

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MARIA EDUARDA FAGAN BELGAMASCO

**ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE DOIS DIFERENTES  
TIPOS DE CAMA DE FRANGO UTILIZANDO A ATIVIDADE  
METANOGENICA ESPECÍFICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

MARIA EDUARDA FAGAN BELGAMASCO

**ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE DOIS DIFERENTES  
TIPOS DE CAMA DE FRANGO UTILIZANDO A ATIVIDADE  
METANOGENICA ESPECÍFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental – DAAMB – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

Co-orientadora: Profa. Dra. Cristiane Kreutz

CAMPO MOURÃO

2015

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE DOIS DIFERENTES TIPOS DE  
CAMA DE FRANGO UTILIZANDO A ATIVIDADE METANOGENICA ESPECÍFICA**

Por

**MARIA EDUARDA FAGAN BELGAMASCO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 07 de julho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof. Dr. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

---

Prof. Dr. Cristiane Kreutz

---

Prof. Dr. Morgana Suszek Gonçalves

---

Prof. Dr. Paulo Agenor Bueno

## AGRADECIMENTOS

Sabemos que são muitas as pessoas que devemos a gratidão por nos auxiliar em nosso caminho. Somos resultado da dedicação de todos, e nada fazemos isoladamente.

Primeiramente, agradeço a Deus, por estar comigo sempre, me protegendo, dando forças, saúde e fé, e pela oportunidade de viver, porque sem Ele nada seria.

A minha família que nunca deixou de me apoiar nas dificuldades, me aconselharam e souberam compreender minha ausência. Sem eles isso não seria possível. Em especial ao meu pai, Valdir, pela dedicação e disponibilidade, com todo carinho. A minha mãe, Eliane, pela paciência e amor. E ao meu irmão, Lucas, que sempre esteve ao meu lado. Tenho muito orgulho e amor por vocês!

A minha orientadora, a Prof. Dr. Maria Cristina Rodrigues Halmeman pelo acolhimento, competência, orientação, dedicação, apoio e compreensão durante todo o processo. Muito obrigada!

A minha co-orientadora Prof. Dr. Cristiane Kreutz pela prontidão, atenção e disponibilidade pelas inúmeras vezes que me auxiliou nas dúvidas.

Aos professores doutores Morgana Suszek Gonçalves e Paulo Agenor Bueno, por aceitarem participar da banca examinadora, pela colaboração e sugestões. Em especial a Prof. Dr. Morgana pelo profissionalismo, disponibilidade e conhecimento repassado, que foi de muito valor para mim.

A todos os amigos, de república, de faculdade, de Maringá e de Campo Mourão, que se tornaram minha segunda família durante esses seis anos. Obrigada pelas risadas, positivismo, companheirismo e amizade, nas horas difíceis e nas inúmeras horas alegres. Vocês foram essenciais!

Enfim, obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para que este momento se tornasse realidade.

Como diz Paulo Coelho, em O Alquimista: “é justamente a possibilidade de realizar um sonho que torna a vida interessante”.

## RESUMO

**BELGAMASCO, Maria Eduarda F. Avaliação da atividade metanogênica específica de dois diferentes tipos de cama de frango para análise do potencial energético.** 2014. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Paraná, Paraná: Campo Mourão, 2015.

A cama de frango contém os excrementos e as penas das aves, a ração desperdiçada e o material absorvente de umidade usado sobre o piso dos aviários, constituindo-se assim, num resíduo com alta concentração de nutrientes que pode impactar o solo devido à grande quantidade. Dentro deste contexto faz-se necessária uma nova disposição para os resíduos produzidos, chamados de biomassa, e sua reutilização. O propósito deste trabalho foi avaliar o potencial energético obtido com a decomposição de cama de frango, através de biodigestores de bancada e comparar dois tipos diferentes de compostos: maravalha e casca de arroz. Por meio das medições da atividade metanogênica específica de três quantidades de sólidos totais (5, 8 e 10%) e dos testes estatísticos, ANOVA e Scott-Knott, constatou-se que a cama de frango composta por casca de arroz produziu menos biogás em relação à maravalha, devido à casca de arroz ser mais recalcitrante, além de verificar que a faixa de sólidos totais também influencia na produção de metano. Logo conclui-se que para conversão em energia elétrica a cama de frango composta por maravalha se sobressai a casca de arroz, e a faixa de 8% de sólidos totais foi a que mais produziu metano. Então o uso da biomassa de cama de aviário é uma alternativa viável na produção de biogás, capaz de substituir os combustíveis tradicionais e a energia elétrica consumida nas propriedades avícolas.

**Palavras chaves:** Biogás. Metano. Energia Elétrica.

## ABSTRACT

BELGAMASCO, Maria Eduarda F. **Evaluation of specific methanogenic activity of two different types of poultry litter to analyze the energy potential.** 2014. Term paper – Federal Technological University of Paraná, Paraná: Campo Mourão, 2015.

Poultry litter contains droppings and feathers of birds, wasted feed and the moisture-absorbing materials used on the floor of aviaries, becoming thus a residue with a high concentration of nutrients that can impact the soil due to the large amount. In this context it is necessary a new provision for the waste produced, called biomass, and reuse. The purpose of this study was to evaluate the energy potential obtained with poultry litter decomposition, through bench biodigesters and compare two different types of compounds: wood shavings and rice husk. By means of measurements of specific methanogenic activity of three amounts of total solids (5, 8 and 10%) and the statistical tests, ANOVA and Scott-Knott, it was found that the chicken litter comprised of rice hulls least biogas produced in relative to the shavings due to rice husk be more recalcitrant and to verify that the total solids range also influences methane production. Therefore it is concluded that for conversion into electrical energy poultry litter comprising wood shavings protrudes rice husks, and about 8% total solids was produced more methane. So the use of poultry litter biomass is a viable alternative in the production of biogas, capable of replacing traditional fuels and electricity consumed in poultry properties.

**Key words:** Biogas. Methane. Electricity

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. FONTES DE BIOMASSA.....	16
FIGURA 2. BIODIGESTOR MODELO DA MARINHA.....	22
FIGURA 3. CICLO DA PRODUÇÃO DO BIOGÁS, A PARTIR DA BIODIGESTÃO DA CAMA DE FRANGO.....	23
FIGURA 4. MODELO DE GARRAFA PET DE 1 LITRO UTILIZADA NOS ENSAIOS DA AME.....	27
FIGURA 5. AMOSTRAS DO SUBSTRATO: (A) CAMA DE FRANGO COMPOSTA POR CASCA DE ARROZ ANTES DO PENEIRAMENTO. (B) CAMA DE FRANGO COMPOSTA POR CASCA DE ARROZ APÓS O PENEIRAMENTO.....	28
FIGURA 6. AMOSTRAS DO SUBSTRATO: (A) CAMA DE FRANGO COMPOSTA POR MARAVALHA ANTES DO PENEIRAMENTO. (B) CAMA DE FRANGO COMPOSTA POR MARAVALHA APÓS O PENEIRAMENTO.....	28
FIGURA 7. INOCULAÇÃO DAS DIFERENTES MASSAS DE CAMA DE FRANGO JUNTAMENTE COM ÁGUA DESTILADA E DEJETOS SUÍNOS. (A) MASSA DE 50 G DE CAMA DE FRANGO. (B) MASSA DE 80 G DE CAMA DE FRANGO. (C) MASSA DE 100 G DE CAMA DE FRANGO.....	29
FIGURA 8. BIORREACTORES COM A SOLUÇÃO DE NAOH A 15%. ....	30
FIGURA 9. PROVETA GRADUADA COM 200 ML DE SOLUÇÃO DE NAOH A 15%. ....	31

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. OFERTA INTERNA BRASILEIRA DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE.....	14
GRÁFICO 2. PRODUÇÃO DE METANO A PARTIR DECOMPOSIÇÃO DAS CAMAS DE FRANGO EM FUNÇÃO DO TEMPO. (T1) MISTURA COM 50 G DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA; (T2) MISTURA COM 80 G DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA; (T3) MISTURA COM 100 G DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA; (T4) MISTURA COM 50 G DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ; (T5) MISTURA COM 80 G DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ; (T6) MISTURA COM 100 G DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ.....	32
GRÁFICO 3. MÉDIA DOS VOLUMES DE METANO PRODUZIDO PELAS CAMAS DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ E MARAVALHA.....	35
GRÁFICO 4. MÉDIA DOS VOLUMES DE METANO PRODUZIDO PELAS TRÊS MASSAS DE CAMA DE FRANGO.....	35
GRÁFICO 5. COMPARAÇÃO DAS TRÊS MASSAS DE CADA TIPO DE CAMA DE FRANGO EM RELAÇÃO À PRODUÇÃO DE METANO. ....	37
GRÁFICO 6. RESULTADO DO TESTE DIC PARA TODOS OS TIPOS DE TRATAMENTO. (T1) MISTURA COM 50 G DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA; (T2) MISTURA COM 80 G DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA; (T3) MISTURA COM 100 G DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA; (T4) MISTURA COM 50 G DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ; (T5) MISTURA COM 80 G DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ; (T6) MISTURA COM 100 G DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ.....	39
GRÁFICO 7. ESTIMATIVA DO CONSUMO, POR LOTE, DE ENERGIA ELÉTRICA ATIVA, EM KWH, DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DO GALPÃO. ....	42

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÕES TÍPICAS DO BIOGÁS.....	19
TABELA 2. CONDIÇÕES OPERACIONAIS DOS ENSAIOS DE AME. ....	29
TABELA 3. RESULTADO DO TESTE ANOVA .....	34
TABELA 4. TESTE SCOTT-KNOTT PARA CAMAS DE FRANGOS.....	34
TABELA 5. TESTE SCOTT-KNOTT PARA MASSAS.....	34
TABELA 6. RESULTADO DO TESTE SCOTT-KNOTT PARA AS MASSAS DE CAMA DE FRANGO DE MARAVALHA.....	36
TABELA 7. RESULTADO DO TESTE SCOTT-KNOTT PARA AS MASSAS DE CAMA DE FRANGO DE CASCA DE ARROZ.....	37
TABELA 8. RESULTADO DO DIC PARA TODOS OS TRATAMENTOS.....	38
TABELA 9. POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS, EM M <sup>3</sup> , POR AVE ALOJADA E POR M <sup>2</sup> DE GALPÃO EM DIFERENTES DENSIDADES, PARA DOIS CICLOS DE CRIAÇÃO SOBRE A MESMA CAMA. ....	40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL.....	14
3.2 BIOMASSA DA CAMA DE FRANGO .....	16
3.3 PROCESSO DE OBTENÇÃO DO BIOGÁS E SUA COMPOSIÇÃO.....	19
3.3.1 Produção de Biogás na Avicultura .....	22
3.4 ATIVIDADE METANOGENÉTICA ESPECÍFICA .....	24
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
5.1 QUANTIFICAÇÃO DO METANO .....	32
5.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	33
5.3 HIPÓTESE DO POTENCIAL ENERGÉTICO .....	40
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira destaca-se no mercado internacional de carnes e ocupa desde 2011 a liderança na exportação de carne de frango e a terceira posição em produção mundial desse produto, que de acordo com dados da União Brasileira de Avicultura (2013) em 2012 o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, produzindo um total de 12,6 milhões de toneladas de carne de frango, ficando atrás apenas dos EUA, que possui uma produção de 16,5 milhões de toneladas, se destacando como o maior produtor mundial do produto, e a China com uma produção de 13,7 milhões de toneladas, segundo maior produtor (RODRIGUES et al., 2014).

