

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**FRANCIVANA PEDROSA FERNANDES**

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE BIOMASSA RUMINAL DE  
DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS DE OVINOS**

**CHAPADINHA – MA**

**2019**

**FRANCIVANA PEDROSA FERNANDES**

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE BIOMASSA RUMINAL DE  
DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS DE OVINOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Coordenação de Engenharia Agrícola como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
Engenheira Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Jocélio dos Santos Araújo

**CHAPADINHA – MA**

**2019**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Pedrosa Fernandes, Francivana.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE BIOMASSA RUMINAL DE  
DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS DE OVINOS / Francivana Pedrosa  
Fernandes. - 2019.

29 f.

Orientador(a): Jocélio dos Santos Araújo.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola,  
Universidade Federal do Maranhão, UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
MARANHÃO-CHAPADINHA-MA, 2019.

1. Biodigestor. 2. Digestão anaeróbica. 3. Pequenos  
ruminantes. 4. Resíduos sólidos. 5. Sistemas  
sustentáveis. I. dos Santos Araújo, Jocélio. II. Título.

**FRANCIVANA PEDROSA FERNANDES**

TCC defendido e aprovado, em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, pela comissão examinadora constituída por:

---

Prof. Dr. Jocélio dos Santos Araújo (Orientador)

Curso de Zootecnia – CCAA /UFMA

---

Antônia Mara Nascimento Gomes (Examinadora)

Engenheira Agrônoma – CCAA /UFMA

---

Nayron Alves Costa (Examinador)

Engenheiro Agrônomo (Membro externo) – CCAA/UFMA

*Dedico à minha mãe, Francisca Maria da Silva  
Pedrosa, por me apoiar em todas as situações,  
ser um exemplo de perseverança e por me amar  
incondicionalmente*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar à Deus. À minha mãe, Francisca Maria da Silva Pedrosa, por estar presente durante toda a minha caminhada e por me apoiar nos momentos mais difíceis.

À minha irmã Edvana Pedrosa Fernandes, por me incentivar e por estar comigo nos momentos bons e ruins e, por ter me aturado nos meus momentos de estresse e à meu irmão Erick da Cruz Rodrigues, por estar presente em minha vida e por ser mais um incentivo para que eu concluísse esta etapa.

À minha sobrinha Ayla Camilla Pedrosa Borges, por existir e alegrar minha vida, ao meu namorado Wellyngton Gomes pereira pelo apoio e companheirismo e por ter me ajudado a amadurecer como pessoa e futura profissional.

Ao meu orientador professor Jocélio dos Santos Araújo, pelo apoio e paciência durante todo o período que trabalhamos juntos.

Ao meu padrasto, Rosemberg Lopes de Sousa, pois seu apoio tem sido fundamental para minha permanência no curso.

À minha tia, Gertudes Marta da Silva Pedrosa, pelo apoio e carinho.

Ao meu amigo Jonyelle da Silva Lima, por ter me apoiado, me incentivado e por ter sempre me ajudado no que era possível.

À Universidade Federal do Maranhão, por contribuir para a minha formação acadêmica.

Aos demais que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta etapa.

**Obrigada!**

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
Localização e período experimental .....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5 CONCLUSÃO.....	24
6 REFERENCIAS .....	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição percentual e química das dietas (% da MS).....	18
<b>Tabela 2</b> - Valores médios de temperatura e pH em função dos tratamentos experimentais.....	20
<b>Tabela 3</b> - Valores médios de pressão e produção de biogás em função dos tratamentos experimentais.....	22

## **PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE BIOMASSA RUMINAL DE DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS DE OVINOS**

### **RESUMO**

Objetivou avaliar a produção de biogás a partir de biomassa ruminal de diferentes grupos genéticos de ovinos. Foram utilizados 12 protótipos de biodigestores experimentais em batelada, que foram abastecidos com biomassa ruminal de dois grupos genéticos de ovinos (Rabo Largo e Santa Inês) que durante um período de confinamento foram alimentados com duas dietas caracterizadas como alto e baixo concentrado, com proporções de 70% e 30%, respectivamente. Após abate dos animais foram coletados todo conteúdo ruminal de acordo com os grupos genéticos e níveis de alimentação, sendo este, os materiais que constituíram a biomassa ruminal. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições. As variáveis analisadas foram: temperatura, pH, produção e pressão do biogás. Não houve efeito significativo entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas. A inoculação da biomassa ruminal dos diferentes grupos genéticos de ovinos estudadas, apresentaram condições favoráveis para a produção de biogás, demonstrando eficiência no processo de digestão anaeróbica.

**Palavras chave:** Biodigestor, Digestão anaeróbica, Pequenos ruminantes, Resíduos sólidos, Sistemas sustentáveis.

## **BIOGAS PRODUCTION FROM RUMINAL BIOMASS OF DIFFERENT GENETIC GROUPS OF SHEEP**

### **ABSTRACT**

The objective was to evaluate the biogas production from ruminal biomass of different genetic groups of sheep. Twelve prototypes of experimental biodigesters were used in batch, which were fed with ruminal biomass of two genetic groups of sheep (Rabo Largo and Santa Inês), which were fed with two diets characterized as high and low concentrate, with proportions of 70% and 30%, during a period of confinement. After the animals were slaughtered, all ruminal contents were collected according to the genetic groups and feeding levels, being this the material that constituted ruminal biomass. A completely randomized design with four treatments and three replications was used. The analyzed variables were temperature, pH, biogas production and pressure. The inoculation of the ruminal biomass of the different genetic groups of sheep studied presented favorable conditions for the production of biogás, demonstrating efficiency in the anaerobic digestion process.

