



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**TESTE DE MODELAGEM DE *LAYOUT* DE VÁRIOS BIODIGESTORES EM
BATELADA PARA A PRODUÇÃO CONTÍNUA DE BIOGÁS**

ANA ELISA ESTEVES DOS SANTOS

PALMAS, 2021

ANA ELISA ESTEVES DOS SANTOS

**TESTE DE MODELAGEM DE *LAYOUT* DE VÁRIOS BIODIGESTORES EM
BATELADA PARA A PRODUÇÃO CONTÍNUA DE BIOGÁS**

Projeto de qualificação apresentado à Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para a defesa da dissertação e posterior obtenção do Título de Mestre em Agroenergia (Aspectos socioeconômicos de sistemas de agroenergia)

Orientadora: Dra. Yolanda Vieira de Abreu

PALMAS, 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S586p Santos, Ana Elisa Esteves dos.

Teste de modelagem de layout de vários biodigestores em batelada para a produção contínua de biogás . / Ana Elisa Esteves dos Santos. – Palmas, TO, 2021.

69 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2021.

Orientadora: Yolanda Vieira de Abreu

1. Biodigestor. 2. Produção contínua. 3. Tecnologia social. 4. Biogás. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANA ELISA ESTEVES DOS SANTOS

**TESTE DE MODELAGEM DE *LAYOUT* DE VÁRIOS BIODIGESTORES EM
BATELADA PARA A PRODUÇÃO CONTÍNUA DE BIOGÁS**

Projeto de qualificação apresentado à Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para a defesa da dissertação e posterior obtenção do Título de Mestre em Agroenergia (Aspectos socioeconômicos de sistemas de agroenergia)

Data de Aprovação 07 / 10 / 2021

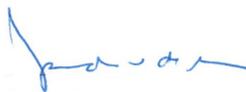
Banca examinadora:



Profª. Dra. Yolanda Vieira de Abreu (UFT)
(Orientadora)



Prof. Dr. Artur de Souza Moret (UNIR)
(Examinador)



Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Júnior (UFT)
(Examinador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele nada seria possível; pela saúde que me concedeu, para terminar este trabalho, pois não foi fácil, enfrentei muitos obstáculos até finalizá-lo.

À minha orientadora Professora Dra. Yolanda Vieira de Abreu, pela paciência, atenção, mesmo tendo algumas dificuldades em sua saúde, ela nunca me deixou desanimar, pelo contrário, sempre me apoiou a concluir a dissertação e, principalmente, por todos seus conselhos e todo o seu apoio, pois sem suas orientações não teria como finalizar este trabalho.

Aos professores, Dr. Artur de Souza Moret e Dr. Joel Carlos Zukowski, por aceitarem participar da minha banca e a todos outros professores do Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins.

À minha família por todo o apoio ao Abimael que sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis; sempre dava um jeito para me ajudar na coleta da matéria-prima utilizada no experimento. Ao meu amigo Wellington que se disponibilizou para me ajudar na montagem do experimento.

*Dedico este trabalho, primeiramente a Deus,
pois sem Ele nada seria possível. À minha
família que sempre me apoiou e esteve comigo.*

RESUMO

SANTOS, Ana Elisa Esteves dos. **Teste de modelagem de layout de vários biodigestores em batelada para a produção contínua de biogás.** Palmas: UFT, 2021. 69p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, 2021.

A tecnologia social pode ser uma ferramenta importante para diversas aplicações nas áreas rurais, que tem pouco recursos tecnológicos e tornar-se alternativas para aumentar a eficiência do campo e indutora para o desenvolvimento rural. O biodigestor é uma tecnologia tradicional e consolidada que é utilizada para amenizar os problemas sanitários e ambientais do meio rural, bem como para a produção de biogás e biofertilizante. Os dejetos bovinos são matérias primas de grande potência para a produção de energias renováveis, pois apresenta elevada eficiência para produção de biogás. Neste contexto, o objetivo com a presente pesquisa foi avaliar o potencial de produção de biogás em serie utilizando cinco biodigestor a batelada. Obtendo valores significativos em período diferentes com 118 dias resultou em uma média de produção por dia de 485, 59ml, a mediana de 522ml e a moda de 548,27ml. Já para o sistema com apenas um biodigestor e o período de 30 dias a média foi 215ml, a mediana de 230,76ml e a moda de 222,22ml. As variáveis estudadas foram pH, gás metano, gás carbônico, ácido sulfídrico, amônia. Os resultados da pesquisa mostram que, a produção de biogás foi significativa de acordo com o abastecimento e o período de tempo de funcionamento. A queima do gás produzido pelo sistema foi realizada por meio do teste de inflamabilidade obtendo resultado positivo. O resultado desse estudo mostra que o sistema desenvolvido é de operação simples, econômica e de fácil acesso, utilizando o biogás produzido para diversas finalidades.

Palavras-chave: Biodigestor; Produção contínua; Tecnologia social; Biogás.

ABSTRACT

SANTOS, Ana Elisa Esteves dos. **Test layout modeling of several batch digesters for continuous biogas production.** Palmas: UFT, 2021. 69p. Dissertation (Master's degree in Agroenergy) – Universidade Federal do Tocantins, 2021.

Social technology can be an important tool for several applications in rural areas, which have few technological resources and become alternatives to increase efficiency in the field and an inducer for rural development. The biodigester is a traditional and consolidated technology that is used to alleviate sanitary and environmental problems in rural areas, as well as to produce biogas and biofertilizer. Bovine manure is a very powerful raw material for the production of renewable energy, since it is highly efficient for biogas production. In this context, the objective of the present research was to evaluate the potential for biogas production in series using five batch digesters. Obtaining significant values in different periods with 118 days resulted in an average production per day of 485.59ml, the median of 522ml and the mode of 548.27ml. For the system with only one biodigester and the period of 30 days the average was 215ml, the median of 230.76ml and the mode of 222.22ml. The variables studied were pH, methane gas, carbonic gas, hydrogen sulfide and ammonia. The results of the research show that, the biogas production was significant according to the supply and the period of time of operation. The burning of the gas produced by the system was performed by means of the flammability test obtaining a positive result. The result of this study shows that the system developed is simple to operate, economical and easy to access, using the biogas produced for various purposes.

Keywords: Biodigester; Continuous production; Social technology; Biogas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema representativo do biodigestor de batelada em série.....	11
Figura 2	Biodigestor de batelada com apenas 1 tambor.....	12
Figura 3	Montagem das Garrafas.....	14
Figura 4	Gasômetro improvisado com garrafa pet e proveta graduada.....	15
Figura 5	Resistência para controlar a temperatura.....	16
Figura 6	Medidor de Temperatura.....	16
Figura 7	Suporte para determinar o teor do Gás Carbônico e Gás Metano.....	20
Figura 8	Sequências metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia.....	25
Figura 9	Vista em corte de um biodigestor de batelada.....	31
Figura 10	Modelo de biodigestor indiano.....	32
Figura 11	Modelo de biodigestor chinês.....	33
Figura 12	Biodigestor modelo Canadense.....	34
Figura 13	Modelo de biodigestor UASB.....	34
Figura 14	Ciclo do aproveitamento energético dos resíduos para a produção de biogás e seu processo de purificação para suas finalidades.....	39
Figura 15	Teste 1 com tambor de 60 litros com tampa de rosca.....	42
Figura 16	Teste 2 com tambor de 60 litros com a tampa menor.....	43
Figura 17	Teste que obteve sucesso.....	44
Figura 18	Produção de biogás de acordo com a quantidade de biodigestores abastecidos.....	46
Figura 19	Produção de biogás em função do tempo (Sistema de produção em Série)...	47
Figura 20	Produção de biogás em função do tempo (Abastecido uma única vez)	48
Figura 21	Concentração de CH ₄ e CO ₂ no biogás.....	52