A avicultura é uma atividade com alto consumo energético, mas tem a característica de produzir resíduos com considerável potencial energético, como a cama de frango que, ao ser processada de forma a disponibilizar essa energia, pode contribuir para um equilíbrio energético nas operações que se desenvolvem dentro do galpão (GALBIATTI et al., 2010).

A cama de frango ou cama aviária é o material utilizado para forrar o piso de uma instalação avícola e a sua matéria prima pode ser casca de arroz, maravalha, sabugo de milho triturado, feno de capim e outros. É utilizada para receber os excrementos (fezes e urina), restos de ração e penas durante o crescimento das aves e apresentam concentrações variáveis desses resíduos dependendo do número de lotes de aves que passarão pelo galpão de criação sem que seja realizada a sua troca (FRANÇA, 2010).

A atividade metanogênica específica (AME) pode ser definida como a capacidade máxima de produção de metano por um consórcio de microrganismos anaeróbios, realizada em condições controladas de laboratório, para viabilizar a atividade bioquímica máxima de conversão de substratos orgânicos a biogás (AQUINO, et al. 2007). Desta forma, a AME pode ser utilizada como um parâmetro de monitoramento da “eficiência” da população metanogênica presente em um reator biológico e, como tal, constitui-se ainda em uma importante ferramenta para o controle operacional de reatores anaeróbios (FORESTI et al, 1999).

Segundo Aquino et al. (2007) há diferentes métodos para a medição de biogás produzido no teste de AME, os quais podem ser classificados em manométricos ou

volumétricos. Os métodos volumétricos se baseiam na determinação do volume de biogás ou metano produzido em um frasco reacional. A literatura reporta três metodologias comumente utilizadas que empregam procedimentos volumétricos, dentre elas a medição direta do volume de metano. O “método da medição direta de metano” é que, para se medir o volume de apenas metano, deve-se lavar o biogás com uma solução de soda (Ex. NaOH 15%) para que haja a absorção do CO<sub>2</sub>. Esse procedimento assume que o CO<sub>2</sub> e o CH<sub>4</sub> são os principais constituintes do biogás formado durante o teste de AME.

O trabalho teve por objetivo avaliar o potencial energético de dois diferentes tipos de cama de frango e a influência de quantidades de massa, através da quantificação do metano produzido pela atividade metanogênica específica (AME).

## 2OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial energético de dois diferentes tipos de cama de frango através da quantificação do metano produzido pela atividade metanogênica específica (AME).

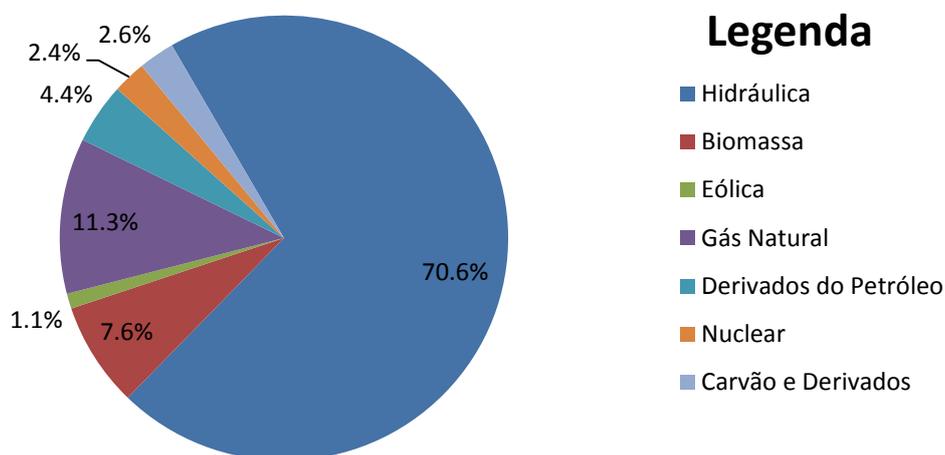
### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a produção de metano utilizando biodigestor de bancada em três diferentes massas (50, 80 e 100 g) para cada tipo de cama de frango, de maravalha e casca de arroz;
- Comparar estatisticamente a produção do metano de duas camas de frango compostas por diferentes substratos: maravalha e casca de arroz;
- Comparar estatisticamente a produção de metano entre as três massas (50, 80 e 100 g) de cada tipo de cama de frango;
- Comparar estatisticamente a produção de metano entre todos os tratamentos;
- Estimar o potencial energético do metano para as camas de frango utilizadas pelos produtores.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 64,9% da oferta interna. As fontes renováveis representam 79,3% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). No gráfico 1 pode-se observar a oferta interna de energia elétrica por fonte.



**Gráfico 1. Oferta interna brasileira de energia elétrica por fonte.**  
Fonte: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2014).

Pelo segundo ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis, houve redução da oferta de energia hidráulica. Em 2013 o decréscimo foi de 5,4%. A menor oferta hídrica explica o recuo da participação de

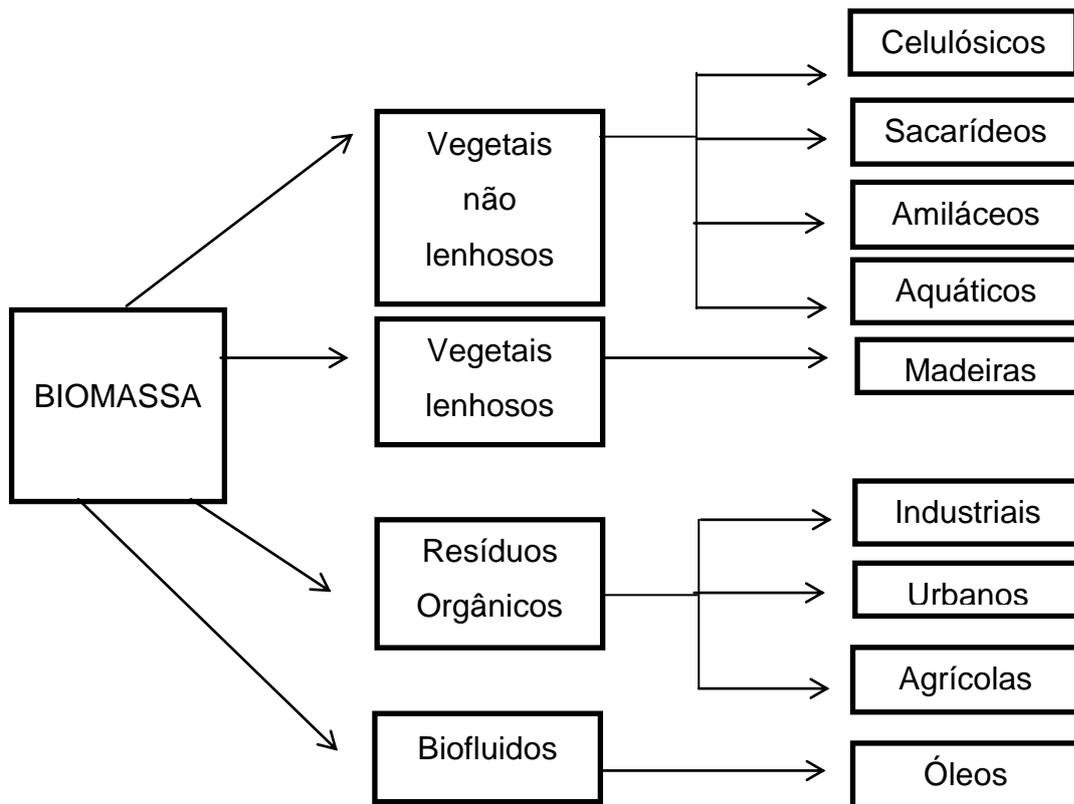
renováveis na matriz elétrica, de 84,5% em 2012 para 79,3% no ano de 2013, apesar do incremento de 1.724 MW na potência instalada do parque hidrelétrico. A potência eólica atingiu 2.202 MW, o que proporcionou um acréscimo de 30,2% na geração de eletricidade a partir dessa fonte (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Por outro lado têm-se os combustíveis fósseis que representa 4,4% da matriz energética brasileira, mas esses não durarão para sempre, e sua utilização é a causa da maioria das agressões ao meio ambiente, devido a isso as tecnologias para aumentar a eficiência da biomassa estão evoluindo bastante nos últimos anos (SILVA et. al., 2005).

A biomassa é um recurso renovável proveniente de matéria orgânica (animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. O Brasil é privilegiado nesse aspecto por possuir condições climáticas favoráveis na produção deste insumo. A biomassa pode ser obtida de vegetais não lenhosos, de vegetais lenhosos, resíduos orgânicos (agrícolas, urbanos e industriais) e dos biofluidos (NEITZKE, 2010). Como mostra a figura 1.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007) as principais vantagens da biomassa é que seu aproveitamento pode ser feito de forma direta, por meio da combustão em fornos, caldeiras, etc. Para que seja majorada a eficiência e sejam reduzidos os impactos socioambientais no processo de sua produção, estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas tecnologias de conversão mais eficientes como a gaseificação e a pirólise, também sendo comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética.

Existem diversas fontes renováveis de biomassa como: lenha, carvão vegetal, babaçu, óleos vegetais, resíduos vegetais, sisal, biogás, casca de arroz, cana de açúcar, dentre outros (SOARES et al., 2006). O bagaço de cana-de-açúcar é a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira, sendo responsável pelo suprimento de energia térmica, mecânica e elétrica das unidades de produção de açúcar e álcool, através da produção simultânea de calor e eletricidade por sistemas de cogeração (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).