**Key Word:** Anaerobic digestion. Biodigestor, Small ruminants, Solid waster, Sustainable systems.

## 1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo utilizou-se de energias não renováveis (petróleo, gás e carvão mineral) como única forma de suprir as necessidades energéticas da nação. Esses recursos que não têm a capacidade de se regenerar naturalmente, portanto são limitados e ainda tem uma grande contribuição para a liberação de gases de efeito estufa (GEE's), onde os principais gases são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) (Moreira Junior et al., 2017).

Além dos problemas ambientais ocasionados pela utilização das fontes de energias convencionais, há outro fator que necessita de uma atenção especial, os resíduos gerados a partir do abate de animais, os quais estes, muitas vezes são descartados ao meio ambiente sem tratamento prévio. Esse descarte inadequado tem contribuído para a intensificação dos problemas ambientais devido à grande quantidade de dejetos ocasionando poluição de mananciais, do ar e do solo.

Para amenizar estes problemas, surge como uma alternativa a utilização de sistemas eficientes para o tratamento destes resíduos, que quando tratados tem grande potencial de geração de energia por meio da digestão anaeróbia, na qual trata-se de um tratamento biológico de materiais orgânicos, cujo produto final gerado é o biogás e biofertilizante, que pode ainda representar ao produtor, agregação de valor a estes produtos (El-Mashad e Zhang, 2010).

Na biomassa ruminal, seja ela de ovinos, caprinos ou bovinos, contém uma quantidade significativa de microrganismos capazes de degradar nutrientes que passarão por processos metabólicos no qual resultará na produção de biogás, que por sua vez tem um grande potencial de geração de energia.

Segundo Orrico Junior et al. (2010a), a alimentação de ruminantes pode influenciar no potencial de produção do biogás, quando se refere a qualidade nutricional que contém os alimentos oferecidos aos animais. São esperadas algumas diferenças referente aos resíduos coletados de animais que recebem alimentos concentrados daqueles que são alimentados em pastos.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de biogás a partir de biomassa ruminal de diferentes grupos genéticos de ovinos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **Ovinocultura no Brasil e no Mundo e sua importância**

A criação de pequenos ruminantes (caprinos e ovinos) é uma atividade bastante explorada em todos os continentes de forma econômica, por ter uma ampla difusão de espécie e pela sua facilidade de adaptação, na qual sua produção é realizada em diversos tipos de solo, vegetação, clima e topografia, trazendo um rápido retorno financeiro (Viana e Silveira, 2009).

Devido à capacidade de adaptação às condições climáticas das regiões áridas e semiáridas do mundo, a caprinocultura e a ovinocultura são vistas como alternativas pecuárias de produção nessas regiões (Silva e Guimarães Filho, 2006; Martins et al., 2012).

No Brasil, os maiores Estados produtores de ovinos são o Rio Grande do Sul, Ceará e Bahia, correspondentes de 53% de todo o rebanho nacional. Com relação à produção de caprinos, os maiores Estados produtores são Bahia, Ceará e Piauí, totalizando mais de 75% da produção do país (IBGE, 2010). A região Nordeste, no que diz respeito a produção de caprinos e ovinos ganha destaque por esses animais terem uma facilidade de adaptação em climas áridos.

Em 2017, a região Nordeste abrigou cerca de 64,2% do rebanho de ovinos brasileiro, e a criação dessa espécie na região Nordeste representa grande importância sócio-econômica (IBGE, 2017). Apesar de alguns anos seguidos de seca na região Nordeste, houve uma redução dos rebanhos caprinos e ovinos no Brasil relacionado ao ano de 2016, contudo, a região manteve-se com um efetivo de aproximadamente 9,5 milhões de caprinos e 17,9 milhões de cabeças de ovinos (IBGE, 2017).

O Maranhão, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), abrange cerca de 276.795 mil cabeças de ovinos. Contudo, é notável a importância socioeconômica da ovinocultura no país, principalmente na região Nordeste, onde a produção de ovinos se torna uma alternativa para a produção de comercial de carne para pequenos produtores (Vilpoux et al., 2013).

A produção de ovinos traz grandes vantagens para a economia brasileira, todavia, sua produção e abate geram uma quantidade significativa de resíduos no empreendimento rural, nos quais são passíveis de serem aproveitados como biomassa para a produção de biogás.

## **Processo de formação do Biogás**

Para a obtenção do biogás, são necessários resíduos orgânicos, dos quais estes são fundamentais para a formação do mesmo, resíduos estes conhecidos como biomassa.

Segundo Fernandes (2011), a biomassa é o resultado da decomposição de qualquer material, realizada por meio da ação biológica. Resulta da massa total acumulada em um determinado espaço, gerado por matéria orgânica. Ela contém três fontes básicas: resíduos orgânicos, vegetais lenhosos e vegetais não lenhosos. Pode ser aproveitada de inúmeras formas, podendo ser por meio de digestão anaeróbia e fermentação, combustão direta ou por processos termoquímicos (CENBIO, 2013).

De acordo com Neto et al. (2010), a biomassa está cada vez mais ganhando destaque por ter um grande potencial para a produção de energia. Com sua utilização, a matriz energética do país se torna diversificada, minimizando a dependência com utilização de fontes não renováveis, pois a partir dela, é gerado o biogás, no qual pode ser utilizado para a geração de energia elétrica.

