



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA - CCCh**  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE  
DIFERENTES ANIMAIS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO**

**ELVES VIEIRA CARNEIRO**

**CHAPADINHA - MA**

**2023**

ELVES VIEIRA CARNEIRO

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE  
DIFERENTES ANIMAIS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Jocélio dos Santos Araújo

CHAPADINHA – MA

2023

Ficha gerada por meio por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Carneiro, Elves Vieira.

Potencial de produção de biogás a partir de dejetos de diferentes animais de interesse zootécnico / Elves Vieira Carneiro. - 2023.

17 p.

Orientador(a): Jocélio dos Santos Araújo.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha - MA, 2023.

1. Agroenergia. 2. Biodigestão anaeróbica. 3. Estercos de animais. I. Santos Araújo, Jocélio dos. II. Título.

ELVES VIEIRA CARNEIRO

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE  
DIFERENTES ANIMAIS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Aprovado em: 09 / 12 / 2023

Comissão examinadora

---

Prof. Dr. Jocélio dos Santos Araújo  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

---

Eng. Agrícola Edna Mendes Fortes  
Europa Agrícola Ltda

---

Eng. Agrícola Ismael dos Santos Cabral  
Insolo Agroindustrial

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente, a meus pais Edivaldo e Maria Jose que me apoiaram e deram seu melhor para que eu alcançasse essa conquista, à minha esposa Ruth que me apoiou e me deu força quando precisei, à Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (CCEA/UFMA), pela minha formação como Engenheiro. Ao meu orientador, Prof. Dr. Jocélio dos Santos Araújo, por me orientar e acreditar no meu potencial. A todos meus professores de graduação por compartilharem seu conhecimento durante essa jornada.

## RESUMO

O aproveitamento de resíduos das atividades agropecuárias, principalmente daqueles provenientes da criação de animais domésticos, têm apresentado potencial para a produção de bioenergia, em decorrência do aumento do rebanho brasileiro, e conseqüentemente a elevada produção de esterco produzidos por esses animais, o qual não possui um destino final adequado podendo causar contaminação aos mananciais, ao solo e ao ar, com possíveis conseqüências a saúde humana, a partir de então, objetivou-se avaliar a produção de biogás a partir de estercos de diferentes espécies de animais de interesse zootécnico. Foram utilizados biodigestores experimentais em batelada, fabricados com bombonas em polietileno de alta densidade, com capacidade volumétrica de armazenamento de 20 litros. Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com três tratamentos e cinco repetições, perfazendo o total de 15 unidades experimentais. As biomassas que constituíram os tratamentos experimentais foram obtidas de diferentes estercos das espécies de bovinos, equinos e ovinos, para a obtenção das variáveis resposta: temperatura, pH e produção de biogás. Não foram observados efeitos significativos sobre nenhuma das variáveis analisadas, porém as médias dos resultados obtidos foram consideradas adequadas para favorecer o crescimento de microrganismos metanogênicos favorecendo o processo de biodigestão anaeróbica, constituindo-se em fontes de energias alternativas. As biomassas de estercos de bovino, equino e ovinos apresentam potenciais para a produção de biogás.

**Palavras-chave:** Agroenergia. Biodigestão anaeróbica. Estercos de animais.

## **Abstract**

The use of residues from agricultural activities, especially those resulting from the raising of domestic animals, has shown potential to produce bioenergy, due to the increase in the Brazilian herd, and consequently the high production of manure produced by these animals. animals, which does not have an adequate destination and can cause contamination of water sources, soil and air, with possible consequences for human health. From then on, the objective was to evaluate the production of biogas from manure from different species of animals of zootechnical interest. Experimental batch biodigesters were used, manufactured with high-density polyethylene drums, with a volumetric storage capacity of 20 liters. A completely randomized design was used, with three treatments and five replications, totaling 15 experimental units. The biomasses that constituted the experimental treatments were obtained from different manures from cattle, horse, and sheep species, to obtain the response variables: temperature, pH and biogas production. No significant effects were observed on any of the variables analyzed, however the average results obtained were considered adequate to favor the growth of methanogenic microorganisms, favoring the anaerobic biodigestion process, constituting alternative energy sources. Biomasses from cattle, equine and sheep manure have potential for biogas production.

