric.* [online]. 2001, vol. 58, no. 1 [cited 2008-07-12], pp. 131-138.

GARBISU, C.; ALKORTA, I. Phytoextraction: a cost effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 229 – 236, 2001.

GIL, M. V. et al. Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients **Waste Management**. v. 28, n. 8, p. 1432-1440, 2008.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 1992.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. V Seminário técnico da cultura de milho. Videira, 2003.

KONZEN, E. A., ALVARENGA, R. C. Cultura do milho. Fertilidade de solos. Adubação orgânica. In: EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. V Seminário técnico da cultura de milho. Videira, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/ferorganica.htm>>. Acesso em: 15 agosto 2008.

MAGALHÃES E. A.; et al. Análise da viabilidade na utilização do biogás numa agroindústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu/PR. **Anais...**Foz do Iguaçu/PR: SBEA, 2001. 1 CD-ROM.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R.B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.39-44, Campina Grande, Paraíba, 2004.

MARIA DE, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.17, p.471-477, 1993.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B.Diagnose foliar. IN: **Recomendações para o uso de corretivos e efertilizantes em Minas gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, p 143-168, 1999.

MITCHELL, G.A.; BINGHAM, F.T.; PAGE, A.L. Yeld and metal composition of lettuce and wheat grown on soils amended with sewage sludge enriched with cadmium, copper, nickel, and zinc. *Journal of Environmental Quality*, v.7, n.2, p.165-171, 1978.

PEREIRA, A. R. Estimativa de área foliar em milharal **Bragantia**, v. 46, n. 1, p. 147-150, 1987.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A. M. C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285p. Boletim Técnico 100.

SCHERER, E.E. et al. **Utilização de dejetos líquido de suíno como fonte de N para as culturas de milho e feijão.** Florianópolis: EMPASC, 1986. 4p. (Pesquisa em andamento, 56).

SILVA, J. et al. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 326-331, 2004.

TSUTIYA, M.T. Metais pesados: o principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotosIN: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro, **ANAIS....**p.753-761, 1999.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Departamento de Ciências Exatas. **Estação Agroclimatológica: Valores médios no período 1971-2008.** Disponível em <www.fcav.unesp.br>. Acesso em: 03 jun 2008.