LISTA DE TABELAS

	Item	Pág
Tabela 1	Produção de biogás diariamente	18
Tabela 2	Exemplos de Tecnologia Social na área Rural	22
Tabela 3	TH de acordo com a finalidade do biodigestor	28
Tabela 4	Índices de produção de biogás	34
Tabela 5	Efetivos da Pecuária 2018 no Brasil	35
Tabela 6	Composição teórica do biogás	39
Tabela 7	Composição média do biogás para diferentes tipos de biomassa	39
Tabela 8	Média de produção	43
Tabela 9	Análise de Ph	47
Tabela 10	Concentração de Metano e Gás Carbônico	49
Tabela 11	Dados da produção de biogás com abastecimento apenas uma vez	62
Tabela 12	Dados da produção de biogás com abastecimento contínuo	63

LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS

Kg	Quilograma
Ph	Potencial Hidrogeniônico
Nº	Número
°C	Graus Celsius
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
TH	Tempo de Retenção Hidráulico
UFT	Universidade Federal do Tocantins
H ₂ S	Ácido Sulfídrico
O ₂	Oxigênio
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
H	Hidrogênio
N	Nitrogênio
NH ₃	Amônia
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
MA	Meio Ambiente
M ³	Metro Cúbico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Problema	9
1.2 Justificativa	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivos Gerais	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1 Sistemas desenvolvidos sem sucesso.....	11
3.2 Sistema desenvolvido com sucesso	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO	22
4.1 Tecnologia Adaptada.....	21
4.2 Digestão Anaeróbia	24
4.2.1 Etapas da Digestão Anaeróbia	24
4.2.2 Fatores que influenciam a atividade anaeróbia.....	27
4.3 Históricos dos Biodigestores.....	30
4.4 Resíduos utilizados para produção de biogás.....	35
4.5. Biogás.....	38
4.5.1. Composição do Biogás.....	40
5. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	42
5.1 TESTES REALIZADOS SEM OBTER SUCESSO.....	42
5.1.1 Teste 1	42
5.1.2 Teste 2	43
5.2 TESTES QUE OBTIVERAM SUCESSO	44
5.2.1 Resultado por abastecimento.....	44
5.2.2 Resultado de todo o processo.....	46
5.3 RESULTADO DAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS.....	49
5.3.1 Análise de Ph.....	49
5.3.2 Análise do Biogás.....	50

6. CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE	65

1. INTRODUÇÃO

A sociedade moderna produz muitos resíduos em áreas urbanas e rurais, e são resultados das atividades doméstica, industrial, hospitalar, comercial, pecuária e agrícola (MELO; ANDRADE; MAGRO, 2016), todos com características distintas de impacto ao Meio Ambiente (MA) e a sociedade em geral. A preocupação com o Meio Ambiente tem crescido ao longo do tempo, entretanto desde o Relatório Brundtland de 1987 já demonstrava que as atividades econômicas e o descontrole do consumo da sociedade produziam danos ao MA. Já são estudadas e desenvolvidas técnicas para melhor reaproveitamento de forma ambientalmente adequada, que venha propiciar a mitigação dos impactos gerados por eles (OSMAN *et al.*, 2019; DAGNINO *et al.*, 2004).

A produção de animais de forma intensiva produz esterco em quantidade considerável, bovino (10-15 kg/animal/dia ou 0,36 m³ biogás/dia), suíno (2,3-2,8 kg/animal/dia ou 0,24 m³ biogás/dia), caprino, aves (0,12-0,18 kg/animal/dia ou 0,014 m³ biogás/dia) e etc, que quando não tratados emitem metano que é um gás de efeito estufa. Os biodigestores podem ser equipamentos de baixo custo que produzem/transforam esterco animal em biogás e biofertilizante, transforma um resíduo em produto com várias aplicações (VERONEZE *et al.*, 2019). O biodigestor é um equipamento que faz a degradação da matéria orgânica através da ação dos microrganismos. O processo é realizado na ausência de oxigênio, digestão anaeróbia (GUTIÉRREZ *et al.*, 2020).

O biogás é rico em gás metano (CH₄+H₂O+CO₂+H₂S) e é uma fonte de energia renovável com utilização para a geração de energia elétrica e térmica, biometano que é mais conhecido como combustível verde (MANESH; REZAZADEH; CABIROS, 2020). O biofertilizante é livre de contaminantes e é rico em nutrientes e nitrogênio (N) e adequado para uso em plantios (PINTO *et al.*, 2019).

O texto é composto por temas que permitem analisar a completude do trabalho, serão abordados o processo de biodigestão, os tipos de biodigestores, os testes realizados na instalação de biodigestores em série, aqueles que não produziram o resultado adequado e os testes que produziram

O presente trabalho tem a finalidade de quantificar a produção de biogás, a partir da construção e projeção experimental de vários biodigestores à batelada em série, que seja de fácil implementação e alta eficiência, podendo então ser utilizado em comunidades isoladas.

1.1 Problema

A demanda de animais é crescente para alimentação populacional e no Brasil o rebanho crescente e por isso as fezes/resíduos impactam o meio ambiente e não há iniciativas capazes de diminuir ou mesmo minimizar os impactos ambientais da emissão de metano que é um gás de efeito estufa. O biodigestor é um equipamento eficiente para a transformação de esterco em produtos (biogás e biofertilizante) que tem mercado, bem como diminui os impactos significativamente.

O problema de Pesquisa consiste no teste de um sistema de biodigestores em série e de pequena capacidade, como solução para a minimização da poluição dos resíduos de animais e adaptados às realidades dos produtores.

1.2 Justificativa

Tendo em vista a grande quantidade de bovinos criados no Brasil, conseqüentemente, aumenta a quantidade de resíduos gerados pelos animais. Esse fato se torna um grande poluidor para o meio ambiente, em razão da emissão do gás metano (CH_4) que é liberado para a atmosfera no despejo ao ar livre, na ruminação e na eructação dos animais.

Introduzir o processo de biodigestão de esterco significa transforma uma fonte poluidora em insumos para atividades com menor impacto ambiental e social, porque no processo os resultados são biogás com predominância de metano que pode ser usado como fonte de energia e o biofertilizante que tem excesso de nitrogênio e pode ser utilizado na agricultura.

O metano é o terceiro gás com mais impacto para o efeito estufa, tendo um potencial de impacto entre 20 e 25 vezes maior que o gás carbônico. Dessa forma, capturar o CH_4 (metano) no processo de biodigestão e queimá-lo constitui vantagem porque na combustão é liberado o CO_2 (BRENDT, 2010). Da mesma forma, na biodigestão também é produzido o biofertilizante que no uso diminui a quantidade de insumos químicos utilizados na agricultura e que também na produção deste se consome ureia que é um subproduto dos hidrocarbonetos (CÔRTEZ; ROCHA; SABIÃO, 2019).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Testar, analisar e descrever a operação e produção de biogás de um modelo de biodigestores em série com vários equipamentos em batelada, tendo de dejetos bovinos como biomassa.

2.2 Objetivos Específicos

- Construção de um sistema de biodigestor em batelada com produção de biogás em série;
- Verificar a eficiência de produção de biogás do sistema de biodigestores;
- Quantificar a vazão constante de biogás do sistema;
- Avaliar a composição do biogás produzido.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Sistemas desenvolvidos sem sucesso

A) Sistema com 5 biodigestores

B) Sistema com apenas 1 Biodigestor

A) Sistema com 5 Biodigestores

- Construção e Operação

Para a construção do biodigestor foi escolhido materiais de baixo custo e de fácil acesso e instalação, para montar o biodigestor foi utilizado cinco tambores de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com capacidade de 60 litros cada um, a interligação de um tambor para outro foi feito através de mangueiras multiusos de 3/8 que com a utilização de braçadeiras utilizadas para garantir que o gás não escape.