**Keyword:** Agroenergy. Anaerobic biodigestion. Animal manure

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Objetivo geral.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Objetivo específico .....</b>	<b>2</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>3.1. Biomassa .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2. Produção de resíduos no Brasil.....</b>	<b>4</b>
<b>3.3. Biogás .....</b>	<b>6</b>
<b>3.4. Produção de biogás.....</b>	<b>6</b>
<b>3.4.1. Hidrólise .....</b>	<b>7</b>
<b>3.4.2. Acidogênese .....</b>	<b>7</b>
<b>3.4.3. Acetogênese .....</b>	<b>7</b>
<b>3.4.4. Metanogênese .....</b>	<b>7</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>14</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios de temperatura, pH e produção de biogás das biomassas experimentais.....	12
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas da produção do biogás.....	06
Figura 2. Modelos dos prototipos de biodigestores.....	09
Figura 3. Biomassa de esterco de bovinos (BBov).....	10
Figura 4. Biomassa de esterco de equino (BEqui).....	10
Figura 5. Biomassa de ovino (BOvi).....	10

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do aumento de resíduos sólidos ter aumentado consideravelmente nos últimos anos, o que outrora era enorme preocupação, passou a ser passivo ambiental com possibilidade de fazer uso energético sustentável.

De acordo com Goldemberg (2009), a fração da biomassa usada em diferentes regiões do mundo varia muito, desde 2% nos países da OCDE até 60% em certas regiões da África, porém com potencial de crescimento. Neste cenário, o Brasil se destaca como um grande gerador de biomassa oriunda das mais diversas atividades econômicas, entre elas a agropecuária. O Brasil com sua pujante agropecuária, tem alto potencial de aproveitamento dos resíduos agropecuários na produção de biogás e, conseqüentemente, alto potencial de geração de energia (Milanez et al., 2021).

A atividade agrícola tem gerado uma quantidade significativa de resíduos sólidos, que constituem numa fração orgânica com potencial de uso na biodigestão resultando em biogás e biofertilizantes. Segundo o IEA (2020), a utilização de resíduos como matérias-primas evita os problemas de utilização dos solos associados às culturas energéticas. As culturas energéticas também requerem fertilizantes (normalmente produzidos a partir de combustíveis fósseis), que devem ser tidos em conta ao avaliar as emissões ao longo do ciclo de vida das diferentes vias de produção de biogás. Usar resíduos e resíduos como matéria-prima pode capturar metano que, de outra forma, poderia escapar para a atmosfera à medida que se decompõem. De acordo com Abreu (2014), quando se avalia um projeto de produção de biogás, a composição do material a ser digerido é um dos fatores mais importantes a ser levado em consideração, principalmente quanto à fração orgânica do composto, pois servirá como fonte nutricional para ocorrência dos processos biológicos de decomposição.

Segundo IEA (2020), existem muitos caminhos diferentes para a produção de biogás, envolvendo diferentes matérias-primas e tecnologias de biogás. O estrume animal, por exemplo, é a matéria-prima mais comum, mas o rendimento da produção de biogás é significativamente inferior ao que poderia ser obtido a partir de resíduos de culturas. Além da produtividade, há variação no custo e no esforço necessário para a coleta de diferentes volumes de matéria-prima

Destaca-se também, que a economia potencial de emissões de gases de efeito estufa (GEE), devido à produção de biogás a partir de esterco animal pode atingir anualmente 55.745,1 toneladas de equivalentes de dióxido de carbono, incluindo tanto a substituição de combustíveis fósseis quanto o manejo adequado do esterco animal. Estudos realizados por Soares e Feinden

(2019); Gomes e Silva (2018), relataram incremento na produção de biogás com benefícios ambientais utilizando dejetos de bovinos leiteiros, de corte, suínos e galinha poedeiras.