Já o biogás é o produto final da digestão anaeróbia, que é a decomposição da matéria orgânica. Nele estão presentes alguns gases, no qual o metano é o gás de maior interesse, onde sua porcentagem pode variar de 50 a 75%, contendo em menor proporção o dióxido de carbono com 25 – 50%, e ainda estão presentes outros gases como o hidrogênio, nitrogênio, e sulfeto de hidrogênio, mas em pequenas quantidades (Mata-Alvarez et al., 2014).

As diversas substâncias químicas obtidas através da transformação da matéria orgânica no decorrer da fermentação anaeróbia, ocorre por meio de um conjunto de degradações consecutivas, devido a espécies distintas de bactérias (Vieira et al., 2015). O biogás é formado basicamente por três etapas, as quais são a fermentação, acetogênese e metanogênese (Costa, 2011).

A fermentação ocorre em duas fases, a hidrólise e acidogênese. A primeira, é a fase onde ocorre o início do processo digestivo anaeróbico. Nesta fase, moléculas maiores (polímeros, proteínas, carboidratos e gorduras) são convertidas em materiais mais simples (ácidos graxos e aminoácidos). A hidrólise ocorre através de enzimas extracelulares excretadas por bactérias fermentativas, o que facilita a ação das mesmas (Molino et al., 2012).

Faria (2012), explica que a hidrólise ocorre lentamente e pode sofrer influência de alguns fatores, como o que compõe o substrato, pH, temperatura em que a matéria orgânica está exposta, tempo de retenção do substrato, concentração de sólidos e concentração de ácidos orgânicos voláteis. A temperatura é um fator que tem uma ligação direta com a velocidade em que ocorre a hidrólise. Quanto maior a temperatura, maior é a velocidade da reação desta fase. O rendimento na solubilização do substrato que ocorre por meio da conversão de material particulado tem um aumento quando há baixas concentrações de sólidos (Mayer et al., 2013).

Na acidogênese, os produtos resultantes da hidrólise são transformados em dióxido de carbono, ácido acético, ácidos graxos e outros compostos, de forma que estes agora podem ser absorvidos pelas células das bactérias fermentativas (Karagiannidis, 2012). Na acetogênese as bactérias acetogênicas oxidam compostos orgânicos de nível intermediário, como o butirato e propionato, em compostos de fácil acesso para os microrganismos metanogênicos (Sotti, 2014). A metanogênese é a última fase para a formação do biogás. Nela ocorre a produção de metano por meio da conversão de ácido acético por bactérias acetotróficas e também através da conversão de hidrogênio e dióxido de carbono, pelas bactérias hidrogenotróficas (Abbasi et al., 2012).

### **Fatores que influenciam na produção do biogás**

Existem parâmetros que podem influenciar na eficiência da digestão anaeróbica e conseqüentemente na produção de biogás, os quais são a temperatura, pH, quantidade de nutrientes, substrato, dentre outros fatores (Gonçalves, 2012).

Para Ziganshin et al. (2013), a temperatura é um dos fatores de maior influência na população bacteriana na digestão anaeróbica. Mendonça (2009) afirma que a temperatura pode afetar diretamente a termodinâmica da reação, modificando a sua velocidade.

Segundo Paterson (2010), a temperatura possui uma faixa ótima para o desenvolvimento dos microrganismos, e caso essa faixa esteja acima ou abaixo do ideal, os microrganismos de maior importância para o processo de digestão anaeróbica podem não resistir a essas variações. Ainda de acordo com o autor, os microrganismos decompositores estão divididos em três grupos, conforme sua temperatura ideal para seu desenvolvimento. Estes são os psicrófilos, onde as melhores temperaturas para atuarem se encontram em faixas inferiores a 25°C, os mesófilos que se desenvolvem melhor com temperaturas entre 37 e 42°C

e onde estão presentes grande parte das bactérias geradoras de metano e, os termófilos que trabalham melhor com faixas entre 50 e 60°C.

Outro fator limitante ao desenvolvimento dos microrganismos anaeróbicos é o pH, uma vez que as bactérias que fazem parte do processo de digestão anaeróbia são muito sensíveis à variações de pH, e este ainda pode afetar suas características originais, com a alteração de suas estruturas. Existem grupos distintos que possuem faixas de pH ótimo semelhantes, todavia, outros grupos possuem crescimento ótimo e degradação anaeróbia em faixas de pH específicos. Contudo, é necessário buscar uma faixa de pH adequada na qual proporcione o desenvolvimento da maioria dos microrganismos que fazem parte do processo (Resende, 2013).

De acordo com Mao e Ren (2015), o pH ideal para o processo de digestão anaeróbica tem sido descrito entre os valores de 6,8 a 7,4. No entanto, para Zhang e Tan (2014), destacam que cada processo da digestão anaeróbica existem microrganismos que se desenvolvem melhor em diferentes faixas de pH, como exemplo, para as bactérias de fermentação, esses valores estão entre 4,0 a 8,5, já para as bactérias metanogênicas o ideal está entre 6,5 a 7,2.

Outro fator que tem grande influência sobre a produção do biogás são os nutrientes presentes nos biodigestores. A quantidade de nutriente é um ponto de extrema importância na produção de biogás, pois estes têm papel fundamental para os microrganismos que fazem parte dos processos microbiológicos, uma vez que estes, em certas quantidades, fornecem energia para os microrganismos realizarem seu metabolismo.