Na saída de cada tambor e no acesso onde ocorre o encontro de todos os tambores foi utilizado registro esférico para controlar a saída do biogás. A figura 1 demonstra o esquema representativo do biodigestor utilizado durante o desenvolvimento desse estudo.

Figura 1 - Esquema representativo do biodigestor de batelada em série



Fonte: Autor (2020).

O biogás que seria produzido durante todo o processo seu armazenamento seria feito em uma câmara de ar posta no final do sistema logo após medidor de gás da marca LAO G 0.6, que faria o controle de toda a produção.

O abastecimento consistia em apenas uma única vez em cada tambor até completar o tempo de retenção hidráulico de 30 dias, o tempo de abastecimento de um tambor para outro era de 7 dias, onde após finalizar o processo realizava a retirada do biofertilizante e em seguida realizava o abastecimento novamente respeitando as mesmas quantidades de tempo, sendo que

o intuito deste experimento era para obter fluxo contínuo de produção de biogás, utilizando biodigestores em batelada.

Os resíduos utilizados para o abastecimento foi:

Casca de mandioca: 20kg (40%)

Água: 25L (50%)

Dejetos Bovinos: 5kg (10%)

Totalizando o abastecimento: 50L (100%)

Durante o experimento não houve produção de biogás, sendo identificado o problema na tampa do biodigestor, levando assim a realizar outro teste.

B) Sistema com apenas 1 Biodigestor

Após realizar o primeiro teste com 5 tambores e não obtendo sucesso foi desenvolvido um novo teste, só que com apenas 1 tambor com material de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), sendo que seu diferencial estava em sua tampa que era menor que do teste anterior, onde havia uma adaptação na mesma para obter a saída do biogás por meio de uma mangueira (figura 2).

Figura 2 – Biodigestor de batelada com apenas 1 tambor



Fonte: Autor (2020)

Na qual essa mesma mangueira que sai da tampa se conecta no medidor de gás LAO G 0.6 responsável em realizar o controle da produção do biogás, os resíduos utilizados para seu abastecimento foram:

Casca de mandioca: 20kg (40%)

Água: 25L (50%)

Dejetos Bovinos: 5kg (10%)

Totalizando o abastecimento: 50L (100%)

Este experimento foi realizado para saber se com a utilização deste modelo de tambor iria funcionar. Obtendo o sucesso seria construído o sistema com os cinco tambores, mais não se pode finalizar o experimento.

3.2 Sistema desenvolvido com sucesso

- A) Coleta dos resíduos bovinos
- B) Construção e operação dos biodigestores
- C) Abastecimento do sistema
- D) Aferição da produção de biogás em cada biodigestor
- E) Eficiência do Biodigestor
- F) Análise da composição do biogás produzido

A) Coleta dos resíduos bovinos

O resíduo de dejetos bovinos foi escolhido para desenvolver este projeto, essa decisão se dá, pois a cada dia que se passa vem aumentando a geração desses resíduos, proveniente do aumento da produção de bovinos para o consumo humano, onde na maioria das vezes são descartados sem destinos corretos (SANTANA *et al.*, 2018).

Com o crescimento da bovinocultura produção de dejetos aumentou consideravelmente. Na maioria dos casos este resíduo não tem destinação adequada. Para ajudar na solução deste problema, bem como agregar valor a cultura a produção de bioenergia e bioadubo é uma solução viável e barata. Por este motivo escolheu-se o esterco bovino para este trabalho.

Os dejetos bovinos utilizados para essa pesquisa foram coletados em uma chácara localizada em Palmas do Tocantins próxima à Universidade Federal do Tocantins (UFT), na qual eles realizam a criação de bovinos para cria e recria, onde produz diariamente uma quantidade relevante de dejetos.

B) Construção e operação dos biodigestores

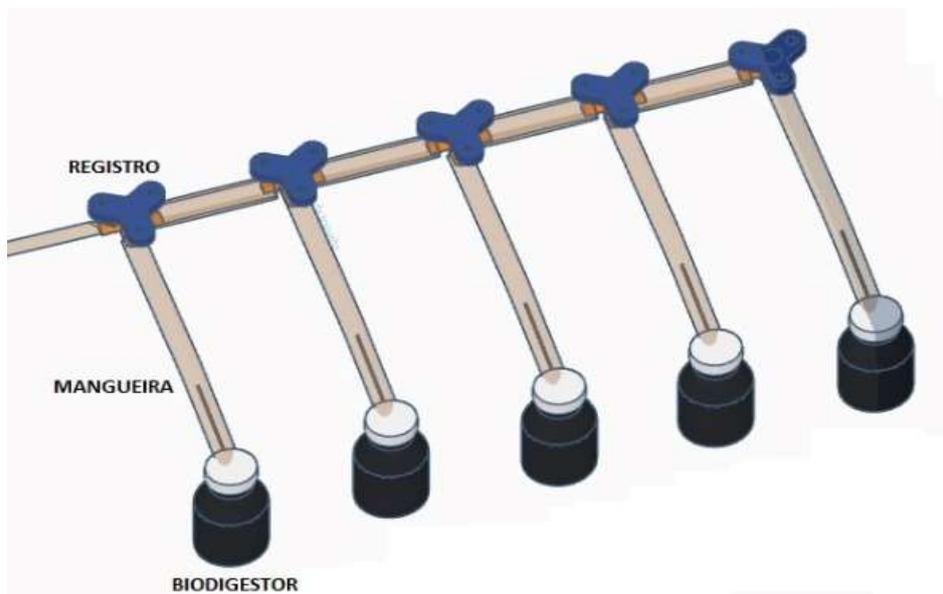
Após a definição do resíduo, que há em grande quantidade, no local em que foi feita a coleta e, também, pelo seu baixo valor, para a execução do experimento, a próxima etapa se inicia com a construção do biodigestor em pequena escala. O modelo utilizado objetivou a instalação de um sistema de produção de biogás de forma contínua.

Dois modelos foram executados, a fim de elaborar o projeto, mas não houve sucesso, logo, após esses problemas, foi desenvolvido um sistema de biodigestor, em pequena escala, que será demonstrado.

Para iniciar a montagem do biodigestor, em pequena escala, foram utilizadas cinco garrafas pet com capacidade de 500ml cada, sendo que cada uma referente a um biodigestor em batelada, as quais foram pintadas com spray preto (Figura 3).

Essa escolha de utilizar cinco garrafas foi de suma importância para o desenvolvimento do projeto, pois o principal resultado que se espera obter é a produção de biogás contínuo, ou seja, quanto mais garrafas utilizar maior será a produção de biogás contínua e principalmente sem interrupção do processo.