**Figura 1. Fontes de biomassa.**  
 Fonte: Adaptado de EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2014).

A Empresa de Pesquisa Energética (2014) afirma que em 2013, no Brasil, dos 570.025 GWh de energia elétrica gerado, 39.679 GWh foram provenientes de biomassa (inclui lenha, bagaço de cana e lixívia).

Embora seja difícil avaliar o peso relativo da biomassa na geração mundial de eletricidade, por conta da falta de informações confiáveis, projeções da Agência Internacional de Energia indicam que ela deverá passar de 10 TWh em 1995 para 27 TWh em 2020 (SILVA et al., 2005).

### 3.2 BIOMASSA DA CAMA DE FRANGO

Paganini (2004) caracteriza a cama de frango como sendo todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves. Esse material é 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, palha de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre outros. Portanto, o objetivo do uso da cama de frango é evitar o contato direto da ave com o piso, servir de substrato para absorção de água e urina, incorporação das fezes e penas e contribuir para a redução das oscilações de temperatura no galpão (PALHARES, 2004).

Fukayama(2008) relata em seu trabalho que a cama de frango 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.

Referindo ainda o trabalho de Fukayama(2008), no qual ela afirma que vários fatores influenciam a composição química 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.

Como nas demais atividades agropecuárias, a avicultura de corte gera uma quantidade muito grande de resíduos (cama de frangos e aves mortas) que, se bem manejados, poderão tornar-se, não apenas uma importante fonte de renda e agregação de valor à atividade, mas também um modelo de produção sustentável que vem tornando-se cada vez mais uma exigência de mercado. Para tanto, é necessário que haja a adoção de um sistema de tratamento desses resíduos a fim de evitar possíveis contaminações do ambiente (ORRICO et al., 2010).

Segundo Aeres (2009) devido ao aumento crescente na produção de camas de frango, surgiram nas últimas décadas vários estudos para avaliar a biodigestão anaeróbia das excretas, uma das formas de bioconversão. Esta oferece várias vantagens como: redução de emissões de amônia; controle de odores; o efluente gerado na digestão anaeróbia pode ser utilizado como biofertilizante nas plantações, este se constitui em uma fonte de vários minerais, além de contribuir para a rápida amortização dos custos da tecnologia instalada; e também, a conversão de resíduos orgânicos em gás metano (biogás), o qual pode ser utilizado diretamente como fonte energética.

A partir de dados da União Brasileira de Avicultura (2014) o Brasil no ano de 2013 produziu 12,3 milhões de toneladas de carne de frango. Sendo que cada frango possui cerca de 2,4 kg, desses 1,8 kg são consumíveis. De acordo com Fukayama (2008) cada ave de corte produz cerca de 1,75 kg de cama de frango num período de 42 dias. Logo, pode-se concluir que milhões de toneladas de cama de frango são produzidas por ano.

Segundo Tessaro (2011) mais recentemente têm sido pesquisadas formas de utilização da cama de frango para a geração de energia. A sua conversão em energia pode ser feita através de diferentes processos, dependendo do material e do tipo de energia desejada. Entre estes processos, a fermentação talvez seja o processo mais viável e, em alguns casos, a combustão direta é outra alternativa interessante.

Para a geração de energia Daniel e Edwards<sup>1</sup> (1993 apud TESSARO, 2011) citam que a cama de frango seca possui a metade do poder calorífico do carvão mineral. A cinza residual da queima retém a maior parte do fósforo, potássio e micronutrientes da cama, representando ainda um excelente fertilizante, apesar das perdas de carbono, nitrogênio e enxofre durante a combustão.

A utilização da cama de frango como fertilizante é desejável economicamente, uma vez que representa um recurso interno da propriedade rural e é um resíduo contendo uma elevada concentração de nutrientes. Em muitas propriedades é a única fonte de nutrientes adicionados ao solo pelos agricultores. Entretanto, do ponto de vista ecológico, há grandes restrições ao seu uso, pois este resíduo pode ser um poluente do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Estes problemas são agravados pela alta concentração de confinamentos de frangos e pela diminuição de áreas disponíveis para deposição de resíduos (TESSARO, 2011).

A partir da geração de 1,3 kg de cama de frango, estimativas indicam um poder calorífico de 13,5 MJ/kg (base seca) e assumindo-se um ciclo termodinâmico com 30% de eficiência, o montante de energia elétrica anual que poderia ser gerada é de 913 MW (NEITZKE, 2010).

---

<sup>1</sup>DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R. Effects of poultry litter application rate and rainfall intensity on quality of runoff from fescue grass plots. *Journal of Environmental Quality*, 1993. **Anais...**v. 22, p. 361-365, 1993. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/22/2/JEQ0220020361>> Acesso em: 16 de junho de 2015.

### 3.3 PROCESSO DE OBTENÇÃO DO BIOGÁS E SUA COMPOSIÇÃO

O biogás é uma mistura gasosa produzida a partir da decomposição anaeróbica de materiais orgânicos, composta primariamente de metano e dióxido de carbono, com pequenas quantidades de ácido sulfídrico e amônia (ZANETTE, 2009). Na tabela 1 pode-se observar a composição do biogás em %.

**Tabela 1. Características e composições típicas do biogás.**

Parâmetro	Gás de aterros <sup>1</sup>	Biogás - digestão anaeróbia <sup>2</sup>
Poder calorífico inferior (MJ/Nm <sup>3</sup> )	16	23
Metano (%vol)	35-65	53-70
Dióxido de Carbono (%vol)	15-50	30-47
Nitrogênio (%vol)	5-40	-
Ácido Sulfídrico (ppm)	<100	<1000
Amônia (ppm)	5	<100

<sup>1</sup>Produzido a partir matéria orgânica de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

<sup>2</sup>Produzido a partir da matéria orgânica de resíduos agropecuários em reatores anaeróbios.

Fonte: PERSSON et al. (2006) apud ZANETTE (2009)<sup>2</sup>.

A obtenção do biogás é feita obedecendo a critérios de fermentação, temperatura, umidade, acidez e com a ausência de oxigênio. A forma natural do biogás é conseguida pela ação de micro-organismos bacteriológicos sobre o acúmulo de materiais orgânicos (biomassa) como lixo doméstico, resíduos industriais vegetais, esterco de animais, entre outros. E a forma artificial é dada pelo uso de um reator químico-biológico chamado de Biodigestor Anaeróbio (ROYA et al., 2011).

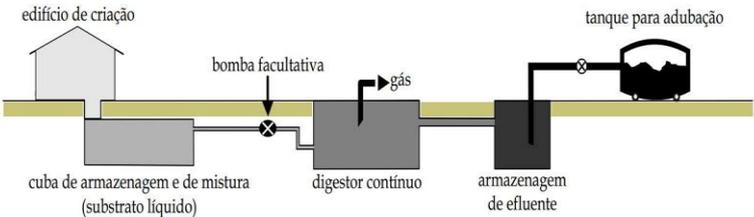
Um biodigestor compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual a biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobiamente, isto é, sem a

<sup>2</sup> PERSSON, Margareta, JÖNSSON, Owe, WELLINGER, Arthur. **Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection**. 2006. IEA Bioenergy, Task 37 – Energy from biogas and landfill gas. Portal Exame.2006. Disponível em:<  
[http://biogasmax.eu/media/1\\_biogas\\_upgrading\\_\\_075624200\\_1207\\_19042007.pdf](http://biogasmax.eu/media/1_biogas_upgrading__075624200_1207_19042007.pdf)> Acesso em: 16 de junho de 2015.

presença de oxigênio. Como resultado desta fermentação ocorre a liberação de biogás e a produção de biofertilizante. É possível, portanto, definir biodigestor como um aparelho destinado a conter a biomassa e seu produto, o biogás (TESSARO, 2011). Como definiu Barrera (1993), "o biodigestor, como toda grande ideia, é genial por sua simplicidade". Tal aparelho, contudo, não produz o biogás, uma vez que sua função é fornecer as condições propícias para que bactérias metanogênicas degradem o material orgânico, com a consequente liberação do gás metano.

Na biodigestão anaeróbia ocorre a degradação do material orgânico com ausência de oxigênio. O processo pode ser dividido em três estágios com três distintos grupos de micro-organismos. O primeiro estágio envolve bactérias fermentativas, compreendendo micro-organismos anaeróbios e facultativos. 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 (PALHARES, 2004).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2007) existem dois processos quanto a sua forma de carregamento, que podem ser classificados em descontínuos (batelada) e contínuos, definidos no Quadro 1.

PROCESSO	ILUSTRAÇÃO/DESCRIÇÃO
Descontínuo	 <p>Trata-se de um tanque de alvenaria, metal ou fibra de vidro, o qual é carregado, fechado e, depois de 15 a 20 dias de fermentação (isso em função do tamanho do biodigestor), começa a produzir biogás. Depois de usar o gás, o biodigestor de batelada é aberto, descarregado, para logo ser limpo e novamente recarregado, reiniciando o processo.</p>
Contínuo (batelada)	 <p>São construídos de tal forma que podem ser abastecidos diariamente, permitindo que a cada entrada de material orgânico a ser processado exista uma saída de material já processado.</p>

**Quadro 1. Descrição e apresentação do processo contínuo e descontínuo.**

Fonte: Adaptada do MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA(2007).

O biodigestor modelo balão, também conhecido no Brasil como Modelo da Marinha (Figura 2), apresenta baixo custo de implantação, facilidade de transporte, utiliza pouca mão-de-obra local durante a construção e esse pode ser feito diretamente sobre o terreno ou pouco profundo, o que é uma importante vantagem para regiões com nível de lençol freático alto. Este modelo é de fácil limpeza, descarga e manutenção, quando comparado aos outros biodigestores. Porém, apresenta as seguintes desvantagens: curta vida útil (cerca de cinco anos), é sensível a danos, não é recomendado para locais onde esteja sujeito a cortes da lâmina. Outra desvantagem é que estes reatores são mais sensíveis às variações térmicas que os outros modelos. Sua utilização é recomendada para locais onde predominem temperaturas altas e constantes. Em regiões frias estes biodigestores podem ser equipados com um sistema de aquecimento e protegidos do vento(ANDRADE et. al., 2001).



**Figura 2. Biodigestor Modelo da Marinha.**  
**Fonte: CASTANHOetal. (2008).**

### 3.3.1 Produção de Biogás na Avicultura

O biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango (Figura 3) pode ser utilizado para o aquecimento dos pintinhos, através de equipamentos onde ocorrerá a queima do biogás e consequente produção de calor, fundamental para sobrevivência nas duas primeiras semanas de vida destes animais. Pode também substituir a energia elétrica, como por exemplo, na iluminação (lâmpadas), no aquecimento da água (para esterilização de equipamentos, lavagem das instalações, chuveiros, etc.), em fogões, na moagem de grãos, etc.(PALHARES, 2004).