Reis (2012) esclarece que a quantidade de energia para que ocorra a síntese dos substratos determina a relação desses nutrientes em relação à matéria orgânica. Essa quantidade de nutrientes pode influenciar diretamente na ação das bactérias metanogênicas, sendo que a mínima deve ser superior à quantidade ótima necessária para que não ocorra a inibição da atividade bacteriana. No entanto, nutrientes em excesso também pode vir tornar o ambiente tóxico (Gonçalves, 2018).

É importante também o controle de outros fatores que possam prejudicar o desenvolvimento das bactérias, como idade do resíduo, presença de agentes inibidores, o tamanho das partículas e ausência de oxigênio (Zohorovic et al., 2016).

Na produção de biogás, como visto anteriormente, devem ser levados em consideração alguns fatores, dentre eles, o tempo de retenção hidráulica (TRH), pois a eficiência dessa produção depende diretamente desse fator.

De acordo Orrico Junior et al. (2010b), o período em que ocorre a digestão da mistura contida no biodigestor é chamada de tempo de retenção hidráulica, no qual a produção de biogás chega no seu nível máximo, e que define o ponto onde o biogás tem sua melhor qualidade no processo de digestão anaeróbia.

Para Costa (2009), o TRH é o tempo necessário em que o substrato permanece no biodigestor para que o processo de biodigestão seja realizado adequadamente. Silva e Abud (2014), afirmam que um TRH longo pode significar uma baixa conversão do material orgânico, tendo como consequência uma redução na eficiência do biodigestor, que também dependerá da utilização do inóculo e do substrato.

A inoculação é a utilização de parte de um material que passou anteriormente pelo processo de retenção hidráulica, mas que ainda proporciona ao próximo substrato uma quantidade maior de microrganismos característicos da biodigestão anaeróbia (Xavier e Lucas Junior, 2010).

Ao adicionar o inóculo, a estabilização da matéria orgânica ocorre mais rapidamente devido a uma grande população microbiana que causa boa relação entre carbono e nitrogênio (C/N), e facilitam o acesso ao substrato, fazendo com que as bactérias realizem sua degradação, contribuindo assim, para a formação do metano (Santos, 2012).

Já os substratos, influenciam na composição, quantidade e processo de formação do biogás (Diekmann e Rosenthal, 2014; Souza, 2010). Segundo Tonissi et al. (2011), o tamanho da partícula que compõe o substrato influencia diretamente na atividade microbiana, pois partículas menores facilitam a ação dos microrganismos, o que contribui para o processo de degradação da matéria orgânica. Para Appels et al. (2011), podem ser utilizados para a produção de biogás, substratos como resíduos urbanos, dejetos, resíduos agrícolas, entre outros.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **Localização e período experimental**

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, localizado no município de Chapadinha, MA. O período experimental compreendeu aos meses de maio a junho de 2018.

#### **Biodigestores experimentais de batelada**

Foram utilizados 12 protótipos de biodigestores experimentais em batelada, confeccionados de bombonas em polietileno de alta densidade e alto peso molecular (PEAD) de cor azul, tampa fixa, autolacre, modelo NTF 15, alça fixa, com capacidade de 50 litros, acoplados com válvula de gás P13 de latão ½” – NPT Externa x 5/8 UNC interna, utilizado para produção de biogás em baixa escala.

#### **Substrato orgânico**

Esterco de bovino foi utilizado como substrato orgânico, previamente diluído em água, na proporção de 1:1, sendo a mistura homogeneizada, utilizando uma caixa d'água de polietileno, mantida a mistura em repouso por 12 horas. Após esse período, os protótipos de biodigestores foram abastecidos em batelada, ou seja, acondicionou-se o substrato (mistura de água e esterco de bovino) e o inoculante (biomassa ruminal), denominado como afluente, no biodigestor, apenas no início do experimento e preenchidos até 80% da capacidade total de armazenamento. O tempo de retenção hidráulica foi de 35 dias.

Os biodigestores foram monitorados em um intervalo de dois dias (14:00 e 18:00 horas) para averiguar quanto a possíveis vazamentos e homogeneizar os substratos orgânicos e simular os movimentos ruminais, com o objetivo de permitir as condições mínimas necessárias para a fermentação anaeróbica e produção de gases.

#### **Grupos genéticos de ovinos, manejo dos animais e dietas**

Os animais constituíram de dois grupos genéticos das raças Rabo Largo e Santa Inês, mantidos em confinamento durante 53 dias. No sistema de confinamento foram utilizadas 40 baias individuais e, para cada dieta foram utilizados 10 ovinos, sendo a alimentação

oferecida uma vez ao dia, composta com duas dietas caracterizadas como alto e baixo concentrado, com proporções de 70% e 30%, respectivamente. A fonte de volumoso foi o feno Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e o concentrado formulado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo e mistura mineral.