Figura 3 - Montagem das Garrafas



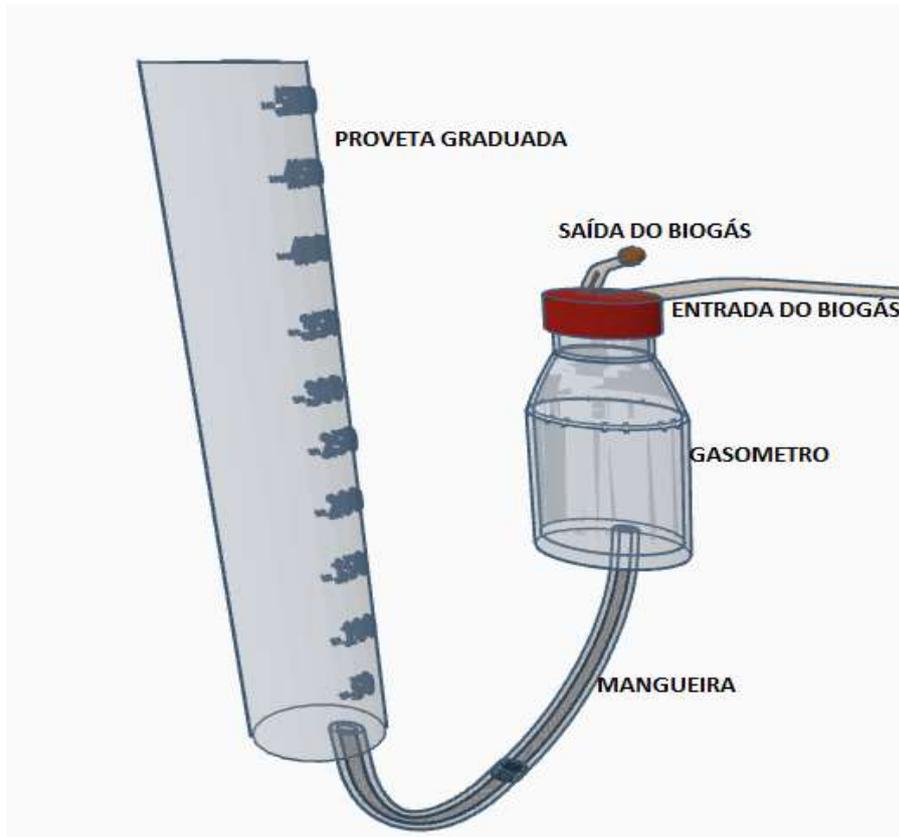
Fonte: Autor (2021).

Nas tampas foram adaptadas mangueiras de silicones e, que em cada saída, instalou-se um registro para controlar o fluxo da produção de biogás, o qual, ao abrir, o biogás passava pelas mangueiras de silicone que se direcionavam para uma garrafa pet com capacidade de 1 L com água e corante.

A garrafa funcionava como um gasômetro (Figura 4) que, ao mesmo tempo em que entrava o biogás, por meio de uma adaptação que havia na tampa da garrafa de 1L, a água era expulsa para a proveta graduada de plástico de 500 ml.

Por meio de uma adaptação de uma mangueira do fundo da garrafa para o fundo da proveta, que, de acordo com a produção de biogás, o nível da água subia e era realizada a leitura diariamente por meio da proveta graduada, para monitoramento da produção de biogás.

Figura 4 - Gasômetro improvisado com garrafa pet e proveta graduada



Fonte: Autor (2021).

Para controlar a temperatura, foi utilizado uma resistência de 150 Watts, controlada eletricamente de forma a manter a temperatura estabelecida (Figura 5), que foi ajustada para não ultrapassar os 35°C,

Além de o experimento ser montado dentro de uma caixa de isopor e sempre se mantendo fechada para conservar a temperatura é ser colocado em lugar onde não fique movimentando o experimento e próximo a energia para a resistência sempre permanecer ligada para controle da temperatura. Por meio de um medidor de temperatura (Figura 6), que foi instalado com a função de marcar a temperatura durante a produção de biogás

A leitura da produção de biogás e a temperatura são efetuadas simultaneamente, na mesma hora e diariamente.

Figura 5 - Resistência para controlar a temperatura



Fonte: Autor (2021).

Figura 6 – Medidor de Temperatura.



Fonte: Autor (2021).

C) Abastecimento do Sistema

Cada biodigestor (garrafa) foi abastecido com a mesma quantidade de mistura, sendo elas:

Dejetos bovinos fresco: 150g (50%)

Água: 133,30g (44,4%)

Inóculo de dejetos bovinos: 16,70g (5,6 %)

Total do abastecimento: 300g (100%)

Essa quantidade foi determinada de acordo com alguns critérios o primeiro deles e em relação do biodigestor utilizado ser de pequena escala, não podendo aumentar a quantidade do abastecimento devido à probabilidade do sistema não resistir à pressão e ocorrer vazamentos prejudicando os resultados.

Outro critério levado em consideração foi à utilização do inóculo para acelerar o processo de produção de biogás, e controlar a acidez no processo da digestão anaeróbia. Sua quantidade utilizada no experimento como da água e dejetos bovinos foram determinados de acordo com estudos realizados por meio de artigos que indicam a porcentagem de utilização do inóculos que podem ser utilizadas de 5%, 10% chegando até 40% (RUFINO; PAES; ALVES, 2018).

A determinação de utilizar 5,6% foi devido ao tamanho do biodigestor utilizado ser pequeno, e outro motivo principal, foi levado em consideração da quantidade de dejetos bovinos frescos disponíveis no local de coleta, fazendo então com que se utilizasse uma maior quantidade para seu aproveitamento.

O abastecimento ocorreu da seguinte forma:

- Garrafa 1: 1 dia
- Garrafa 2: Após 7 dias do abastecimento da garrafa 1
- Garrafa 3: Após 7 dias do abastecimento da garrafa 2
- Garrafa 4: Após 7 dias do abastecimento da garrafa 3
- Garrafa 5: Após 7 dias do abastecimento da garrafa 4

Seguindo essa forma de abastecimento até concluir o abastecimento dos cinco biodigestores (garrafas).

O tempo de retenção adotado foi de 30 dias. Ou seja, assim que o processo de cada garrafa completava 30 dias, iniciava-se um novo abastecimento, sendo realizado esse processo três vezes em cada garrafa.

D) Aferição da produção de biogás em cada biodigestor

Para determinar a quantidade que cada biodigestor produz de biogás, foi necessário realizar um novo experimento após encerrar o sistema de produção de biogás contínuo isso devido o mesmo não determinar a produção individual de cada biodigestor, em função da produção dos cinco biodigestores serem juntas.

Todos os parâmetros utilizados no outro teste foram adotados para esse, os resíduos e tempo de retenção hidráulico, com observação apenas na forma de abastecimento. Seu abastecimento foi realizado apenas uma vez, realizando a leitura diariamente da temperatura e da produção durante 30 dias o tempo de retenção hidráulico determinado, após esses dias o experimento se encerrou, obtendo os resultados.

E) Eficiência do Biodigestor

Após coletar os dados resultantes do experimento elaborou – se uma tabela (tabela 1) no Excel para o entendimento e análises dos resultados obtidos diariamente. Os resultados alimentados na planilha geraram gráficos para visualizar a produção de biogás, como a produção máxima durante o experimento.

Tabela 1 – Produção de biogás diariamente

ABASTECIMENTO	DIAS	DATA	HORA	TEMPERATURA	PRODUÇÃO (ml)

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Determinou -se a média ponderada conhecida também por média aritmética, utilizada quando cada elemento tem um peso diferente, a mediana é o valor posicionado no centro do conjunto quando colocado em ordem crescente ao decrescente, a moda determina o valor com maior frequência absoluta em um conjunto (CAZORLA, 2019) . Os cálculo para determinar os mesmo são obtido através das fórmulas:

$$\text{Média Ponderada} = \frac{(\sum x_i f_i)}{n}$$

$$\text{Mediana} = l + \frac{(n/2 - F_{ant})}{F} * I$$

$$\text{Moda} = l + \frac{(D1)}{D1 + D2} * h$$

F) Análise do Biogás Produzido

Foram realizadas algumas análises para determinar os seguintes parâmetros:

- 1)Inflamabilidade;
- 2)Determinação de amônia;
- 3)Determinação de Ácido Sulfídrico;
- 4)Determinação de Gás Carbônico;
- 5)Determinação de Gás Metano.