Na última década, o desenvolvimento de uma sociedade de baixo carbono e sustentável, tem recebido enorme atenção política e acadêmica, pois representa uma solução desejável para as mudanças climáticas, a segurança energética e o crescimento econômico (Cavicchi, 2016).

Aliado a essa necessidade, o biogás surge como uma opção viável para tais propósitos. A produção de biogás através da tecnologia de digestão anaeróbica avançou ao longo dos anos, consistindo em um processo microbiológico, que na ausência de oxigênio, proporciona interações enzimáticas e metabólicas sobre compostos orgânicos (biomassa residual) que convertem em matéria estabilizada, principalmente água, biofertilizante e em um conjunto de gases conhecido como biogás, dos quais o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) é majoritário e lhe confere características combustíveis (Angelidaki et al., 2009; Pitk et al., 2013).

Nesse contexto, observa-se que é imprescindível o desenvolvimento de tecnologias que mitiguem os impactos negativos da geração de resíduos oriundos da atividade agropecuária. Sendo assim, o reaproveitamento de resíduos orgânicos de origem animal constitui uma dessas alternativas, pois, na maioria das propriedades rurais os dejetos não passam por tratamentos adequados, desperdiçando um valioso potencial de geração de energia limpa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o potencial de produção de biogás a partir de dejetos de diferentes animais de interesse zootécnico

### **2.2 Objetivo específico**

Avaliar a temperatura e o pH das biomassas de esterco de diferentes animais domésticos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Biomassa

Em linhas gerais, o termo biomassa é utilizado para denominar o grupo de produtos energéticos e matérias-primas renováveis, originados a partir da matéria orgânica formada por via biológica. Do ponto de vista energético, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizado para produção de energia. A principal fonte para geração de energia da biomassa está nos resíduos, principalmente nos de origem vegetal. Por meio da biomassa é possível se obter diversas formas de energia. Os seus principais usos como insumo energético são: produção de biocombustíveis sólidos para geração de energia térmica (carvão e resíduos agroflorestais), biocombustíveis líquidos (álcool combustível e biodiesel utilizados em motores a combustão) e geração de energia elétrica (combustão direta, gaseificação, queima de gases, entre outras tecnologias (Marafon et al., 2016).

A energia do biogás da degradação anaeróbica em aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto, e terrenos de tratamento de estrume é considerada uma opção de baixo custo, uma vez que pode se beneficiar de créditos de carbono disponíveis através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Essa forma de energia de biomassa não só substitui a combustão de combustíveis fósseis, mas reduz as emissões de metano, um gás de efeito-estufa mais potente do que o dióxido de carbono (Goldemberg, 2009).

O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio de diversas formas, desde combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, (corte/quebra etc.), processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação) (IEE- USP, 2019).

Os diversos subprodutos das atividades agrícolas, agropecuárias, agroindustriais e urbanas, tais como cascas e outros resíduos lignocelulósicos, podem ser utilizados como combustíveis. O potencial disponível nestes resíduos nem sempre é bem conhecido, porém corresponde a volumes significativos de energia subaproveitada. Um aspecto essencial relacionado à utilização energética dos resíduos, sobretudo dos restos de lavoura e esterco de animais criados extensivamente, é sua dispersão, que acarreta dificuldades de coleta e transporte. Por outro lado, muitas vezes os resíduos constituem um problema de caráter

ambiental e sua disposição final é de difícil solução, sendo o uso energético uma saída oportuna e viável, já que reduz seu volume e seu potencial contaminante (Nogueira et al., 2003).

Segundo SINIR (2023) (Sistema nacional de informações sobre a gestão de resíduos sólidos) os resíduos agrossilvopastoris (RASP) são aqueles gerados nas atividades agropecuárias (ex.: palhada de milho, casca de arroz) e silviculturais (ex.: serragem, maravalha, resíduos de serraria), incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades (como embalagens de fertilizantes e de agrotóxicos). Também são consideradas agrossilvopastoris os resíduos das agroindústrias associadas a estas atividades, como os das usinas de açúcar e álcool, indústrias de sucos, abatedouros e indústria de papel e celulose.