As composições percentuais dos ingredientes e química das dietas utilizadas na alimentação animal durante o período de confinamento são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1** - Composição percentual e química das dietas (% da MS)

Ingredientes	Dietas	
	Alto Concentrado	Baixo Concentrado
Feno de Tifton – 85	30	70
Milho em grão moído	54,30	14,20
Farelo de Soja	10,0	10,0
Farelo de Trigo	4,10	4,10
Calcário	0,90	0,90
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,80	0,80
Composição Química		
Matéria Seca	94,06	92,22
Proteína Bruta	12,71	10,71
Fibra em Detergente Ácido	22,87	35,41
Fibra em Detergente Neutro	39,61	63,86
Extrato Etéreo	4,37	2,66

<sup>1</sup> Composição: Ca 13,4%, P 7,5%, Mg 1%, S 7%, Cl 21,8%, Na 14,5%, Mn 1100 mg/kg, Zn 4600 mg/kg, Cu 300 mg/kg, Co 40 mg/kg, I 55 mg/kg, Se 30 mg/kg.

### **Biomassa ruminal experimental**

Após o período de confinamento, os animais foram abatidos sob inspeção veterinária e em condições higiênicas e sanitárias e coletados todo conteúdo ruminal de acordo com os grupos genéticos e níveis de alimentação, formando uma amostra composta que foram homogeneizado, sendo este, o material que constituíram a biomassa ruminal, e conseqüentemente, os tratamentos experimentais. Após composição das amostras da biomassa ruminal, foram adicionadas 10% aos protótipos do biodigestor que já continham os substratos orgânicos previamente preparados.

## **Delineamento e tratamentos experimentais**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, e os tratamentos experimentais consistiram em inoculação de biomassa ruminal de diferentes grupos genéticos de ovinos que foram alimentados com os níveis de alimentação, compostos de quatro tratamentos e três repetições, perfazendo um total de 12 unidades experimentais, sendo:

T1 – Biomassa ruminal do grupo Rabo Largo, alimentados com 70% de concentrado (BRL-70);

T2 – Biomassa ruminal do grupo Rabo Largo, alimentados com 30% de concentrado (BRL-30);

T3 – Biomassa ruminal do grupo Santa Inês, alimentados com 70% de concentrado (BSI-70) e

T4 – Biomassa ruminal do grupo Santa Inês, alimentados com 30% de concentrado (BSI-30).

## **Variáveis analisadas**

Foram obtidas no período de cada sete dias, as variáveis físico-químicas: pH e temperatura, com o auxílio do uso do equipamento analítico e Medidor Multiparâmetro.

A pressão atmosférica (bar) do biogás, foi obtida através da utilização de um manômetro digital, e a quantidade de biogás (m<sup>3</sup>) produzida por tratamento, foi obtida através do gasômetro GLP/GNV – LAO G 0.6, sendo ambas leituras obtidas sempre no intervalo de 48 horas.

## **Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo as médias foram comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade. Todos os testes estatísticos propostos foram realizados com auxílio do software estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as variáveis em funções dos tratamentos são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2-** Valores médios de temperatura e pH em função dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Variáveis	
	Temperatura (°C)	pH
BRL-70	28,31 <sup>ns</sup>	6,50 <sup>ns</sup>
BRL-30	28,98 <sup>ns</sup>	6,94 <sup>ns</sup>
BSI-70	29,73 <sup>ns</sup>	6,70 <sup>ns</sup>
BSI-30	28,92 <sup>ns</sup>	6,88 <sup>ns</sup>
Média	28,99	6,76
CV (%)	6,20	5,80
P>F	0,8149	0,5519

ns= não significativo a 5% de probabilidade.

### Temperatura

Não houve efeito significativo dos tratamentos para a variável temperatura. A temperatura dos protótipos dos biodigestores do presente trabalho se encontra na faixa mesofílica, que varia de 20°C a 40°C, com isso, as médias obtidas para essa variável, demonstram que o ambiente anaeróbico foi favorecido no processo de digestão da matéria orgânica e crescimento de microrganismos anaeróbicos, principalmente aquelas produtoras de metano, pois, além da ausência de oxigênio, é fundamental manter estabilidade na temperatura, já que as bactérias metanogênicas são sensíveis as variações da temperatura.

De acordo com Suryawanshi et al., (2010) esta é a faixa adequada para a produção de biogás, pois é nela que estão presentes as bactérias geradoras de metano, e o que provavelmente favoreceu a produção de biogás, pois a temperatura se manteve no decorrer do experimento com média de 28,9°C. Kumar et al., (2013) também reportam da importância da temperatura no desempenho da digestão anaeróbia por estar diretamente ligado ao processo metabólico bacteriano. Entretanto, todas as bactérias são resistentes a mudanças rápidas de temperatura de até duas horas, sendo capazes de reestabelecer a produção de gás quando a temperatura se normaliza. Em pesquisa realizadas por Gunnerson e Stuckey (1986), os autores

relatam duas regiões ótimas da biodigestão, a 35°C na faixa mesofílica, que varia de 20 a 40°C, e 55°C na faixa termofílica, que varia de 40 a 60°C.

## **pH**

De acordo com os dados obtidos, os tratamentos experimentais não influenciaram estatisticamente na variável pH. Observa-se que o valor médio foi de 6.76, próximo da neutralidade. Sendo assim, esses resultados demonstram que a fermentação anaeróbica foi favorecida independente da biomassa ruminal utilizada nos tratamentos. Valores de pH próximo da neutralidade favorecem o crescimento microbiano, degradação da matéria orgânica, a produção de biogás favorecendo principalmente as bactérias produtoras de metano. O metabolismo dos microrganismos é afetado quando o pH é ácido, bem como estiver na faixa da alcalinidade, pois os extremos diminuem a metanogênese, inibindo a produção de metano.