1)Inflamabilidade

O teste de Inflamabilidade consiste na queima do biogás produzido pelo sistema, verificando se produz chama, na qual a mesma consiste até não produzir mais, ou seja, enquanto

tiver biogás disponível no sistema, essa chama só acontece se houver presença do CH₄ no biogás produzido. Esse teste foi realizado por seis vezes sendo duas vezes em cada batelada.

2) Determinação de amônia

Quanto à determinação de Amônia, Ácido Sulfídrico, Gás Carbonico e Gás Metano, utilizou-se o Kit de Biogás que foi desenvolvido em parceria com a Embrapa, juntamente com a Alfakit . Este fornece todas as soluções e equipamentos citados, para determinar o teor de amônia, de ácido sulfídrico, de gás carbônico e gás metano.

A coleta do gás que foi feita da seguinte forma: conectou-se o saco amostrador na saída do gasômetro, abriu-se o registro. O gás foi para dentro do saco; ao coletar a quantidade desejada, fechou-se o registro e iniciaram-se os testes.

Para a determinação do teor de amônia, utilizou-se uma seringa, contendo 5ml com uma solução de água deionizada com 2 gotas de solução de pré-tratamento 1, conectou-se a seringa no saco amostrador, coletando 50ml de gás.

Após a coleta do gás, agitou-se a seringa e transferiu-se a solução para uma cubeta de vidro, adicionando 3 gotas da solução amônia indoteste 1, 2 e 3, agitando o frasco na adição de cada solução. Em seguida, aguardou-se 10 minutos para o desenvolvimento da cor que indicaria a presença de amônia na amostra, realizando a leitura na tabela colorimétrica.

3) Determinação de Ácido Sulfídrico

Para a determinação do gás sulfídrico, utilizou-se uma seringa, contendo 5ml de uma solução de água deionizada, com 2 gotas de solução de pré-tratamento 1, conectou-se a seringa no saco amostrador, coletando 5ml de gás.

Após a transferência do gás para a seringa, agitou-se a seringa com a solução por 2 minutos, depois transferiu-se toda a solução da seringa para dentro da cubeta de vidro, adicionando 5 gotas da solução sulfeto 1 e duas gotas de sulfeto 2. Logo depois, agitou-se, para a mistura das soluções e aguardou-se 10 minutos para o desenvolvimento da cor azul que indicou a concentração do gás sulfídrico, realizando a leitura na tabela colorimétrica.

4) Determinação de Gás Carbônico

A análise de gás carbônico foi obtida, por meio da determinação da diferença de volume. Primeiramente adicionaram-se 10ml da solução pré-tratamento 2, na cubeta de plástico. Em seguida, coletaram-se 5ml dessa solução na seringa que se conectou ao suporte, conectou-se à mangueira do saco amostrador no suporte, colocando o registro na posição B indicado no

suporte (Figura 7). O biogás foi sugado pela seringa de vidro do saco amostrador por pelo menos duas vezes.

Figura 7 - Suporte para determinar o teor do Gás Carbônico e Gás Metano



Fonte: Autor (2021).

Após esse procedimento, coletou-se 20ml do saco amostrador, girou-se o registro para a posição A e colocou-se o suporte, no sentido vertical, transferindo o biogás da seringa de vidro para a seringa plástica, que contém a solução pré-tratamento 2. Completando a transferência do biogás para a seringa plástica, fechou-se o registro para a posição B, agitando o suporte por 2 minutos. Após agitar colocou-se o registro para a posição B e transferiu-se o biogás para a seringa de vidro, em que a concentração de CO₂ foi obtida em porcentagem a partir da leitura da escala lateral da seringa.

RESULTADO CO₂:

$$\% \text{CO}_2 = \text{Leitura direta na escala do suporte}$$

5) Determinação de Gás Metano

Após determinar o teor de CO₂ na amostra e realizada a determinação do Gás Metano, deu-se a diferença da quantidade de CO₂.

RESULTADO GÁS METANO:

$$\% \text{CH}_4 = 100 - \text{Leitura da } \% \text{CO}_2$$

6) Análise de Ph

Foi realizado o teste de Ph quanto no abastecer os sistemas e, também quanto ao término do tempo de retenção hidráulica no biofertilizante. Esse teste foi realizado com o auxílio do equipamento Phmetro digital de bancada da marca Bel Engineerring do laboratório do mestrado em agroenergia da Uft.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Tecnologia Adaptada

A Tecnologia Adaptada ou conhecida, também, como Tecnologia Social é uma ferramenta a qual possibilita técnicas ou metodologias replicáveis de baixo custo e com participação na elaboração da comunidade com o pressuposto de apresentar a solução de um ou mais problemas e produzindo transformação social. Exemplo desta tecnologia são as experiências inovadoras que favorecem para solucionar os grandes problemas sociais (CRITTENDEN; CRITTENDEN; AJJAN, 2020).

Esta tecnologia absorve e concilia conhecimentos populares aos científicos e acadêmicos, que articula: a vivência da comunidade que convive com os problemas diariamente com e o saber científico técnico e acadêmicos de pesquisadores (são obtidos com pesquisas e estudos sistematizados no ambiente acadêmico) (MAO *et al.*, 2020).

Esta modalidade de tecnologia não é difundida por vários problemas, pelo lado dos pesquisadores há aqueles que não tem e outros não querem ter acesso aos problemas da vida cotidiana, pelo lado da comunidade há a diferença de visão de que um problema comunitário pode ser resolvido pela Ciência, ou seja, é um apenas uma questão de aproximação do problema com a solução destes (GAPINSKI; FREITAS, 2016).

Essa tecnologia não está presente somente na área urbana, mas também na área rural, pois é uma forma de incentivar os produtores e interessados a desenvolver técnicas e criatividade mais eficientes, rentáveis e econômicas, tornando assim uma estratégia para minimizar a exclusão social no meio rural (GEHLEN, 2004).

Como exemplo, Serafim, Jesus e Faria (2013) indicam que há ampla uma ampla aplicação nas áreas rurais e que se tornam alternativas para os produtores de baixo poder econômico. A tecnologia social no meio rural, principalmente na agricultura familiar, é uma indutora, como uma ferramenta forte para um elemento estratégico do desenvolvimento rural.

A Tabela 2 apresenta exemplos de tecnologias adaptadas desenvolvidas no meio rural, como as fossas sépticas biodigestoras, barraginhas e a produção agroecológica integrada e sustentável, em que se procura aliar a produtividade agrícola e, ao mesmo tempo, a preservação ambiental. Tais técnicas podem gerar assim uma lucratividade para o campo e proporcionar o acesso aos alimentos de boa qualidade e menor custo para a população da área urbana bem como em comunidades isoladas (PENA,2010).

Tabela 2 - Exemplos de Tecnologia Social na área Rural.

Tecnologia Social	Descrição	Disseminadores
Barraginhas – Contenção de água da chuva	É uma tecnologia social que se aplica geralmente na região do semiárido e do cerrado, além de em regiões que possuem o solo poroso. Seu objetivo é captar a água das enxurradas para evitar erosões.	Embrapa Milho e Sorgo de Lagoas/MG.
Produção Agroecológica Integrada e Sustentável	Trata-se de um modelo sustentável em que ocorre a criação de animais, juntamente com a plantação de cultivares de ciclo curto e ciclo longo juntos.	Ministério da Integração Nacional
Fossa Séptica	Realiza o tratamento primário de esgoto doméstico no qual se efetua a transformação e a separação físico-química do material sólido presente no esgoto.	Embrapa para o Saneamento Básico Rural
Compostagem	É um conjunto de técnicas voltadas para a reciclagem dos resíduos orgânicos, por meio de organismos, para se obter um material rico em nutrientes e ser utilizado em plantas e para o melhoramento do solo.	Ministério do Meio Ambiente
Biodigestor	Utilizado para a decomposição de materiais orgânicos, na ausência de oxigênio, para a produção de biogás e geração de energia elétrica e térmica.	Embrapa Cerrados

Fonte: (SILVA; MONTEBELLO, 2020).