### **3.2. Produção de resíduos no Brasil**

O País produz diariamente mais de 170 mil toneladas de resíduos sólidos, o que corresponde a 63 milhões de toneladas de resíduos por ano, entre entulho, plástico, papel, vidro e matéria orgânica, que representam mais da metade dos resíduos produzidos. Esses números colocam o Brasil na quinta posição mundial entre os maiores produtores de resíduos, atrás dos Estados Unidos, China, União Europeia e Japão, (EMBRAPA, 2014).

A geração saiu de 66,7 milhões de toneladas em 2010 para 79,1 milhões em 2019, uma diferença de 12,4 milhões de toneladas. O mesmo estudo diz ainda que cada brasileiro produz, em média, 379,2 kg de lixo por ano, o que corresponde a mais de 1 kg por dia. As informações foram coletadas e publicadas pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Pires e Oliveira, 2021).

Apesar de a composição dos resíduos sólidos urbanos ser muito heterogênea no Brasil, as análises gravimétricas revelam frequência significativa da fração composta de materiais orgânicos (restos de alimentos, podas e outros putrescíveis), representando em média mais de 50% do total dos resíduos coletados (IBGE, 2010).

Até 2050, estima-se que 90% da população mundial viverão nos países em desenvolvimento, elevando a demanda global por energia e incentivando a busca por fontes energéticas alternativas. Trata-se de um cenário propício para o Brasil, pois a produção brasileira de biomassa agrícola tem sido crescente nos últimos anos, de modo que o país tem potencial para prover uma fonte sustentável e viável economicamente de energia (biomassa, serragem, briquetes e paletes de madeira) para utilização própria, ao mesmo tempo em que pode ajudar outros países a atingir suas metas de redução de gases de efeito estufa. O Brasil se destaca como um grande gerador de biomassa. A oferta mássica de biomassa em 2005 foi de 558

milhões de toneladas, com uma projeção de crescimento para 1402 milhões de toneladas em 2030 (Moraes et al., 2017).

O grande desafio global de combate à mudança climática está levando à adoção crescente de fontes de energia renovável. Além dos problemas ambientais, o predomínio dos combustíveis fósseis enfrenta, cada vez mais, obstáculos como a volatilidade de preços e a tendência de médio e longo prazos de diminuição na oferta. Nesse contexto, o biogás surge como uma das alternativas mais sustentáveis, apresentando tecnologia em estágio avançado de escalonamento industrial, (Milanez, 2018).

Segundo informações da Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), dentro de aproximadamente 20 anos cerca de 30% do consumo total de energia será a partir de fontes renováveis. Atualmente, as energias renováveis representam um pouco mais de 12% da matriz mundial, sendo que a biomassa total participa em 9,73%.

De acordo com Fernandes (2012), a produção de energia pela biomassa, poderá contribuir significativamente no suprimento da demanda futura de energia, bem como para diminuir a emissão de carbono na atmosfera e minimizar o problema de contaminação da água, no caso dos resíduos de criação animal.

A produção de biogás faz parte do ciclo global do carbono. Anualmente, a biodegradação natural de matéria orgânica em condições anaeróbicas libera entre 590 milhões e oitocentos milhões de toneladas de metano na atmosfera. Os sistemas de recuperação de biogás exploram esses processos bioquímicos para decompor vários tipos de biomassa, aproveitando o biogás liberado como fonte de energia. A atividade de pelo menos três comunidades bacterianas é necessária nas cadeias bioquímicas que liberam metano. Em primeiro lugar, durante a hidrólise, enzimas extracelulares degradam carboidratos complexos, lipídios e proteínas nas suas unidades constitutivas. A seguir, ocorre a fermentação, em que os produtos da hidrólise são convertidos em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono. Bactérias mediando tais reações exaurem o oxigênio residual no digestor, proporcionando condições adequadas para o processo final (metanogênese), no qual bactérias anaeróbicas controlam a produção de metano dos produtos da acidogênese. Os digestores anaeróbicos são desenvolvidos para operar em zonas de temperatura mesofílica (20° C-40° C) ou termofílica (acima de 40° C), (Bond e Templeton; 2011).