Segundo Costa (2009), a cama de aviário in natura apresenta teores de umidade que devem ser descontados ao se quantificar a mesma para o uso energético, logo para quantificar o total de cama de aviário deve-se calcular os teores de sólidos totais, e descontar a umidade existente na mesma.

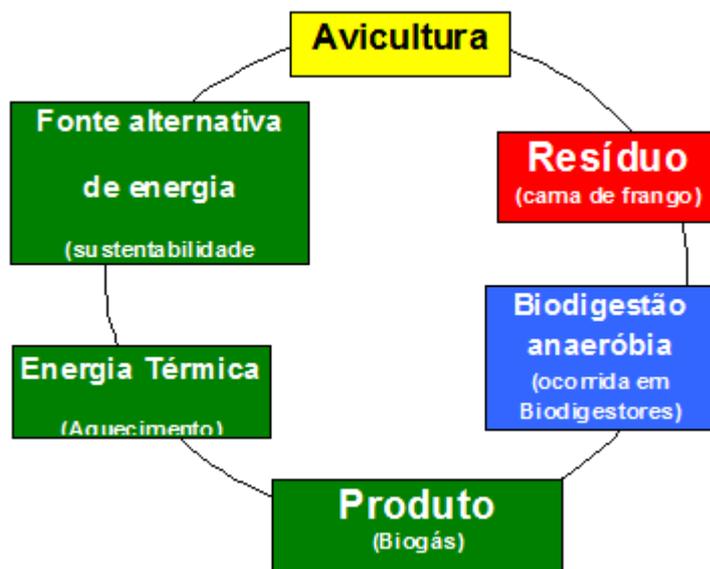


Figura 3. Ciclo da produção do biogás, a partir da biodigestão da cama de frango.  
Fonte: PALHARES(2004).

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 tamanho das partículas, o tipo de biodigestor ideal, pelas suas características de desenho e performance, 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 à velocidade de fermentação da cama, que é lenta, dificultando o aproveitamento do biogás. No manejo sequencial, deve-se utilizar inóculos para que este seja viabilizado(PALHARES, 2004).

Lucas Jr. e Santos (2000) descrevem que da cama de frango produzida por 1000 aves/ano pode-se obter o equivalente a 10 botijões de 13 kg de gás liquefeito pressurizado - GLP, o que corresponde a 300 m<sup>3</sup> de biogás. Estes autores, assim como Palhares (2004), sugerem biodigestores do tipo batelada, em que a cama é adicionada uma única vez e é esvaziado após o término da fermentação. O período de 15 dias entre a retirada dos frangos do aviário e o novo lote de frango coincide com o período necessário para um biodigestor atingir o pico de produção de biogás.

Segundo Santos (2001), utilizando três tipos de cama de frango em dois lotes de produção, produziu-se no primeiro lote uma quantidade média de biogás de 0,21 m<sup>3</sup>/kg de sólidos totais. Para o segundo lote, validou 0,24 m<sup>3</sup>/kg. No entanto, Ferrarez (2009) apresentou uma produção de biogás de 0,54 m<sup>3</sup>/kg de matéria seca (cama de aviário). A disparidade de valores obtidos na pesquisa de Santos (2001) e Ferrarez (2009) com relação à produção de biogás deve-se aos diferentes métodos de análise utilizados pelos pesquisadores.

Rintala e Salminen (2002) realizaram levantamento sobre os potenciais de geração de metano a partir dos resíduos de abatedouros e da criação de aves e ressaltaram a importância do aproveitamento desses resíduos com potenciais de: 0,20 - 0,25 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/kg de carcaça de aves; 0,10 - 0,15 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/kg de cama de frango; 0,05 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/kg de pena; 0,10 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/kg de sangue, e 0,30 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/kg de vísceras, pés e cabeça.

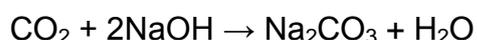
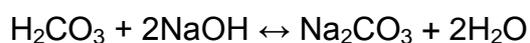
### 3.4 ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA

O teste da (AME), é um dos controles que mais tem merecido a atenção dos pesquisadores. O mesmo consiste em incubar uma pequena quantidade de biomassa, em meio contendo acetato e nutrientes, medindo-se a quantidade de gás produzido por unidade de tempo e por unidade de massa bacteriana. Este teste ainda não foi objeto de uma padronização, sendo que cada grupo de pesquisa usa uma metodologia mais apropriada para o seu trabalho. Além do controle de operação dos reatores, também pode ser útil na determinação da degradabilidade de efluentes em condições anaeróbias (POETSCH et al., 1998).

Há diferentes métodos para a medição de biogás produzido no teste de AME, os quais podem ser classificados em manométricos ou volumétricos. Os métodos manométricos se baseiam na medição da pressão exercida sobre um sensor (membrana transdutora de pressão) acoplado ao frasco de reação. Dependendo da configuração do sistema a pressão medida pode ser devido à mistura de gases do biogás, que é constituído principalmente por metano e dióxido de carbono, ou devido somente ao metano. Como é possível, através de calibração

do sistema, estabelecer uma correlação entre a pressão medida e a quantidade de metano presente dentro do frasco de reação, o registro diário da pressão permite determinar a taxa diária de produção de metano e, por conseguinte, o valor da AME. Já os métodos volumétricos se baseiam na determinação do volume de biogás ou metano produzido em um frasco reacional que contém o lodo a ser testado. A literatura reporta três metodologias comumente utilizadas que empregam procedimentos volumétricos:

- Medição do volume e composição do biogás: nesse procedimento a produção volumétrica de metano é calculada diariamente, multiplicando-se o volume de biogás pela porcentagem de metano no biogás;
- Medição apenas da composição do biogás: Nesse caso o monitoramento da produção de metano é feito diariamente amostrando-se um volume fixo de biogás de dentro do frasco de reação e determinando-se a quantidade de metano (massa ou número de moles) produzida, por cromatografia gasosa;
- Medição direta do volume de metano: para se medir o volume de apenas metano, deve-se lavar o biogás com uma solução de soda (ex. NaOH 15%) para que haja a absorção do CO<sub>2</sub> de acordo com as seguintes reações (AQUINO et al., 2007):



O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>) são os principais constituintes do biogás formado durante o teste da AME, e a principal importância da determinação da atividade metanogênica específica baseia-se no fato de que este parâmetro pode fornecer informações muito úteis sobre a digestão anaeróbia, através de um ensaio relativamente simples e rápido. Como as medidas da atividade metanogênica dão respostas a respeito da potencialidade da biomassa ativa presente nos lodos, esta sua característica tem sido utilizada em diversos estudos.

Como por exemplo, no acompanhamento da partida de reatores anaeróbios (ZEEUW, 1984).

Bloemen e Dolfing<sup>3</sup>(1985 apud AQUINO, 2007) concluíram que a produção de metano é uma medida adequada para expressar a capacidade de conversão de substratos metanogênicos, e que a determinação de quantidades crescentes de metano é mais fácil que a medida da concentração decrescente de substrato. Possibilitou-se concluir isso, pois verificaram que, em experimentos preliminares com amostras de lodos anaeróbios, acetato, propionato e hidrogênio foram estequiometricamente convertidos a metano sem formação de produtos intermediários.

A atividade metanogênica específica pode ser utilizada em lodos anaeróbios, como mostra o trabalho feito por POETSCH et al. (1998), onde a biomassa utilizada foi proveniente de reator UASB em tratamento de efluente de indústria de conservas vegetais, na qual o sistema de AME se mostrou adequado, observando que a AME de lodos de reatores de indústria de conservas vegetais é de 10,29 à 24,23 mL de metano/g.

Ricordiet al. (2008) também retrata a utilização da AME, porém para a quantificação do biogás quando aderido água até chegar a três distintos níveis de umidade na cama de frango, durante um período de 14 dias. Seu resultado foi que os três níveis de umidade chegaram à mesma quantidade de produção de biogás, mas com datas de início de produção diferentes, além de influir no pH.

---

<sup>3</sup>BLOEMAN, W. G. B. M.; DOLFING, J. Activity measurements as a tool to characterize the microbial composition of methanogenic environments. *Journal of Microbiological Methods*. **Anais...** v.4, n. 1, p. 1-12, 1985.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no laboratório de saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Campo Mourão.

Os substratos que constituíram este experimento foram as camas de frangocompostas por casca de arroz e maravalha após o seu sexto lote de uso, retiradas de aviários localizados na cidade de Florai – PR.

O processo iniciou-se com a preparação do material, na qual foram utilizadas 24 garrafas do tipo PET de 1 litro cada, para os dois tipos de camas de frango, como mostra a Figura 4.



**Figura 4. Modelo de garrafa PET de 1 litro utilizada nos ensaios da AME.**  
**Fonte: Adaptado de PORTELA (2014).**

Em cada uma das tampas das garras, foram feitos furos de 6,5mm de diâmetro e posteriormente colocados tubos de PVC, classificados como Cristal Transparente, de aproximadamente 45cm de comprimento por 1/4"x15mm. O tubo de PVC unido à tampa foi colado com cola específica para PVC para que não houvesse vazamento de gás durante o processo de biodigestão. Esse aparato experimental foi baseado no trabalho de Portela (2014).

Em seguida preparou-se o substrato em que as amostras com aproximadamente 5kg de cama de frango foram peneiradas em peneira de 9mm e logo depois o material passou pela peneira de menor tamanho, sendo esta de

4,35mm. A retirada de partículas maiores propiciou melhor uniformidade do material utilizado como substrato, conforme ilustra as Figuras 5 e 6 na sequência.



**Figura 5. Amostras do substrato: (A) Cama de frango composta por casca de arroz antes do peneiramento. (B) Cama de frango composta por casca de arroz após o peneiramento.**



**Figura 6. Amostras do substrato: (A) Cama de frango composta por maravalha antes do peneiramento. (B) Cama de frango composta por maravalha após o peneiramento.**

Após o preparo do substrato, separou-se três grupos com critério de massas diferentes. O primeiro grupo, denominado G1, tem concentração de 50g de cama de frango em cada garrafa, o segundo grupo, G2, possui 80g, e por fim, o grupo G3 com 100g, sendo utilizada uma balança analítica de precisão para obter tal resultado. Cada tipo de cama de frango (casca de arroz e maravalha) possui quatro garrafas em cada um dos três respectivos grupos, totalizando assim, oito garrafas PET em cada grupo. Como mostra a Tabela 2.