Segundo Bava (2004), a tecnologia social consiste em quatro dimensões, que são:

- 1) primeiro conhecimento, ciência, tecnologia,
- 2) segunda participação, cidadania e democracia,
- 3) terceira educação e
- 4) quarta relevância social, em que todas as quatro dimensões visam à solução e inovação de problemas que ocorrem dentro das comunidades, buscando assim transformações sociais por meio da educação.

As aplicações da tecnologia social têm foco no meio ambiente, na educação, na saúde, segurança alimentar, na energia e na acessibilidade e como destaca Fernandes e Maciel (2011) a cada ano são incorporadas áreas (FERNANDES; MACIEL, 2011) em que os atores vão se

aproximando, portanto espera-se que em pouco tempo a Ciência possa se debruçar cada vez em problemas das comunidades produzindo resultados que indique sustentabilidade e qualidade de vida das comunidades.

4.2 Digestão Anaeróbia

A Digestão Anaeróbia tem sido amplamente utilizada, em todo o mundo, por ser uma fonte de energia renovável e apresentar diversas vantagens, a produção do biogás para uso como uma fonte de energia, biofertilizante para uso como insumo fertilizante (KUMAR; SAMADDER, 2020) e para diminuir os impactos ambientais pela disposição de resíduos que emitem gás de efeito estufa (GEE), destacando que o CH₄ tem efeito maior 20 a 25 vezes maior do que o CO₂ (YAO *et al.*, 2019). Os créditos de carbono oferecem uma alternativa importante ao queimar o CH₄, porque na queima é emitido CO₂ e ainda há ganhos de GEE.

O processo de biodigestão é simples e consiste em colocar o material orgânico em um processo anaeróbico, sem ar, por um período de tempo (TH- tempo de retenção hidráulica) para que as bactérias façam o processo. Em termos gerais, é necessário fazer uma mistura homogênea com igual quantidade de material orgânico e água.

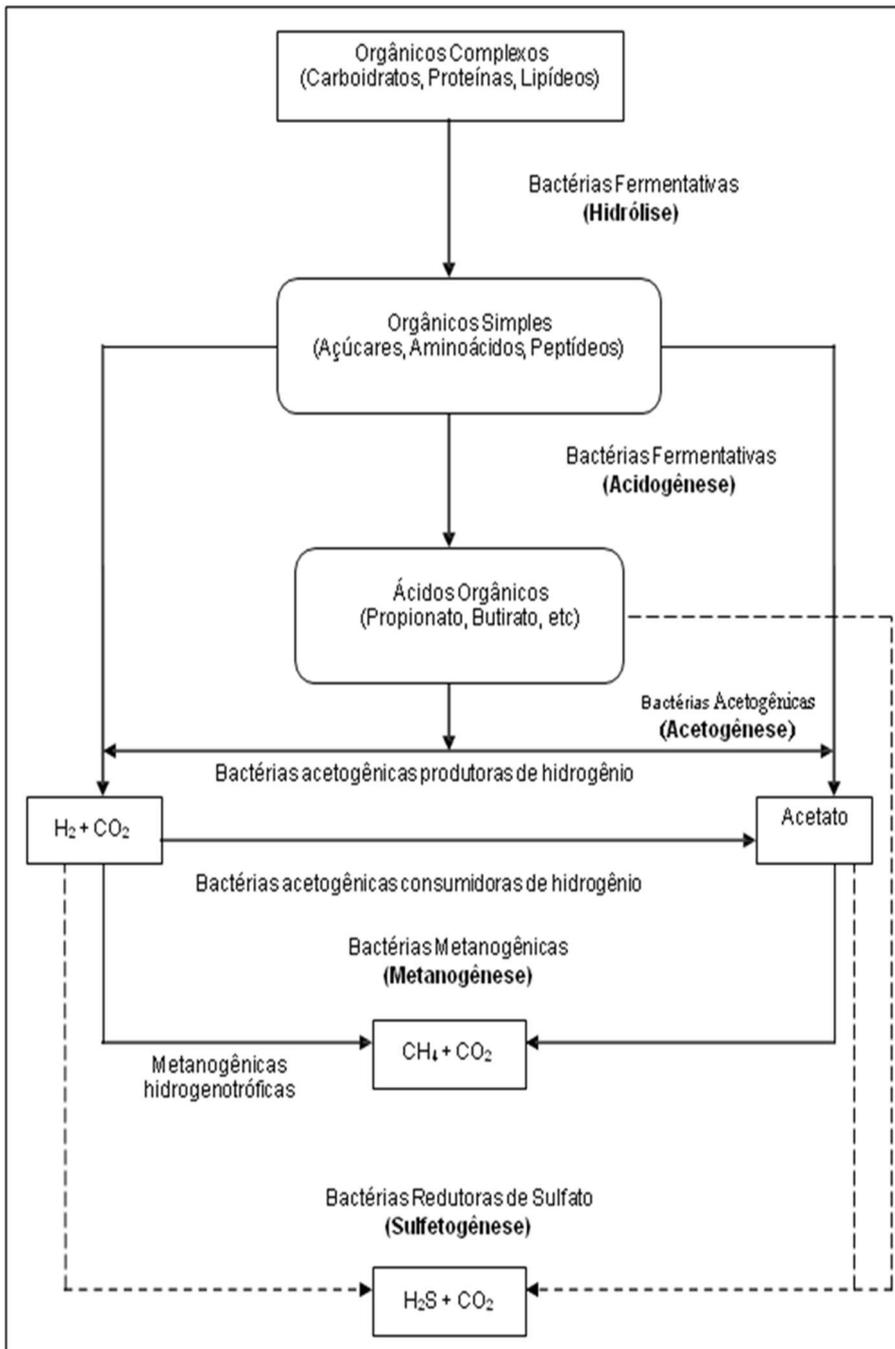
4.2.1 Etapas da Digestão Anaeróbia

A Figura 8 apresenta o processo da digestão anaeróbia em que ocorre a degradação da matéria orgânica presente nos resíduos, por meio de sucessivas reações bioquímicas, na ausência de oxigênio (O₂). É um processo natural que ocorre em mangue, pântanos, lagos e rios. Essa degradação gera uma mistura gasosa constituída por gases sendo os principais o gás metano (CH₄) e o dióxido de carbônico (CO₂) (WAINAINA *et al.*, 2020).

Como exhibe a Figura 8, o resíduo, para o processo da digestão anaeróbia, passa por cinco etapas:

- 1) Hidrólise
- 2) Acidogênese
- 3) Acetogênese
- 4) Metanogênese
- 5) Sulfetogênese

Figura 8 - Sequências metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia.



Fonte: Chernicharo (1997)

1) Hidrólise

Refere-se à primeira etapa do processo da biodigestão anaeróbica em que os materiais particulados complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) propiciam a conversão em compostos dissolvidos mais simples, aminoácidos, pequenos sacarídeos, ácidos graxos e álcoois (CAVALEIRO; ALVES, 2020).

São transformados em menor peso molecular, que podem atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas. Essa conversão de materiais particulados em materiais dissolvidos ocorre por meio da ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas (YAN *et al.*, 2020).