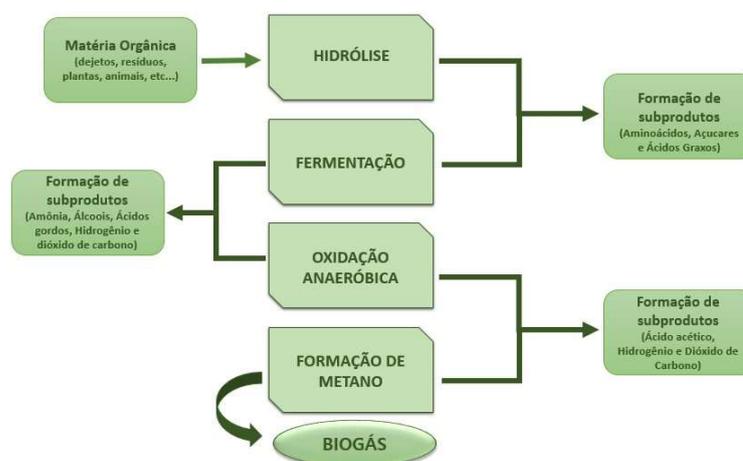
### 3.3. Biogás

O biogás tem a matéria-prima de sua produção nas biomassas (resíduos orgânicos), notadamente os resíduos sólidos urbanos e da produção agropecuária, aí compreendidos vinhaça, palha e bagaço de cana, caroço de algodão e dejetos de animais (bovinos, suínos, aves etc.). A produção do biogás, quando este deriva de atividades agropecuárias, é também um fator de segurança energética, pois diminui as dificuldades de atendimento da demanda por energia elétrica em áreas distantes, do meio rural (Milanez et al., 2021).

Os principais componentes do biogás são o gás metano (60% a 80% do biogás) e o gás carbônico. Quanto maior o teor de metano, mais puro é o biogás. O gás sulfídrico, também formado no processo de fermentação, é responsável pelo odor pútrido do gás e pode ocasionar corrosão nos componentes do sistema. A proporção dos gases na mistura se modifica de acordo com o manejo aplicado. A escolha de um biodigestor adequado é o principal fator para um desenvolvimento e processo apropriados, de modo que haja compatibilidade entre as características da biomassa utilizada e o biodigestor considerado (Delgrossi, 2023).

### 3.4. Produção de biogás

O biogás é obtido no processo de digestão anaeróbia que tradicionalmente é usado no tratamento de efluentes industriais, de lodo de esgoto e de dejetos animais (Hartmann e Ahring, 2005). No processo de digestão anaeróbia ocorre a degradação da matéria orgânica pela ação de diversos microrganismos na ausência de oxigênio livre. É um processo complexo e natural que pode ser dividido em quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Weiland, 2010). Na figura 1, está representado as etapas da produção do biogás.



**Figura 1.** Etapas da produção de biogás  
(Fonte/imagem: Infoescola.com)

### **3.4.1. Hidrólise**

Neste processo o material orgânico particulado é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular. É através das enzimas hidrolíticas que são excretadas por diversas espécies microbianas que degradam as proteínas formando aminoácidos. Os carboidratos transformam-se em açúcares e os lipídios são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa. (Foresti, 1999)

Na anaerobiose, a hidrólise dos polímeros usualmente ocorre de forma lenta, sendo vários os fatores que podem afetar o grau e a taxa em que o substrato é hidrolisado: temperatura operacional do reator; tempo de residência do substrato no reator; composição do substrato (teores de lignina, carboidrato, proteína e gordura); tamanho das partículas; pH do meio; concentração de  $\text{NH}_4^+$ ; concentração de produtos da hidrólise (ácidos graxos voláteis) (Lettinga, 1995).