**Tabela 2. Condições Operacionais dos ensaios de AME.**

Substrato	Massas de substrato (g)		
	G1 (50 g substrato + 900 mL de água destilada)	G2 (80 g substrato + 900 mL de água destilada)	G3 (100 g substrato + 900 mL de água destilada)
Maravalha	T1	T2	T3
	T1	T2	T3
	T1	T2	T3
	T1	T2	T3
Casca de arroz	T4	T5	T6
	T4	T5	T6
	T4	T5	T6
	T4	T5	T6

Dentro das garrafas, além das massas de cama de frango, foram colocados 900mL de água destilada (Figura 7).



**Figura 7. Inoculação das diferentes massas de cama de frango juntamente com água destilada e dejetos suínos. (A) Massa de 50g de cama de frango. (B) Massa de 80g de cama de frango. (C) Massa de 100g de cama de frango.**

Pesadas as massas e adicionado água destilada, as garrafas foram fechadas e revestidas com papel alumínio, com o objetivo de minimizar a variação de temperatura e luminosidade.

Do lado externo da garrafa, mais especificamente, na ponta do tubo de PCV, colocou-se um recipiente contendo 200 mL de solução alcalina de Hidróxido de Sódio (NaOH) a 15%, e então os biorreatores foram colocados em incubadora da

marca Solab, modelo SL 200/120, (Figura 8) a 35°C, e monitorados por um período constante de 30 dias. Ressalta-se que foi necessário desnivelar, na incubadora, os biorreatores dos recipientes com a solução de NaOH devido a pressão.



**Figura 8. Biorreatores com a solução de NaOH a 15%.**

A “lavagem” em solução de NaOH a 15%, foi realizada para que houvesse a absorção de metano. O  $\text{CO}_2$  contido no biogás é absorvido pelo meio básico e transformado em carbonato de sódio, e como o metano é pouco solúvel em água, este ocupa o espaço livre do recipiente de medição. Ao deslocar uma quantidade equivalente de NaOH, que corresponde ao  $\text{CH}_4$  produzido (mL), pode-se medi-lo indiretamente, por gravimetria (ROCHA et al., 2013). Assim o volume de NaOH é deslocado e esse medido com o auxílio de uma proveta graduada de 250 mL (Figura9), conforme é descrito na metodologia de Aquino et al. (2007). As medições foram diárias e a quantificação de metano produzido é quantificado por essa alteração de volume, considerando que o volume inicial seja 200 mL.



**Figura 9. Proveta graduada com 200 mL de solução de NaOH a 15%.**

Para as análises estatísticas primeiramente foi utilizado o teste de normalidade de Anderson Darling ao nível de 5% de significância. Em um segundo momento realizou-se análise de variância (ANOVA) considerando-se um delineamento fatorial 2x3, por meio do software SISVAR 5.4 (Build 80). Como não houve interação significativa entre os fatores, aplicou-se o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância para comparação múltipla de médias para cada fator individualmente. O teste Scott-Knott indica uma organização crescente ou decrescente das médias para ser realizada, de acordo com cada grupo de médias (SOUZA, 2012). Para Silva (1999) a vantagem deste teste é a ausência de ambiguidade presente nos procedimentos de comparações múltiplas.

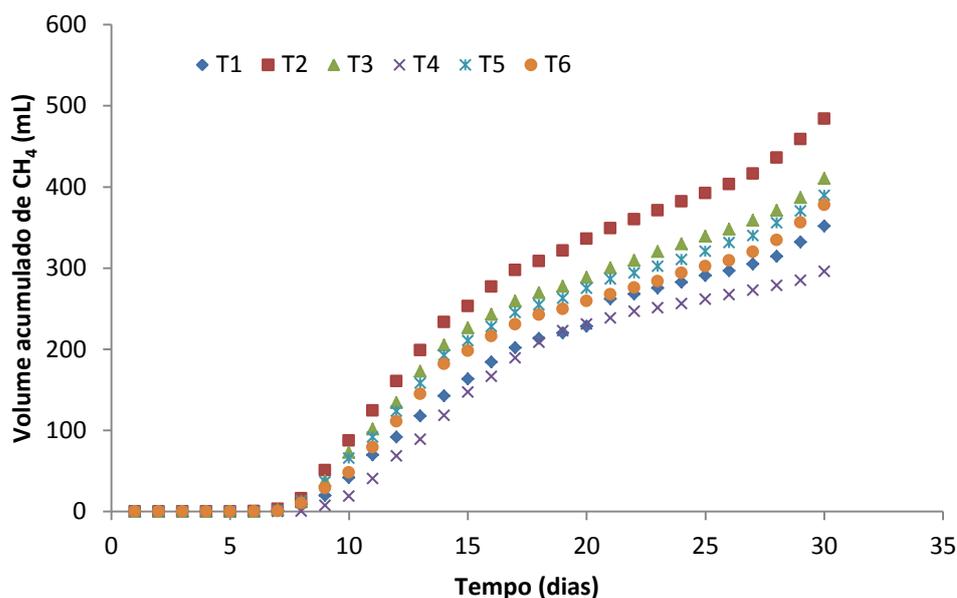
Além disso, as médias dos tratamentos também foram comparadas, por meio do teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado.

Tomando como referencial o trabalho de Lucas Jr. e Santos (2000) na qual afirmam que cada ave produz  $0,3 \text{ m}^3$  de biogás no primeiro lote e  $0,69 \text{ m}^3$  no segundo, sem que a cama de frango seja trocada, foi estimado o potencial energético que poderia ser produzido na propriedade da cidade de Floráí, visto que no mesmo há 24.000 aves em um galpão de  $2.400 \text{ m}^2$  (10 aves por  $\text{m}^2$ ). Feito isso, aplicou-se os valores encontrados em Coldebella(2006), que são 2,5 kWh de energia por  $\text{m}^3$  de biogás.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 QUANTIFICAÇÃO DO METANO

Conforme descrito na metodologia a diferença do volume medido ao longo dos 30 dias é a quantidade de metano ( $\text{CH}_4$ ) produzido em mL. Realizando uma análise temporal das médias dos volumes de todas as massas dos três grupos (G1, G2 e G3), pode-se concluir que os 80 g da cama de frango composta de maravalha(T2) obteve maior produção em relação às outras massas, como se pode observar no Gráfico 2.



**Gráfico 2. Produção de metano a partir da decomposição das camas de frango em função do tempo. (T1) Mistura com 50 g de cama de frango de maravalha; (T2) Mistura com 80 g de cama de frango de maravalha; (T3) Mistura com 100 g de cama de frango de maravalha; (T4) Mistura com 50 g de cama de frango de casca de arroz; (T5) Mistura com 80 g de cama de frango de casca de arroz; (T6) Mistura com 100 g de cama de frango de casca de arroz.**

Lucas Jr. et al. (1993) reportam em seu trabalho que melhores rendimentos com cama de frango de maravalha foram obtidos quando utilizaram inóculo e teor de sólidos totais a 8%, pois o potencial de produção de biogás aumentou quando se

usou esses dois recursos, sendo que o potencial médio obtido foi de 0,29 m<sup>3</sup> de biogás/kg de sólidos totais adicionados. Em 1996, os mesmos autores, utilizando ainda cama de maravalha observaram valores bem próximos ao anterior, porém testaram o uso com e sem inóculo, chegando a 0,25 e 0,28 m<sup>3</sup> de biogás/kg por sólidos totais adicionados, respectivamente.

Isso explica o porque a cama de frango de maravalha com 80 g, ou 8,88% de sólidos totais, produziu maior quantidade de metano.

Verificou-se que a produção de metano se estabeleceu a partir do sétimo dia, em média, após a incubação. Em comparação a produção de metano dejetos bovinos, Nogueira et al. (2007) verificou que do total de metano produzido, nos 129 dias, somaram somente 5% nos primeiros 15 dias.

Segundo Lopes et al. (2012) o período de detenção necessário para a estabilização da produção de metano é 60 dias, mas isso depende de temperatura, pH e a disposição de nutrientes.

Assim, observa-se no Gráfico 2 que a produção de metano em 30 dias não havia estacionado, ou seja, a produção continuava ativa.

## 5.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Antes de aplicar os testes estatísticos foi necessário fazer o teste de normalidade entre os dados para verificar se os mesmos estavam normalmente distribuídos. Utilizou-se o teste de Anderson Darling, que é um teste amplo de função de distribuição empírica para a hipótese nula (composta) de normalidade (SILVA et al., 2009). Os dados apresentaram normalidade, ao nível de 5% de significância, pois o p-valor encontrado (0,753) foi maior que 0,05.

Segundo o teste ANOVA, que serve para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos (OLIVEIRA, 2008), pode-se observar que não houve interação significativa entre os fatores em estudo (cama de frango e massa), havendo, entretanto, diferença estatística analisando-se os fatores isoladamente (Tabela 3).

**Tabela 3. Resultado do Teste ANOVA**

Fatores	GL	SQ	QM	Médias	P-valor
Cama de frango	1	18.704,16	18.704,16	8,644	0,0088
Massa	2	44.495,58	22.247,79	10,282	0,0011
Cama de frango*Massa	2	4.596,08	2.298,04	1,062	0,3664
Erro	18	38.948,00	2.163,77		
Total corrigido	23	106.743,83			
CV (%)	12,01				

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados do teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância, considerando-se cada fator individualmente.