Esses resultados são corroborados aos apresentados por Quadros et al., (2010) e Sanchez-Hernandez et al., (2013) onde relataram que a faixa entre 6,0 e 8,0 são consideradas faixas ideais para o desenvolvimento de microrganismos, sendo o valor 7,0 a faixa considerada ideal. Segundo Ferreira (2015) a formação do metano ocorre em um intervalo de pH relativamente estreito, de aproximadamente 6,5 a 8,5 com uma faixa ótima entre 7,0 e 8,0. Weiland (2010) relatou que o processo é severamente inibido se o pH decresce para valores inferiores a 6,0 ou incrementa acima de 8,5. Todavia, quando o pH diminui, a produção de ácidos orgânicos leva a uma futura redução do pH pelas bactérias hidrolíticas e pode causar a interrupção do processo de fermentação (Deublein e Steinjauser, 2008; Ferreira, 2015).

As médias obtidas para as variáveis de pressão atmosférica e produção do biogás são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3** - Valores médios de pressão e produção de biogás em função dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Variáveis	
	Pressão (bar)	Produção (m <sup>3</sup> )
BRL-70	0,09 <sup>ns</sup>	4,23 <sup>ns</sup>
BRL-30	0,02 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>
BSI-70	0,15 <sup>ns</sup>	7,14 <sup>ns</sup>
BSI-30	0,22 <sup>ns</sup>	10,32 <sup>ns</sup>
Média	0,12	5,89
CV (%)	154,75	138,87
P>F	0,5990	0,6341

ns= não significativo a 5% de probabilidade.

### **Pressão atmosférica do biogás**

A inoculação da biomassa ruminal dos diferentes grupos genéticos de ovinos, não influenciaram estatisticamente na pressão do biogás. Como no presente estudo foi utilizado um protótipo de biodigestor, o monitoramento da pressão foi realizado para melhorar a operacionalização e a eficiência do equipamento, além de analisar se os diferentes inóculos utilizados influenciaram ou não nessa variável, já que a pressão do biogás é baixa, além de não ser constante, devido aos baixos conteúdos de energia devido à diluição com vários gases não-combustíveis (Ross et al., 1996). Essas características da pressão do biogás é o que possibilita sua utilidade como fonte de energia sustentável.

### **Produção de biogás**

Quanto a variável produção de biogás, não se observou efeito significativo em decorrência dos tratamentos experimentais. Conseqüentemente, a biomassa ruminal dos distintos grupos genéticos de ovinos não influenciaram na produção de biogás. Há de ressaltar que os resultados obtidos para as variáveis temperatura e pH, da presente pesquisa foram consideradas satisfatórias, com valores na faixa ideal dos apontados na literatura científica, e isso, se refletiram na produção, na qual obteve média de 5.89 m<sup>3</sup> de biogás. Segundo Lucas Junior e Santos (2000) os dejetos de ruminantes, sofrem um pré-tratamento no trato digestivo dos animais, que são verdadeiras câmaras naturais de fermentação onde se desenvolvem

harmonicamente os microrganismos da biodigestão anaeróbia, portanto, ao se colocar estes resíduos em um biodigestor, em pouco tempo haverá produção de biogás.

Otoboni et al., (2016) ao analisar a associação de dejetos e resíduos vegetais para realizar testes de produção e quantificar o biogás, utilizando biodigestores pilotos abastecidos com resíduos vegetais com proporção de 10% em relação aos dejetos de equinos, ovinos e suínos, respectivamente, observaram que o volume de produção de biogás obtido com dejetos de equino foi 50% maior com relação ao volume obtido com dejetos de ovinos, porém não obtiveram produção de biogás com o dejetos suíno, nos quais os valores médios de produção de biogás obtidos com dejetos de equino, ovino e suíno foram 0,032m<sup>3</sup>, 0,016m<sup>3</sup> e 0,0m<sup>3</sup>, respectivamente. Os valores obtidos pelos autores demonstraram que a adição de 10% de resíduos vegetais junto ao dejetos de equino favoreceu a produção de biogás. É importante ressaltar que os valores obtidos pelos autores foram inferiores quando comparados com os valores obtidos na presente pesquisa.

Já Amorim et al., (2011) analisando o efeito da idade e diferentes níveis de concentrados na alimentação de caprinos, observou que a produção de biogás foi significativa quando utilizados substratos que continham fezes de cabritos com a dieta com nível de relação volumo:concentrado 40:60 em comparação às produções nos substratos com dieta com relação que continham relação volumoso:concentrado 60:40 e 80:20, respectivamente. Observaram ainda que a idade também afetou a produção de biogás, obtendo maior produção com caprinos mais velhos.

Orrico et al., (2016) ao avaliarem a codigestão dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte, por meio das produções específicas de biogás, obtiveram melhores médias nas doses entre 4,4 e 6,5%, com conseqüente aumento nas produções de biogás e as reduções de sólidos. Em outra pesquisa realizada por Orrico Júnior et al., (2010c) ao trabalharem com os dejetos de suínos que foram alimentados à base de sorgo, os autores, observaram que ocorreram efeitos significativos na produção de biogás e metano.

Há de ressaltar que a produção de biogás, bem como sua composição, depende da eficiência do processo de digestão anaeróbica, influenciado por diversos fatores como carga orgânica, relação carbono/nitrogênio, pH, pressão e temperatura durante a fermentação, além de adição de fonte de inóculo ao dejetos, que interfere na população microbiana e no presente estudo, a inoculação de resíduo ruminal de ovinos favoreceu a produção de biogás.