### **3.4.2. Acidogênese**

As substâncias resultantes da etapa de hidrólise são fermentadas, gerando ácidos carboxílicos de cadeia curta, os chamados ácidos voláteis (fórmico, acético, propiônico, butírico e valérico). Nas condições prevalentes no meio racional (pH, temperatura) esses ácidos se apresentam na forma dissociada, sendo referidos como formiato, acetato, propionato entre outros (Sant'anna, 2013).

### **3.4.3. Acetogênese**

Essa é uma das etapas críticas do processo, sendo conduzida por um grupo de bactérias denominadas acetogênicas, as quais estabelecem relação de sintrofia com as arqueas metanogênicas e as bactérias homoacetogênicas. Nessa etapa os ácidos de maior cadeia são transformados em ácidos com apenas um ou dois átomos de carbono (formiato e acetato) com concomitante produção de hidrogênio. Como será visto mais adiante, a transferência de hidrogênio entre espécies é um fato essencial para que ocorra a conversão dos ácidos de maior cadeia a acetato e formiato (Sant'anna, 2013).

### **3.4.4. Metanogênese**

Durante a metanogênese na biodigestão anaeróbia, o ácido acético, o hidrogênio e dióxido de carbono são finalmente convertidos em metano e gás carbônico através da ação de microrganismos metanogênicos classificados no domínio das Archeas. As Archeas são divididas em dois grupos principais em função de sua fisiologia. Enquanto os microrganismos

metanogênicos hidrogenotróficos utilizam o hidrogênio e dióxido de carbono, os metanogênicos acetoclásticos utilizam basicamente o ácido acético e metanol para a geração de metano e gás carbônico (Araújo, 2017).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Tecnologias Sustentáveis e Agroenergia, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, durante o período de agosto de 2020 a julho de 2021. Localizado nas coordenadas latitude 3°44'10.1"S e longitude 43°19'07.2"W, com altitude de 105 m. O clima da região é tropical úmido (Selbach et al., 2008), classificado por Köppen como Aw, com totais pluviométricos anuais variando de 1.600 a 2.000 mm (Nogueira et al., 2012) e temperatura média anual superior a 27 °C (Passos et al., 2016).

Foram utilizados 15 protótipos de biodigestores experimentais em batelada, fabricados com bombonas em polietileno de alta densidade e alto peso molecular (PEAD/HDPE), com tampa removível e vedação interna em borracha, com anel externo de pressão tipo lacre da tampa, com capacidade volumétrica de armazenamento de 20 litros, acoplados com válvula de gás P13 de latão ½” – NPT Externa x 5/8 UNC interna, conforme descrito por (Araújo et al., 2019 a).

Na figura 2, são apresentados os modelos dos protótipos dos biodigestores utilizados no experimento.



**Figura 2.** Modelos dos prototipos de biodigestores

As biomassas foram constituídas de diferentes esterco de animais, de bovinos, equinos e ovinos, que foram previamente diluídas em água, em proporções de acordo com o teor de umidade. Posteriormente, a mistura foi homogeneizada de acordo com cada tipo de esterco, utilizando caixas d'água de polietileno. Nas figuras 3, 4 e 5 (fonte /imagens do autor), são apresentados os tipos de biomassa utilizadas no experimento.



**Figura 3.** Biomassa de esterco de bovinos (BBoV).



**Figura 4.** Biomassa de esterco de equinos (BEqui).



**Figura 5.** Biomassa de esterco de ovinos (BOvi).

Após essa etapa, os biodigestores foram abastecidos em batelada, ou seja, foram acondicionados a biomassa (mistura de água e esterco dos animais), nos reatores apenas no início do experimento e preenchidos até 80% da capacidade total de armazenamento.

Os biodigestores foram monitorados diariamente por 45 dias, às 08:00 e 17:00 horas, para averiguar quanto a possíveis vazamentos e homogeneizar os substratos orgânicos e agitação manual, com o objetivo de permitir as condições mínimas necessárias para a fermentação anaeróbica e produção de gases.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC), com três tratamentos e cinco repetições, perfazendo o total de 15 unidades experimentais.