**Tabela 4. Teste Scott-Knott para camas de frangos.**

Fatores	Produção de metano (mL)
Maravalha	415,33 a
Casca de Arroz	359,50b

\*Letras iguais na coluna não diferem ao nível de 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

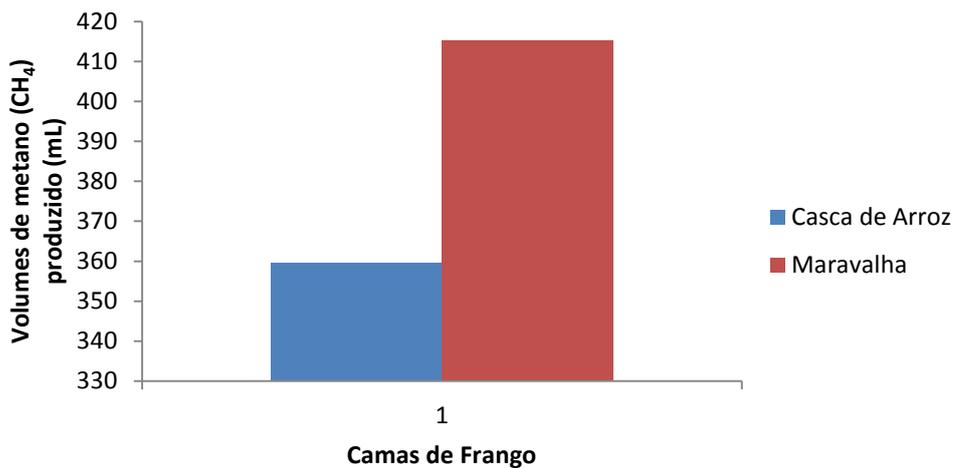
**Tabela 5. Teste Scott-Knott para massas.**

Fatores (g)	Produção de metano (mL)
50	331,75 a
80	436,62 b
100	393,87 b

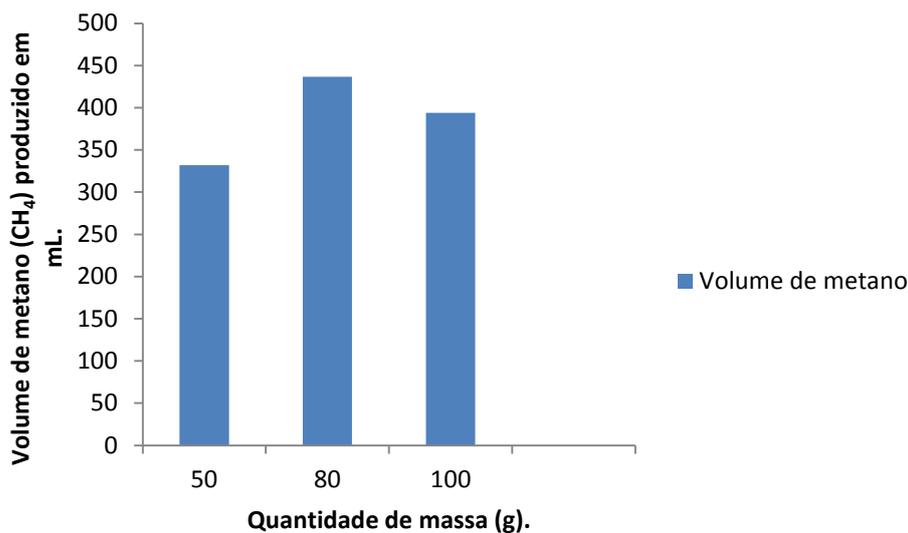
\*Letras iguais na coluna não diferem ao nível de 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Houve diferença entre as camas de frango em estudo, sendo a de maravalha a qual obteve maior média em relação à de casca de arroz, significando que a produção de metano da primeira foi mais relevante que a segunda (Gráfico 3).

Entre as massa de 100 e 80 g houve, estatisticamente, semelhança quanto às médias na produção de metano, diferenciando-se da de 50 g que produziu menor quantidade quando comparada as outras duas (Gráfico 4).



**Gráfico 3. Média dos volumes de metano produzido pelas camas de frango de casca de arroz e maravalha.**



**Gráfico 4. Média dos volumes de metano produzido pelas três massas de cama de frango.**

Pode-se observar no Gráfico 3 a diferença entre as médias de volumes obtidos para cada cama de frango aos 30 dias, caracterizando que a cama de frango de maravalha obteve melhor resultado que a cama de frango de casca de arroz.

Diniz (2005) afirma que os principais compostos da casca de arroz são celulose, hemicelulose, sílica e lignina. Esses compostos em altas concentrações, como no caso da casca de arroz, diminui a capacidade de decomposição do elemento. Gomes (2001) em seu trabalho determina até que ponto um material

aparentemente recalcitrante, como a casca de arroz, pode ser degradado, e chega ao resultado de que a participação da casca é desprezível quando comparado ao amido presente no arroz. Já a madeira da maravalha, quando utilizada como cama de frango, ela se decompõe quase totalmente devido a grande quantidade de nitrogênio presente no meio (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, 2006). Essa diferença entre a produção de metano dos dois substratos explica a diferença entre as médias obtidas por cada cama de frango.

Na análise comparativa entre as três quantidades de massas de cada tipo de cama de frango foi utilizado também o Teste de Scott-Knott. Para a cama de frango de maravalha obteve-se que entre as massas houve diferença significativa somente na concentração de massa de 80 g, e as massas de 100 g e 50 g foram estatisticamente iguais (Tabela 6).

**Tabela 6. Resultado do Teste Scott-Knott para as massas de cama de frango de maravalha.**

Massas (g)	Produção de metano (mL)
50	351,75 a
80	484,00 b
100	410,25 a

\*Letras iguais na coluna não diferem ao nível de 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Como mencionado anteriormente no trabalho de Lucas Jr et al. (1993 e 1996), esse resultado pode ser explicado devida a faixa de 8% de sólidos totais presentes na mistura, o que propicia melhor formação de metano.

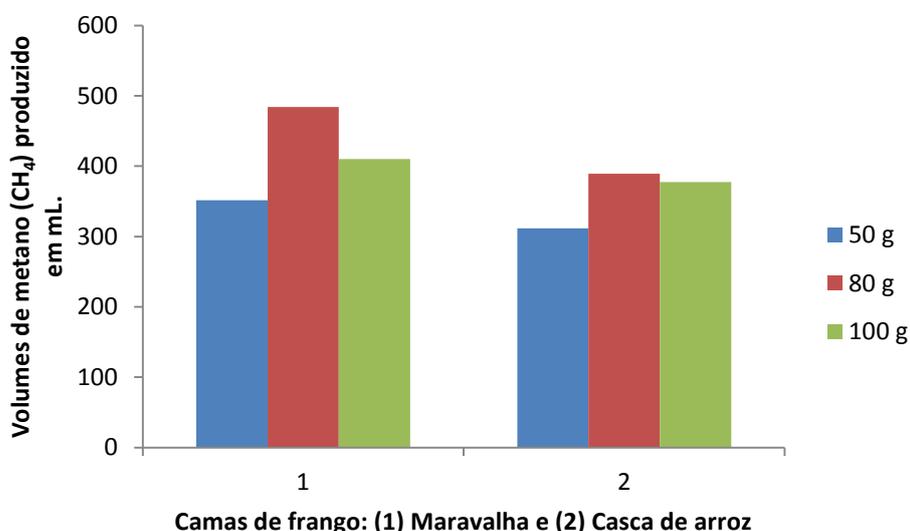
Já para a cama de frango composta por casca de arroz observou-se que houve semelhança entre as massas de 80 g e 100g, diferenciando-se da massa de 50 g (Tabela 7), já que no tratamento de 50 g houve falta de sólidos totais presentes no meio e ao composto do substrato ser recalcitrante e de difícil decomposição.

**Tabela 7. Resultado do Teste Scott-Knott para as massas de cama de frango de casca de arroz.**

Massas (g)	Produção de metano (mL)
50	311,75 a
80	389,25 b
100	377,50 b

\*Letras iguais na coluna não diferem ao nível de 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Através do Gráfico 4 verificou-se o distanciamento do volume de metano produzido pela cama de frango de maravalha quando colocada 80 g da mesma, que é bem maior em relação as outras duas massas. Já na cama de frango de casca de arroz o distanciamento acontece na massa de 50 g, só que no déficit de produção de metano, quando as outras duas massas possuem valores bem mais aproximados e mais altos.



**Gráfico 5. Comparação das três massas de cada tipo de cama de frango em relação à produção de metano.**

Para a análise entre todos os tratamentos foi realizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) onde a distribuição dos tratamentos das unidades experimentais é feita inteiramente ao acaso. O DIC utiliza apenas os princípios básicos da repetição e da casualização. Como não faz restrições na casualização, o

uso do DIC pressupõe que as unidades experimentais estão sob condições homogêneas. Estas condições homogêneas geralmente são obtidas em locais com ambientes controlados tais como laboratórios, estufas e casas de vegetação (CARNEIRO et al., 2010).

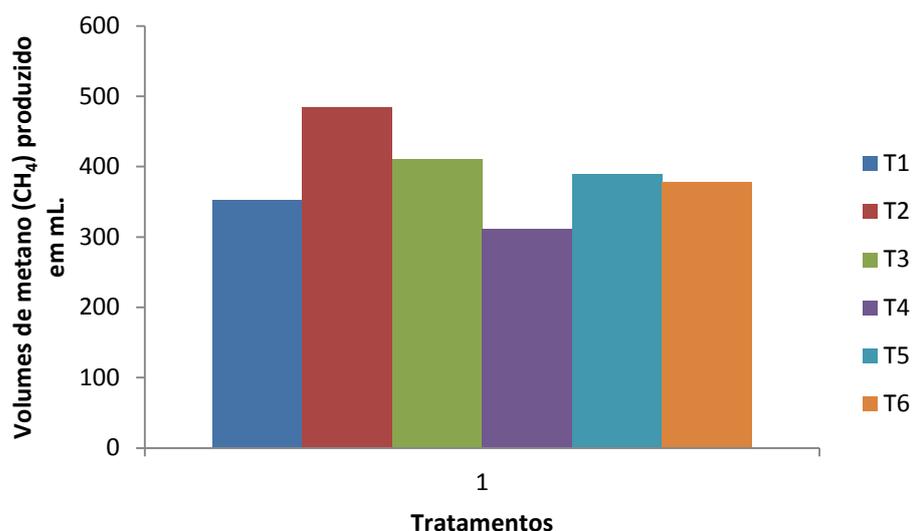
Analisado todos os tratamentos observou-se que somente o T2 (80 g de cama de frango de maravalha) obteve diferenciação em relação aos outros tratamentos (Tabela 7).

**Tabela 8. Resultado do DIC para todos os tratamentos.**

Tratamentos	Produção de metano (mL)
T1	351,75 a
T2	484,00 b
T3	410,25 a
T4	311,75 a
T5	389,25 a
T6	377,50 a

\*Letras iguais na coluna não diferem ao nível de 5% de significância pelo Teste Scott-Knott.

No Gráfico 5 verifica-se a diferença no volume produzido de metano em relação aos outros tratamentos. Esse distanciamento do tratamento T2 em relação aos outros volumes se deve aos dois fatores em conjunto já comentados, que são os sólidos totais a 8% e a capacidade de decomposição do substrato, na qual a maravalha se sobressai à casca de arroz.