2) Acidogênese

Os produtos provenientes da fase da hidrólise são metabolizados, no interior das células das bactérias fermentativas, em que são convertidos em diversos compostos mais simples (ácidos graxos voláteis, ácido láctico, amônia, sulfeto de hidrogênio, álcoois, gás carbônico e, também, novas células bacterianas), que são excretados pelas células (PERES *et al.*, 2010).

Os ácidos graxos voláteis são o composto mais importante para os organismos fermentativos, já que são originados das bactérias fermentativas acidogênicas cuja grande maioria das bactérias acidogênicas são anaeróbias estritas, mas 1% constitui-se de bactérias facultativas podendo oxidar o substrato orgânico por via oxidativa (PRAMANIK *et al.*, 2019).

As principais espécies de bactérias que atuam no processo da acidogênese são as *Clostridium* e a *Bacteroids*. A *Clostridium* é uma espécie anaeróbia que sobrevive, em ambientes totalmente adversos, já as *Bacteroids* são encontradas, geralmente, nos tratos digestivos, participando do processo da degradação de açúcares e aminoácidos (NI *et al.*, 2020).

3) Acetogênese

As bactérias acetogênese são encarregadas pela oxidação dos produtos gerados, na fase anterior à acidogênica, em substrato adequado para as bactérias metanogênicas. No entanto os produtos produzidos nessa etapa são o acetato, dióxido de carbono, hidrogênio, ácidos graxos voláteis e o ácido acético (GUERI; SOUZA; KUCZMAN, 2017).

O hidrogênio é formado, durante a produção do propiônicos e do ácido acético gerados nessa etapa, na qual ocorre a queda do pH, no meio da reação, chegando assim a diminuir para valores menores de 6,5. Com a diminuição do pH, surgem maus odores, visto que produz a liberação do gás sulfídrico (H₂S), amônia (NH₃) e outros gases (VIRIATO *et al.*, 2015).

4) Metanogênes

A metanogênes é a última etapa do processo de digestão anaeróbia, no entanto, os compostos orgânicos simples, formados na etapa anterior acetogênica (hidrogênio e ácidos orgânicos), são consumidos pelos microorganismos anaeróbios, conhecidos como arqueas

metanogênicas produzindo então o metano e o dióxido de carbono (OLIVEIRA; IGARASI, 2013).

As metanogênicas são divididas, em dois grupos: as metanogênicas acetoclásticas que formam o metano, a partir do metanol ou ácidos acéticos, responsáveis por 60 a 70% de toda a produção do metano; são microorganismos que atuam na digestão anaeróbia na ausência do oxigênio e pertencentes aos gêneros principais *Methanosaeta* (formato de filamentos) e *Methanosarcina* (formato de cocos) (SANTOS, L.A *et al.*, 2019).

O outro grupo são as metanogênicas hidrogenotróficas que produzem metano, a partir do hidrogênio e dióxido de carbono, que são gêneros mais isolados em reatores anaeróbios, sendo eles *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium* e *Methanospirillum* (SILVA; BORTOLI, 2018).

5) Sulfetogênese

A realização dessa etapa depende da composição do resíduo no processo da digestão anaeróbia, pois, se houver a presença de enxofre, ocorre a produção de sulfetos que é um processo no qual o sulfato e os outros compostos à base de enxofre são utilizados como aceptores de elétrons durante a oxidação dos compostos orgânicos (CASTRO; MATEUS, 2016).

Durante esse processo, a redução do sulfito, sulfato e outros compostos sulfurados em sulfeto ocorre, por meio das ações de um grupo de bactérias anaeróbias estritas, chamadas de bactérias redutoras de sulfato (ou bactérias sulforedutoras). Essas bactérias fazem com que ocorra a metabolização de uma gama de outros substratos, levando-os a competir com as colônias de bactérias que favorecem a produção do metano, fazendo com que se produza maior quantidade de H₂S, ao reduzir a produção do metano (BARBOSA *et al.*, 2019).

4.2.2 Fatores que influenciam a atividade anaeróbia

Tendo em vista que os microorganismos mais sensíveis e principais à produção do metano são os metanogênicos, as condições adotadas devem ser voltadas a proporcionar um meio propício e ideal para a sua atuação e sua sobrevivência. As principais condições são:

a) Temperatura; b) Ph; c) Nutrientes; d) Oxigênio; e) Composição química dos resíduos; f) Tempo de retenção hidráulica; g) Inóculo. A seguir serão especificadas cada uma das condições:

a) Temperatura

A temperatura é a condição mais importante ao processo da digestão anaeróbia, pois afeta de forma direta as taxas enzimáticas, fazendo com que ocorra a desnaturação das enzimas e até mesmo alterações nos microorganismos em processo, compromete a produção de certas enzimas causando problemas com a estabilização da matéria orgânica (UTECH *et al.*, 2017).

As bactérias e os microorganismos realizam o processo da digestão anaeróbia, de acordo com a temperatura. Estão divididas em três grupos: as termofílicas com atividade biológica em torno de (45-60°C), as mesófilas com atividade de (30 - 40°C) e, por fim, as psicrófilas com atividade (menores que 20°C) (NADALETI *et al.*, 2018).

À medida que ocorre, a mudança da temperatura pode influenciar na produção de biogás, sendo capaz de reduzir a produção ou até mesmo interromper o processo, no entanto a temperatura é um dos fatores principais que devem ser controlados (LOURENÇO *et al.*, 2018).

b) pH

Para produzir o metano, os microorganismos têm um crescimento ótimo em uma faixa de pH de 6,6 a 7,4. O pH está diretamente ligado com as concentrações de ácidos orgânicos voláteis no meio e qualquer desequilíbrio pode provocar o seu acúmulo levando à queda do pH. Os valores inferiores a 6 e superiores a 8 levam a instabilidade do sistema a cessar a produção do biogás, um dos fatores que pode levar a esse desequilíbrio e a temperatura (SILVA, 2013).

c) Nutrientes

Para ocorrer a digestão anaeróbia necessita-se da presença de alguns nutrientes, para a população microbiana, vitamina B12, selênio, níquel, cobalto, ferro, fósforo, enxofre, nitrogênio são alguns dos principais nutrientes necessários. Com a utilização de resíduos de animais é dispensável fazer a suplementação de nutrientes para a biodigestão anaeróbia (SOUZA, 1984).

d) Oxigênio

Os microorganismos responsáveis pela produção do metano, são anaeróbios estritos. A decomposição dos resíduos deve ser totalmente na ausência de oxigênio, pois, com sua presença, os microorganismos aeróbios geram um rápido crescimento, fazendo com que gere apenas dióxido de carbono e não de metano. Portanto os biodigestores devem garantir uma excelente vedação para impedir a entrada do oxigênio (CREMONEZ *et al.*, 2013).

e) Composição química dos resíduos

Os resíduos são substâncias orgânicas facilmente biodegradáveis e, a fim de proporcionar maior produção de metano, é necessária a presença de componentes biodegradáveis que são os carboidratos, lipídeos e proteína, obtendo-se um ótimo rendimento, mas há também as substâncias de difícil degradabilidade, como a lignina, celulose e hemicelulose que afetam na produção do biogás (PALHARES; GEBLER, 2014).

f) Tempo de Retenção Hidráulica

O tempo de retenção hidráulica (TH) é um dos parâmetros que afeta o desempenho da digestão anaeróbia, dado que é o tempo entre a entrada do efluente e a saída do afluente no biodigestor. Ao realizar a redução do tempo de retenção os microorganismos têm pouco tempo para a degradação da matéria orgânica (D' AQUINO *et al.*, 2019).

Esse acontecimento influencia na produção do biogás e de biofertilizante que pode afetar as comunidades dos microorganismos de crescimento rápido, assim como as bactérias hidrolíticas, acidógenos e as metanógenos de crescimento lento (BI *et al.*, 2020).