Os tratamentos consistiram em biomassas de esterco de bovinos, equinos e ovinos, sendo:

T1 – Biomassa de esterco de bovinos (BBov);

T2 – Biomassa de esterco de equinos (BEqui) e

T3 – Biomassa de esterco de ovinos (BOvi).

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, e a quantidade de biogás ( $m^3$ ) produzida por tratamento, foi obtida através do gasômetro GLP/GNV – LAO G 0.6, sendo as leituras obtidas sempre no intervalo de sete dias.

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

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios obtidos para as variáveis temperatura, pH e produção de biogás em função dos tratamentos experimentais são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** – Valores médios de temperatura, pH e produção de biogás das biomassas experimentais

Variáveis	Tratamentos			Média	CV (%)	Rr>F
	BBov	BEqui	BOvi			
Temperatura (C°)	29,11 <sup>a</sup>	29,11 <sup>a</sup>	29,01 <sup>a</sup>	29,08	1,56	0,9111
pH	7,01 <sup>a</sup>	6,66 <sup>a</sup>	7,15 <sup>a</sup>	6,94	3,54	0,2350
Produção de Biogás (m <sup>3</sup> )	0,0010 <sup>a</sup>	0,0021 <sup>a</sup>	0,0014 <sup>a</sup>	0,0015	99,12	0,5187

BBov – Biomassa de esterco de bovinos; BEqui – Biomassa de esterco de equinos e BOvi – Biomassa de esterco de ovinos  
Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não foi observado efeito significativo dos diferentes tipos de biomassas experimentais (esterco de bovino, equino e ovino) nas variáveis analisadas, demonstrando que as biomassas estudadas proporcionaram condições normais de biodigestão anaeróbica.

Os valores médios de temperatura permaneceram entre os índices adequados, com média superior a 29°C, o que pode favorecer o desempenho das arqueas metanogênicas, microrganismos responsáveis pela produção de metano. Segundo Chernicharo (2007), a taxa de crescimento microbiano em temperaturas próximas à mínima é baixa, porém aumenta gradativamente com o acréscimo da temperatura, atingindo o máximo crescimento na faixa de temperatura ótima, e caindo bruscamente com um aumento de alguns poucos graus.

Quanto a variável pH, também não foi observado efeito significativos em função dos tratamentos experimentais, todavia, destaca-se que os valores médios obtidos para essa variável também são considerados adequados para uma boa biodigestão anaeróbica. Segundo Araújo et al. (2019 b) os 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.

Não foi observado efeito significativos dos tipos de biomassas composta por esterco de bovino, equino e ovinos sobre a 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 por Araújo et al. (2019 b), e isso, se refletiram na produção de biogás.

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 Araújo et al. (2019 b).

## **6. CONCLUSÃO**

As biomassas de esterco de bovino, equino e ovinos apresentam potenciais para a produção de biogás.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABREU, Fábio Viana. Biogás: economia, regulação e sustentabilidade. **Rio de Janeiro: Interciência**, 2014.
- ANGELIDAKI, Irini et al. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water science and technology**, v. 59, n. 5, p. 927-934, 2009.
- ARAÚJO, J.S. et al. Batch Biodigester Prototype for Experimental Use. *Cross Current International Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*. 1(3), 67-70, 2019 a.
- ARAÚJO, J.S et al. Biogas production from ruminal biomass of different genetic groups of sheep. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(8), 126-132, 2019 b.
- ARAÚJO, A. P. C. Produção De Biogás a Partir De Resíduos Orgânicos Utilizando Biodigestor Anaeróbico. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**, , p. 42, 2017.
- BOND, T.; TEMPLETON, M. R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*, v. 15, p. 347-354, 2011.
- CAVICCHI, B. (2016). Sustainability that backfires: the case of biogas in EmiliaRomagna, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 21, 13-27.
- CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios. 2 ed. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5, 380 p. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- DELGROSSI, B. T. (2023). Biogás - Portal Embrapa. [online] embrapa.br. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/resduos/biogas> [Acessado 08 jul. 2023].
- EMBRAPA, **Resíduos agrícolas viram autopeças e telas de TV. (2014)**: <Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2075483/residuos-agricolas-viram-autopecas-e-telas-de-tv#:~:text=nos%20dias%20atuais.,O%20Pa%C3%ADs%20produz%20diariamente%20mais%20de%20170%20mil%20toneladas%20de,da%20metade%20dos%20res%C3%ADduos%20produzidos.>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FERNANDES, Dangelia Maria et al. Biomassa e biogás da suinocultura. 2012.