**Gráfico 6. Resultado do Teste DIC para todos os tipos de tratamento. (T1) Mistura com 50 g de cama de frango de maravalha; (T2) Mistura com 80 g de cama de frango de maravalha; (T3) Mistura com 100 g de cama de frango de maravalha; (T4) Mistura com 50 g de cama de frango de casca de arroz; (T5) Mistura com 80 g de cama de frango de casca de arroz; (T6) Mistura com 100 g de cama de frango de casca de arroz.**

Abreu et al. (2011) analisou substratos de palha de soja e casca de arroz na compostagem de carcaças de frango observando a degradação dos dois substratos e das carcaças pelo monitoramento da temperatura, peso das carcaças e dos substratos e análise físicoquímica do produto final. E obteve como resultado que os dois substratos podem ser utilizados na compostagem, porém a casca de arroz pode ser utilizada mais vezes devido ao seu tempo de decomposição ser mais lento e a que a decomposição das carcaças foi significativamente maior, em percentual, na palha de soja.

Nobilet al. (2011) caracterizou qualitativamente e quantitativamente o biogás produzido por 12 substratos em biodigestores do tipo batelada, dentre eles a cama de frango de maravalha, e obteve que os substratos triturados produzem biogás de melhor qualidade até os 43 dias após o início da fermentação, o substrato contendo esterco de cama de frango de corte com cama de capim napier produziu os maiores volumes de biogás. A partir dos 57 dias após o enchimento dos biodigestores todos os substratos já produziam biogás com metano acima de 48%.

Namiuchi (2002) em seu trabalho utilizou a cama de frango composta por substrato de casca de arroz em diversas quantidades de massas para produção de biogás através de biodigestores em batelada, e concluiu que as maiores produções

de biogás foram obtidas com camas reutilizadas num segundo lote, para as épocas quente e fria, assim como se observou efeito das quantidades de cama iniciais onde as quantidades de 0,4 kg de matéria seca por ave apresentaram maiores valores.

### 5.3 HIPÓTESE DO POTENCIAL ENERGÉTICO

Sugerindo o trabalho de Lucas Jr e Santos (2000), onde encontra-se o potencial de produção de biogás, em  $m^3$ , por ave alojada e por  $m^2$  de galpão, em diferentes densidades, para dois lotes de criação de frangos sobre a mesma cama (Tabela 9) pode-se calcular a quantidade de biogás que poderá ser produzida na propriedade localizada em Florai, na qual possui densidade de 10 aves por  $m^2$  de galpão, em uma área de 2.400  $m^2$ .

**Tabela 9. Potenciais de produção de biogás, em  $m^3$ , por ave alojada e por  $m^2$  de galpão em diferentes densidades, para dois ciclos de criação sobre a mesma cama.**

Lotes	Densidade (aves/ $m^2$ )	Produção de Cama/ave (kg)	Potencial de produção de biogás( $m^3$ )	
			Por ave alojada	Por $m^2$ de galpão
Primeiro	10	1,727	0,3000	3,0000
	16	1,349	0,2557	4,0911
Segundo	10	2,944	0,6945	6,9451
	16	2,343	0,5371	8,5941

**Fonte: Adaptada de Lucas Jr. e Santos, (2000).**

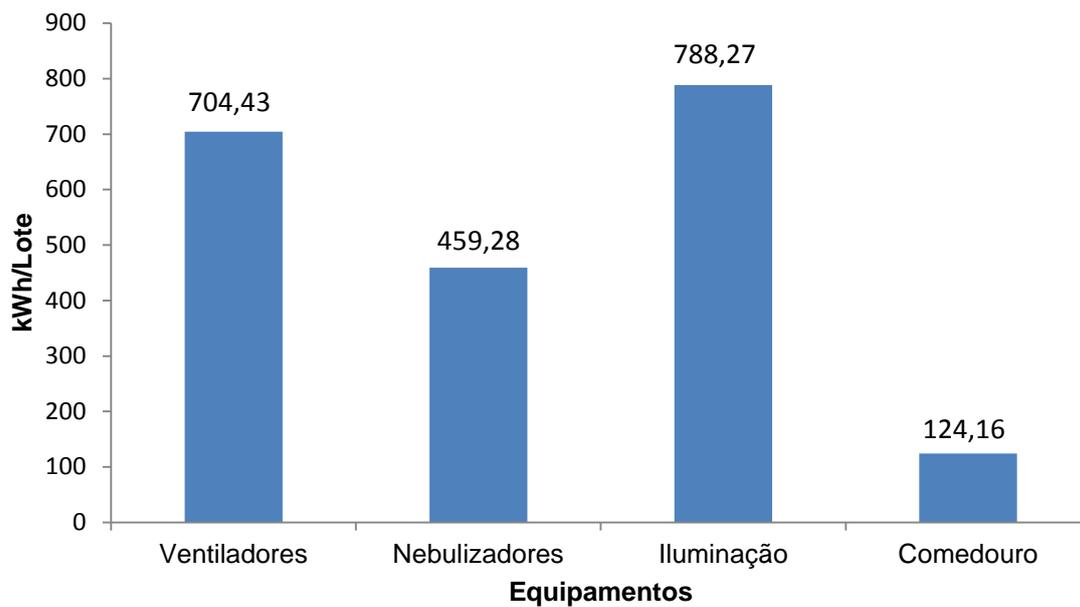
Visto que se tem 2.400  $m^2$  de galpão, conclui-se que se encontram 24.000 aves no mesmo. Logo, se ao final do primeiro lote (45 dias) cada ave tem um potencial de produção de 0,3  $m^3$  de biogás, então esse galpão produzirá 7.200  $m^3$  de biogás. De acordo com Coldebella et al (2006), 1  $m^3$  de biogás produz de 2 a 2,5 kWh de energia elétrica. Então, tomando por base 2,5 kWh e transformando os 7.200  $m^3$  de biogás produzidos para eletricidade, tem-se 18.000 kWh.

Realizando os mesmos cálculos para o segundo lote (90 dias), que em comparação com o primeiro produziu ainda mais biogás e, conseqüentemente, mais energia. Obteve-se o valor de 16.560 m<sup>3</sup> de biogás e 41.400 kWh de energia.

Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica(2015), uma residência constituída com chuveiro elétrico, computador, ferro elétrico, fogão elétrico, forno micro-ondas, geladeira, lâmpada, lavadora de roupas e televisão, tem um gasto mensal de 206,96 kWh. A Agência Nacional de Energia Elétrica (2015) informa que a Copel, indústria que fornece energia ao Paraná, custeia esse serviço a um valor de R\$0,661941 por kWh de energia. Com esses dados, pode-se concluir que o conjunto de equipamentos hipoteticamente descritos consomem 206,96 kWh com um custo de R\$137,00 ao mês.

A partir desses valores, conclui-se que poderiam ser abastecidas 86 residências, já que no primeiro lote foram produzidos 18.000 kWh. No segundo lote, o número de produção aumentou para 41.400 kWh, sendo possível abastecer 200 moradias.

O galpão localizado em Floraí não tem condições de viabilizar um projeto para a instalação de uma central de geradora de energia para aproveitar os resíduos produzidos. Mas, se essa possibilidade fosse efetivada com a energia produzida nos galpões, seria possível sustentar toda a granja a partir da quantidade de kWh que se obteve. Essa conclusão se tornou possível a partir dos dados do trabalho de Ferreira e Turco(2003), onde eles relatam que um galpão consome 1.280,73 kWh de energia ao mês por lote, divididos em ventiladores, nebulizadores, iluminação e comedouros, como se pode observar no Gráfico 7.



**Gráfico 7. Estimativa do consumo, por lote, de energia elétrica ativa, em kWh, dos equipamentos elétricos do galpão.**  
Fonte: Adaptado de FERREIRA et al., (2003).

A quantidade de energia elétrica excedente poderia abastecer a casa de um trabalhador que cuida da granja ou ainda ser vendida a concessionária competente, no caso a COPEL, o que reverteria em lucro para o proprietário.

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que há influencia do substrato utilizado como cama de frango quando esta for convertida para a produção de metano. Entre os substratos de maravalha e casca de arroz, o melhor a ser utilizado é a maravalha, já que o mesmo possui maior capacidade de degradação. Outro componente que deve ser avaliado é a quantidade de sólidos totais presentes no meio, no qual encontrou-se que a faixa de 8% é a mais satisfatória, quando comparado com 5 e 10%.

Portanto, visto a quantidade de biomassa de cama de frango produzida no Brasil e que esses são passivos de processamento para produção de energia elétrica, então poderiam ser utilizados para substituir, em parte, a energia elétrica vinda de fontes hidráulicas. Ressalta-se também que outros estudos devem ser feitos, considerando que o volume gasto de água para o desenvolvimento do experimento foi menor em relação a um biodigestor convencional em batelada para o processo anaeróbio.

## REFERENCIAS

ABREU, Paulo G.; PAIVA, Doralice P.; ABREU, Valéria M. N.; COLDEBELLA, Arlei; CESTONARO, Taiana. **Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frangos de corte**. Acta Scientiarum. Animal Sciences, Paraná: Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-57, 2011.

AERES, Airon M. **Biodigestão Anaeróbia da Cama de Frangos de corte com ou sem separação das frações sólidas e líquidas**. 2009. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, UNESP, São Paulo: Jaboticabal, pg.63, 2009.

ANDRADE, Marcio A. N.; RANZI, Tiago J. D.; MUNIZ, Rafael N.; SILVA, Luiz G. S.; ELIAS, Marcos J. **Biodigestores Rurais No Contexto Da Atual Crise De Energia Elétrica Brasileira E Na Perspectiva Da Sustentabilidade Ambiental**. Coordenadoria de Gestão Ambiental da UFSC, Santa Catarina: Florianópolis, 2001.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA – ANEEL. **Tarifas Residenciais Vigentes**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>> Acesso em: 15 de junho de 2015.

AQUINO, Sérgio F.; CHERNICHARO, Carlos A. L.; FORESTI, Eugenio; SANTOS, Maria de Lourdes F.; MONTEGGIA, Luiz O. **Metodologias para determinação da Atividade Metanogênica Específica (AME) em lodos anaeróbios**, Artigo Técnico – Engenharia Sanitária e Ambiental, v.12, nº. 2, p. 192-201. 2007.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 1 ed. São Paulo: ícone, 1993.

BRAND, Martha Andreia. **Qualidade Da Biomassa Florestal Para O Uso Na Geração De Energia Em Função Da Estocagem**. Tese do Curso de Pós Graduação – Universidade Federal do Paraná, Paraná: Curitiba, 2007.

CARNEIRO, Antonio P. S.; RIBEIRO Jr. José Ivo.; SANTOS, Nerilson T.; MARTINS FILHO, Sebastião. **Est 220 – Estatística Experimental**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais: Viçosa, 2010.