## **5 CONCLUSÃO**

A inoculação da biomassa ruminal dos diferentes grupos genéticos de ovinos apresentaram condições favoráveis para a produção de biogás, demonstrando eficiência no processo de digestão anaeróbica.

## 6 REFERENCIAS

ABBASI, T.; et al. Biogas Energy. 1st ed. New York, USA: Springer, 2012.

AMORIM, A.C.O.; PREVIDELLI, M.A.O.J.; JUNIOR, J.L. Biodigestão anaeróbia dos dejetos de cabritos Saanen alimentados com dietas com diferentes proporções volumoso e concentrado: Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.2, p.448-453. 2011.

APPELS, L.; LAUWERS, J.; DEGREVE, J.; HELSEN, L.; LIEVENS, B.; WILLEMS, K.; VAN IMPE, J.; DEWIL, R. Anaerobic digestion in global bio-energy production: Potential and research challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.15, p. 4295– 4301, 2011.

CENBIO. Centro Nacional de Referência em Biomassa, Fontes de biomassa. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/fontes.htm>. Acesso em: 02 jan. 2019.

COSTA, L.V.C.da. Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos: produção de biogás e qualidade do biofertilizante. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Botucatu, 2009. 89 f. Dissertação Mestrado.

COSTA, R.J.R.da. Produção e aplicação de biogas. Coimbra: Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Politecnico de Coimbra, Portugal, 2011. 155 f. Dissertação Mestrado.

DIEKMANN, B.; ROSENTHAL, E. Energie - Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung. 3. ed. Wiesbaden: Springer, 2014. 514p.

DEUBLEIN, D. (Ed); STENINJAUSER, A (Ed). Biogas from Waste and Renewable Resources - An Introduction. Weinheim: Wiley-VCH, 2008. 450 p.

EL-MASHAD, H.M.; ZHANG, R. Biogas production from co-digestão of dairy manure and food waste. Bioresource Technology, New York, v.101, p. 4021- 4028, 2010.

FERNANDES, D.M. Eficiência da Biodigestão Anaeróbia no Manejo da Biomassa Residual na Unidade Granja Colombari Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011. 82 f. Monografia

FARIA, R.A.P. Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto: Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Cascavel/PR. 2012. 76 f. Dissertação Mestrado

FERREIRA, C.F. Avaliação da influência da alimentação de biodigestores na produção flexível de biogás. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2015. 80p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. Ciência e agrotecnologia, 35(6), 1039-1042, 2011.

GONÇALVES, C.D.C. Modelação do processo de digestão anaeróbia da forsu à escala industrial. Técnico Lisboa, 2012. Dissertação Mestrado

GONÇALVES, M. N. Os efeitos da temperatura na produção de biogás em biodigestores. Uberlândia: UFU, 2018. Dissertação Mestrado

GUNNERSON, C.G.; STUCKEY, D.C. Anaerobic digestion: principles and practices for biogas systems. World Bank technical paper. International Bank for Reconstruction and Development, Washington, DC (USA), 1986.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal. V.38, 2010. Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf). Acesso em 8 de março de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil em síntese, Maranhão, Pesquisa, Pecuária, Caprino, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pesquisa/18/16536>. Acesso em 9 maio de 2019.

IBGE – Produção da pecuária municipal, 2017. Rio de Janeiro: IBGE, v.45, p.1-8,2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de pesquisa, Coordenação da Agropecuária. Pesquisa da Agropecuária municipal, 2017.

KARAGIANNIDIS, A. Waste to Energy: opportunities and challenges for developing and transition economies. 1st ed., London: Springer. 2012.

KUMAR, K.V.; SRIDEVI, V.; RANI, K.; SAKUNTHALA, M.; & KUMAR, C. S. A review on production of biogas, fundamentals, applications & its recent enhancing techniques. *Elixir Chem Engg*, 57, 14073-14079. 2013.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: Simpósio sobre resíduos da produção avícola, 2000, Concórdia. Anais... Concórdia: CNPSA, 2000. p. 27-43.

MAO, C.; REN, G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 45, p. 540-555, 2015.

MARTINS, E.C.; ALBURQUERQUE, F.H.M.R. de.; OLIVEIRA, L.S. Sistemas custos de produção de ovinos de corte na agricultura familiar no Ceará, 2012. In: Guiducci, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. (Eds.) Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de casos. Embrapa. Brasília. pp.117-149.

MATA–ALVAREZ, J.; ASTALS, S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 36, p.412-427, 2014.

MAYER, M. C. Estudo da influência de diferentes inóculos no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2013. 70 f. Dissertação Mestrado

MENDONÇA, E. F. Tratamento anaeróbio de efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2009. 62 f. Dissertação Mestrado

MOLINO A.; NANNA, F.; DING, Y.; BIKSON, B.; BRACCIO, G. BIOMETHANE production by anaerobic digestion of organic waste. *Fuel*, 2012, v.103, pp 1003-1009, ISSN 0016-2361. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.07.070>>. Acesso em: 20 mar.2019, 14:20.

MOREIRA JUNIOR, D.P.; SILVA, C.M.; BUENO, C.; CORRÊA, S.M., ARBILLA, G. Determinação de gases do efeito estufa em cinco capitais de diferentes Biomas brasileiros. *Revista Virtual de Química*, v. 9, p. 2032-2051, 2017.