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

FORESTI, E. et al. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. *Fundamentos do tratamento anaeróbio*. PROSAB, Rio de Janeiro, p. 29-51, 1999.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. *Química Nova*, vol. 32, no. 3, p. 582–587, 2009. DOI 10.1590/S0100-40422009000300004. Available at: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010040422009000300004&lng=p&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422009000300004&lng=p&nrm=iso&tlng=pt).

GOMES, I., SILVA, S. (2018). Potencial Produtor de Biogás a partir dos Dejetos de Galinhas Poedeiras em São Bento do Una/PE. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 3(2). <https://doi.org/10.25286/repa.v3i2.911>.

HARTMANN, H.; AHRING, B. K. The Future of Biogas Production. In: PETERSEN, L. S.; LARSEN, H. (Ed.). *Technologies for Sustainable Energy Development in the Long Term*. Proceedings Risø International Energy Conference, 23-25 May 2005. Disponível em: <<http://www.risoe.dk/rispubl/SYS/syspdf/ris-r-1517.pdf>> . Acesso em: jul. 2023.

IEA (2020), *Perspectivas para o biogás e biometano: Perspectivas para o crescimento orgânico*, IEA, Paris Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>, Licença: CC BY 4.0>. Acesso em: 15 jun. 2023.

INFOESCOLA, H. T. M. L. Disponível em:< Biogás - vantagens, produção, histórico - InfoEscola >. **Acesso em** 16 fev. 2024.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (IEE-USP) (2019). *FONTES DE BIOMASSA*. São Paulo: . Disponível em: <<https://gbio.webhostusp.sti.usp.br/?q=pt-br/livro/fontes-de-biomassa>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2010) Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD). Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home> >. Acesso em: 10 ago. 2023.

LETTINGA, G. F. Introduction in: International course on anaerobic treatment. Wageningen Agricultural University. Wageningen, 1995.

MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; AMARAL, A. F. C.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H.

MILANEZ, Artur Yabe et al. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 47 , p. [221]-275, mar. 2018.

MILANEZ, Y. P. energético. E. renovável; MAIA, G. B. da S.; GUIMARÃES, D. D. Biogás: Evolução Recente E Potencial De Uma Nova Fronteira De Energia Renovável Para O Brasil. **Bndes**, vol. 53, no. 27, p. 177–216, 2021.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta et al. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

PASSOS, Mádilo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinhama. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016.

PIRES, Yolanda; OLIVEIRA, Nelson. Aumento da produção de lixo no Brasil requer ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores. **Agência Senado**, v. 7, 2021.

PITK, P., KAPARAJU, P., PALATSI, J., AFFES, R., VILU, R. (2013). Co-digestion of sewage sludge and sterilized solid slaughterhouse waste: Methane production efficiency and process limitations, *Bioresource Technology*, 134, 227-232.

SANT'ANNA JR, G. L. Tratamento Biológico de Efluentes: Fundamentos e Aplicações. 2nd. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciencia, 2013.

SOARES, C. M. T., FEIDEN, A. (2019). Balanço de massa de biodigestor modelo Bioköhler abastecido com dejetos de bovinocultura de leite. *Holos Environment*, 19(3), 441-454.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, (SINIR): <Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-agrossilvopastoris/>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, New York, v. 85, n. 4, p. 849-860, 2010.