CASTANHO, Diego F.; ARRUDA, Heder J. de. Biodigestores. In: VI SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS. / UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2008, Ponta Grossa. **Anais...** Paraná: Ponta Grossa, ISSN: 1981-366X, v. 02, n. 21, 2008.

COLDEBELLA, Anderson; SOUZA, Samuel Nelson M.; SOUZA, Juliano; KOHELER, Ana Carolina. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. Artigo Técnico, An. 6. Enc. Energ. Meio Rural. 2006.

COSTA, Laura V. C. **Biodigestão anaeróbica da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos: produção de biogás e qualidade do biofertilizante**. 2009. Dissertação de Mestrado em Zootecnia - UNESP, São Paulo: Jaboticabal, 2009.

DINIZ, Juraci. **Conversão térmica de casca de arroz a baixa temperatura: produção de bioóleo e resíduo sílico-carbono adjacente**. Tese de doutorado em Química – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul: Santa Maria, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA: MILHO E SORGO. **Sistemas de Produção**. 2008.

\_\_\_\_\_. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Circular Técnica – numero 16. 1992.

\_\_\_\_\_. **Práticas Agroecológicas: adubação orgânica**. Cartilha. Rio Grande do Sul: Pelotas. 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - **Balço Energético Brasileiro. Ano-Base 2013**. Rio de Janeiro, 2014.

FERRAREZ, Adriano H. **Análise da viabilidade do uso de biogás como fonte energética na cadeia produtiva de frango de corte na zona da mata de Minas Gerais**. 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

FERREIRA, Luiz Fernando S. A.; TURCO, José Eduardo P. **Avaliação do consumo e custo de energia elétrica em galpão para criação de frangos de corte, em dois ciclos de criação**. Artigo Técnico, An. 3. Enc. Energ. Meio Rural. São Paulo: Jaboticabal, 2003.

FRANÇA, Levy R. **O Paradigma da cama de frango**. 2010. Dissertação para discussão de mestrado – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2010.

FUKAYAMA, Ellen H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante.** Tese de doutorado em Zootecnia --Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, São Paulo: Jaboticabal, 2008.

GALBIATTI, João A.; CAMELO, Anaira D.; SILVA, Flávia G; GERARDI, Eliana A. B.; CHICONATO, Denise A. **Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada,** São Paulo: Campina Grande, Revista Brasileira de Engenharia e Agrícola e Ambiental, v.14, n.4, p.432–437. 2010.

GOMES, Ana Paula D. **Fundamentos da compostagem de resíduos sólidos.** Dissertação de doutorado em Ciências aplicada no ambiente – Universidade Aveiro, 2001.

LOPES, Aline C.; ROCHA, Raquel D. C.; DIEDRICH, Camila. Estabilização anaeróbia da mistura de cama de aviário e soro de leite. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 2012, Paraná: Pato Branco.

LUCAS Jr, Jorge; SANTOS, Tania M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de Biogás. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL, 2000, São Paulo: Jaboticabal. **Anais...** 12 de abril de 2000, Santa Catarina: Concórdia.

\_\_\_\_\_. Uso da cama de frangos com maravalha em biodigestores batelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA e II CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 1996, São Paulo: Bauru. **Anais...** Bauru: SBEA, (EnA 495), 1, 9p.

\_\_\_\_\_. 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...** Bahia: Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. p. 915-930.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomassa.** 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/biomassa>>. Acesso em: 25 de novembro de 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Série Energias Renováveis – Biomassa..** Ed 1. Itajubá. 2007.

NAMIUCHI, NAUSIRA N. **Biodigestão Anaeróbia E Características Da Cama De Frangos Obtida Sob Diferentes Quantidades Iniciais De Casca De Arroz E Três Tipos De Cobertura De Galpões Em Dourados – Ms.** Tese de doutorado – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo: Botucatu, 2002.

NEITZKE, Guilherme. **Geração elétrica distribuída a partir da gaseificação de peletes de cama de aviário.** 2009. Dissertação de mestrado em ciências mecânicas – Universidade de Brasília, Goiás: Brasília, Distrito Federal, 2010.

NOBILE, Fabio O.; GALBIATTI, João Antônio; NUNES, Hugo D. **Biogás produzido por esterco de frango e diferentes tipos de cama de frango.** 2011.

NOGUEIRA, Ricardo G. S.; LUCAS Jr, Jorge; BRANCO, Paula Maria P.; FERREIRA, Lívia Maria S.; PERNA Jr, Flavio; AREVALO, Lerner P. Produção Total E Potencial De Produção De Biogás De Biodigestores Abastecidos Com Dejetos De Bovinos De Corte Confinado. In: III SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CIENCIA ANIMAL. 2007.

OLIVEIRA, Andréia F. G. **Testes estáticos para comparação de média**, Paraná: Maringá, Revista Eletrônica Nutritime, v. 5, n.º. 6, p. 777-788, Novembro/Dezembro. 2008. Disponível em:  
<[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/076V5N6P777\\_788\\_NOV2008\\_.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/076V5N6P777_788_NOV2008_.pdf)>  
f> Acesso em: 16 de junho de 2015.

ORRICO, Ana C. A; ORRICO Jr, Marco A. P.; LUCAS Jr., Jorge. **Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças.** Artigo para a Engenharia Agrícola, São Paulo: Jaboticabal, v.30, n.3, p.546-554, maio/jun. 2010.

PAGANINI, F. J.; MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de aviários de corte: manejo de cama.** Ed. Produção de frangos de corte. São Paulo: Campinas, p. 107-116, 2004.

PALHARES, Júlio Cesar P. **Uso de biodigestores para o tratamento da cama de frango: conceitos importantes para a produção de biogás.** 2004.

POETSCH, Patrícia B.; KOETZ, Paulo R. **Sistema de determinação de Atividade Metanogênica Específica de Iodos anaeróbios.** Rio Grande do Sul: Pelotas, Revista Brasileira de Agrociência, v.4, n. 3, p. 161-165, Set.-Dez. 1998.

PORTELA, Renan B. **Análise do potencial energético da cama de frango através da quantificação do metano pelo método da Atividade Metanogênica Específica**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná: Campo Mourão, 2014.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **Dicas de Economia e Energia**. 2015. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>> Acesso em: 15 de junho de 2015.

RICORDI, Vanessa G.; TERRES, Laerte R.; MARTINS, Jorge Luiz Influência Do Volume De Água Sobre O potencial hidrogeniônico na digestão anaeróbia da cama de frangos de corte. In: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e X ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2008, Rio Grande do Sul: Pelotas. **Anais...** 11, 12, 13 e 14 de novembro de 2008.

ROCHA, Maria Aparecida G.; FLORENCIO, Lourdinha; KATO, Mário T.; SILVA, Ana Maria R.B. Avaliação e comparação entre a Atividade Metanogênica Específica de lodos de esgotos doméstico e industriais. In: 21<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2013, Pernambuco.

RODRIGUES, Wesley O. P.; GARCIA, Rodrigo G.; NAAS, Irenilza A.; ROSA, Carolina O.; CALDARELLI, Carlos Eduardo. **Enciclopédia Biosfera: Evolução da avicultura de corte no Brasil**. Goiás: Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1666. 2014.

ROYA, Bruno; FREITAS, Eduardo; BARROS, Evandro; ANDRADE, Fábio; PRAGANA, Michael; SILVA Djalma José A. **Biogás – uma energia limpa**, Rio de Janeiro, Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 13, n. 13, p. 142–149. 2011. Disponível em: <[http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoque/files/13/artigos/12\\_BunoRoya\\_Biogas\\_Prof\\_Djalma\\_VF.pdf](http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoque/files/13/artigos/12_BunoRoya_Biogas_Prof_Djalma_VF.pdf)> Acesso em: 16 de junho de 2015.

SALMINEN, E.A.; RINTALA, J.A. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. *WaterResearch*, Londres, 2002. **Anais...**v.36, p.3.175-3.182, 2002.

SANTOS, Tania Mara B. **Balanco energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**. 2001. Tese de Doutorado em Zootecnia – Universidade Estadual Paulista, São Paulo: Jaboticabal, 2001.

SILVA, Celso Roberto A.; GARRAFA, Maria Teresa F.; NAVARENHO, Paulo L.; GADO, Rodolfo; YOSHIMA, Sérgio. **A Biomassa como alternativa energética para o Brasil. Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n<sup>o</sup>. 2, p. 25-36. 2005.

SILVA, C. T.; FERREIRA, E. B. **Desempenho de testes de normalidade via simulação Monte Carlo**. 2009.

SILVA, Eloise C.; FERREIRA, Daniel F.; BEARZOTI, Eduardo. **Avaliação do poder e taxas de erro tipo I do teste de scott-knott por meio do método de monte carlo**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais: Lavras, 1999.

SOARES, Thelma S.; CARNEIRO, Angélica de Cássia O.; GONÇALVES, Elzimar de O.; LELLES, José Gabriel. **Uso Da Biomassa Florestal Na Geração De Energia**, Garça, Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal, ano IV, n. 08, periodicidade: semestral, ISSN 1678-3867. 2006. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/florestal1\\_000gapwcajw02wx5ok04xjloyxd3fpu2.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/florestal1_000gapwcajw02wx5ok04xjloyxd3fpu2.pdf)> Acesso em: 16 de junho de 2015.

SOUZA, Denis M. O. R. **Concordância de testes de comparação de médias na avaliação volumétrica de clones de eucalyptus spp. nópólo gesseiro do araripe-pe**. Dissertação de Mestrado em Biometria E Estatística Aplicada. Pernambuco: Recife, 2012.

TESSARO, Amarildo Antônio. **Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do Paraná utilizada como substrato para a produção de biogás**. 2011. Dissertação de mestrado – Instituto de tecnologia para o desenvolvimento em parceria com o Instituto de engenharia do Paraná, Paraná: Curitiba, 2011.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Consumo de carne de frango no Brasil foi de quase 42 kg/habitante em 2013**. 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/Acer%20Aspire/Documents/UTFPR/TCC%201/Consumo%20de%20carne%20de%20frango%20no%20Brasil%20foi%20de%20quase%2042%20kg%20h%20abitante.html>> Acesso em: 03 de dezembro de 2014.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório anual**. 2013.  
ZANETTE, André Luiz. **Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil**. 2009. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ZEEUW, W,J. **Aclimatization of anaerobic sludge for UASB – reactor Startup.**  
DoctoralThesis. AgriculturalUniversity Wageningen, The Netherlands, pg.157, 1984.