NETO, E.D.D.; ALVARENGA, L.H.; COSTA, L.M. de.; Nascimento, P.H.; SILVEIRA, R.Z.; MELO LITE, L.H. Implementação e Avaliação de um Biodigestor de Produção Descontínua. *Revista eletrônica E-xacta*, v.3, n.2, 2010.

ORRICO, A.C., LOPES, W.R., MANARELLI, D.M., ORRICO JUNIOR, M.A., & SUNADA, N.D.S. Codigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte. *Engenharia Agrícola*, 36(3), 537-545. 2016.

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JUNIOR, J.de.; SAMPAIO, A. A.M.; FERNANDES, A.R.M.; OLIVEIRA, E.A. Biodigestão Anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1533-1538, 2010a

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JUNIOR, J.de. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.386-394, 2010b

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; ORRICO A.C.A.; LUCAS JUNIOR, J. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. *Revista Engenharia Agrícola*, 30(4), 600 -607, 2010c.

OTOBONI, A.M.M.B., XAVIER, D.O., GIANNONI, J.A., TRAVAGLINI, M., NUNES, M.M., JORGE, P.S., ... & MOREIRA, J. P. Biodigestão anaeróbia: Associação de dejetos animais e resíduos vegetais. *Revista Unimar Ciências*, 25(1-2). 14-19, 2016.

PATERSON, M. Guide to Biogas. From production to use. 5 th, Gülzow de 2010. Published by the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) with support of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection. German Federal Parliament. Disponível em:[http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide\\_biogas\\_engl\\_2012.pdf](http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf). Acesso em 10 fev. 2019.

QUADROS, D.G., OLIVER, A.D.P., REGIS, U., VALLADARES, R., SOUZA, P.H.F.de, FERREIRA, E.D.J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 14, n. 3, p. 326-332, 2010.

REIS, A. dos. S. Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio. Caruaru: UFPE, 2012. Dissertação Mestrado

RESENDE, J. A. Avaliação da diversidade microbiana e do risco clínico-microbiológico de sistemas de biorreatores para a produção de biogás e biofertilizante a partir dejetos da pecuária leiteira. Juiz de Fora: UFJF, 2013. Tese Doutorado

ROSS, C. C., DRAKE, T. J., & WALSH, J. L. (1996). The handbook of biogas utilization. Environmental Treatment Systems Incorporated.

SANTOS, A. C. Estimativa da geração de metano no aterro Sanitário Metropolitano. Salvador: UFBA, 2012. Dissertação Mestrado

SILVA, P.C.G.da.; GUIMARÃES FILHO, C. 2006. Eixo tecnológico da ecorregião Nordeste. In: Sousa, I. S. F. de. (Ed.). Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. pp. 109161.

SILVA, C.E.F.; ABUD, A.K.S. Acompanhamento do tempo de retenção hidráulica na biodigestão de vinhaça e utilização de seu biofertilizante em sementes de feijão. Scientia Plena, v.10, n.7, 2014.

SOTTI, G. de. Biogás de digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos de restaurante universitário com efluente sanitário. Londrina: UTFPR, 2014. Monografia

SOUZA, J.de. Desenvolvimento de tecnologias para a compressão de biogás. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 82 p. Dissertação Mestrado

SANCHEZ-HERNANDES, E.P., Weiland, P., Borja, R. The effect of biogas sparging on cow manure characteristics and its subsequent anaerobic biodegradation. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 83, p. 10-16, 2013.

SURYAWANSHI, P.C., CHAUDHARI, A.B.; KOTHARI, R.M. Mesophilic anaerobic digestion: first option for waste treatment in tropical regions. Critical reviews in biotechnology, v. 30, n. 4, p. 259-282, 2010.

TONISSI, R. H.; GOES, B.; SOUZA, K.A.; NOGUEIRA, K.A.G.; PEREIRA, D.F.de.; OLIVEIRA, E.R.; BRABES, K.C.S.da. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. Revista Acta Scientiarum, Animal Sciences, v.33, p.373-378, 2011.

VIANA, J.G.A. & SILVEIRA, V.C.P. Análise econômica da ovinocultura: estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v.39, pp.1176-1181, 2009.

VIEIRA, G.E.G.; CAMPOS, C.E.A.; TEIXEIRA, L.F.; COLEN, A.G.N. Produção de biogás em áreas de aterro sanitários. *Revista Liberato*, v.16, p.101-220, 2015.

VILPOUX, O.F.; YOSHIHARA, P.H.F.; PISTORI, H.; ITAVO, L.C.V.; CEREDA, M.P. Criação de ovinos com ração a base de mandioca integral com tecnologia apropriada para agricultura familiar. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v.9, p. 211-235, 2013.

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. Springer, *Applied Microbiology Biotechnology*, n. 85, p. 849–860, 2010.

XAVIER, C.A.N.; LUCAS JUNIOR, J.de. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 30, p.212 -223, 2010.

ZHANG, C.; TAN, T. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.38, p.383–392, 2014.

ZIGANSHIN, A.M.; LIEBETRAU, J.; PROTER, J.; KLEINSTEUBER, S. Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials. *Bioenergy and Biofuels Applied Microbiology and Biotechnology*, v.97, p.5161-5174, 2013.

ZOHOROVIC, M.; ANDREJAS, F.; VEDRAN, S.; SELIMBASIC, V.; DJOZIC, A.; SALKIC, M. Defining Key Parameters to Control the Anaerobic Digestion of Organic Matter. 4th International Symposium on Environmental Management. Croatia, 2016.