O TH pode variar, de acordo com a temperatura do processo, composição dos resíduos e as tecnologias aplicadas, pois é uma maneira de definir a finalidade do biodigestor como apresenta a Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - TH de acordo com a finalidade do biodigestor.

Produção no Biodigestor	TRH
Produção de Biogás	10 a 20 dias
Produção de Biofertilizante	50 a 60 dias
Produção de Biogás + Biofertilizante	30 dias

Fonte: Lucas Júnior, Souza & Lopes (2003).

g) Inóculo

Com a utilização de alguns resíduos com baixa produção de metano, como é o caso dos resíduos orgânicos, para o processo da digestão anaeróbia, há a necessidade de utilizar o inóculo, para viabilizar a produção das bactérias metanogênicas e, assim, produzir o biogás. Outra forma de adição do inóculo é utilizando uma parte do material que já passou pelo processo

de digestão anaeróbia, fornecendo, portanto, uma população de micro-organismo, para um novo processo, obtendo, dessa maneira, a aceleração da produção de biogás (IBRAHIM *et al*, 2017).

4.3 HISTÓRICOS DOS BIODIGESTORES

O biodigestor surgiu na Índia, no ano de 1857, em Bombaim, onde foi realizada a primeira instalação operacional à produção de biogás, resultando na implantação do biodigestor indiano de fluxo contínuo. No entanto, com o passar do tempo e as diversas vantagens da utilização do biodigestor, essa tecnologia foi sendo bastante consolidada principalmente nos países da China e da Índia (BENEGA *et al.*, 2018).

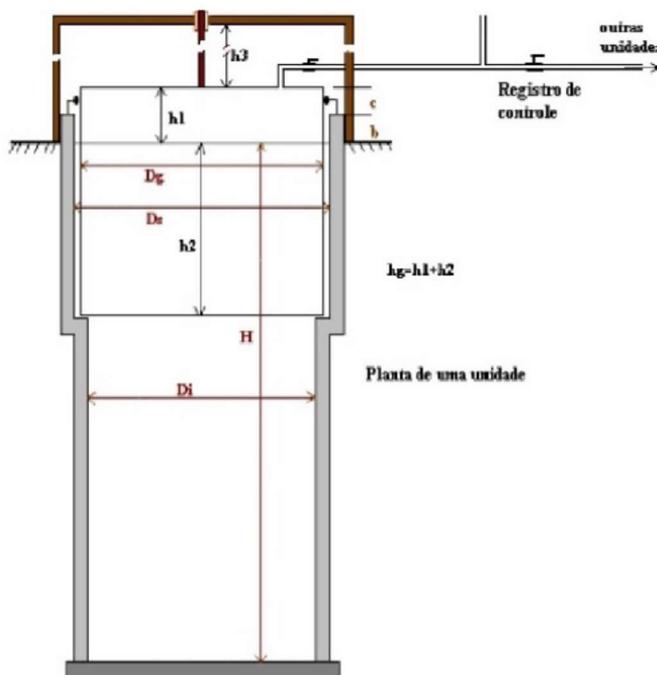
No Brasil, o biodigestor só começou a ser utilizado, na década de 1970, quando ocorreu a crise do petróleo, despertando então o interesse de utilização de novas tecnologias e fontes de energias renováveis, para a substituição do petróleo. Na Granja do Torto, em Brasília, a Embrater instalou, em novembro de 1979, o primeiro biodigestor do Brasil. Logo em seguida, com o incentivo do governo, começou a instalação de novos biodigestores pelo Brasil (KUNZ, 2006).

Seu tanque pode ser construído de concreto, alvenarias e outros materiais e pode ser abastecido com diversos tipos de resíduos, como resto de alimentos, frutas, cascas de cereais, detritos de animais e plantas (MILLER *et al.*, 2020). Tais resíduos depositados no seu interior, sofrendo o processo de decomposição da matéria orgânica, por meio da digestão anaeróbica, resultam na produção do biogás e do biofertilizante (RODRIGUES; BLANS; SCLINDWEIN, 2018).

A maneira pela qual os biodigestores são abastecidos com os resíduos é um meio de se classificar quanto ao tipo de biodigestores, sendo eles de batelada ou fluxo contínuos. Nos biodigestores tipo de batelada (Figura 9), o abastecimento com o resíduo é realizado em uma única vez, no início do processo, no qual se realiza o fechamento do biodigestor e procede apenas ao controle da produção do biogás (SANTOS; GUIMARÃES; GONÇALVES, 2017).

Os resíduos são retirados somente após o período recomendado de Retenção Hidráulica adequada de 45 dias para os equipamentos mais comuns. Logo depois da retirada, deve-se realizar a lavagem do biodigestor e abastecido novamente para iniciar um novo processo (SILVA; SILVA; ALVAREZ, 2018).

Figura 9 - Vista em corte de um biodigestor de batelada.



Fonte: ORTOLANI; BENINCASA; LUCAS JUNIOR, 1991.

O abastecimento dos biodigestores de fluxos contínuos é realizado de forma constante e exemplos desse modelo são os biodigestores canadense e indiano, os quais têm sido indicados, para resíduos que possuem sua fermentação e decomposição de forma mais lenta e com longo período de produção de biogás (SILVA; ARAÚJO, 2017).

Há uma série de modelos de biodigestores e aqueles mais utilizados são: a) Indiano; b) Chinês; c) Canadense; d) UASB, que abaixo serão especificados.

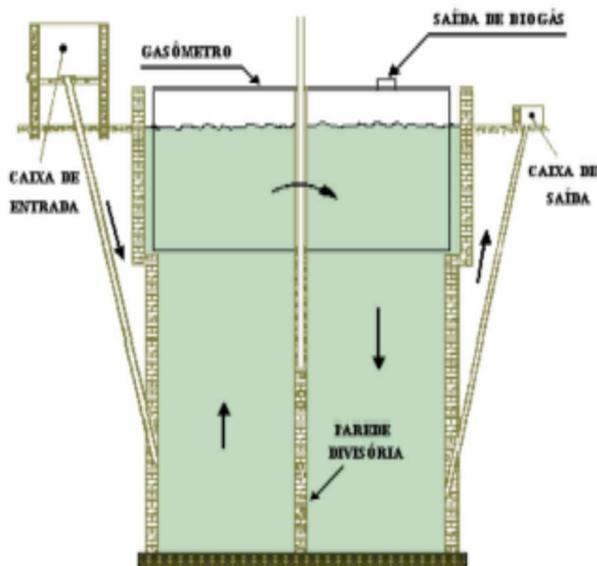
a) Biodigestor Indiano

O biodigestor indiano (Figura 10) foi o primeiro a ser construído, em meados de 1857, na Índia. Possui características diferentes dos demais modelos de biodigestores, pois nele se encontra uma parede divisória, em seu interior que tem por função dividir o tanque de fermentação, em duas câmaras, garantindo assim a circulação e a separação dos resíduos utilizados. Para o processo de produção de biogás, no interior da câmara de fermentação, é o resíduo já decomposto (biofertilizante) (TARRENTO, 2006).

Esse modelo de biodigestor caracteriza-se por comportar uma espécie de campânula utilizada como gasômetro, a qual se encontra mergulhada sobre a biomassa, em processo de fermentação, ou no selo d'água externo. Essa técnica é utilizada para reduzir as perdas de

biogás, durante o processo de produção, por causa do material utilizado do gasômetro, que é de metal e faz com que se eleve o custo final desse modelo de biodigestor (FRIGO *et al.*, 2015).

Figura 10 – Modelo de biodigestor indiano.



Fonte: OLIVER; 2008.

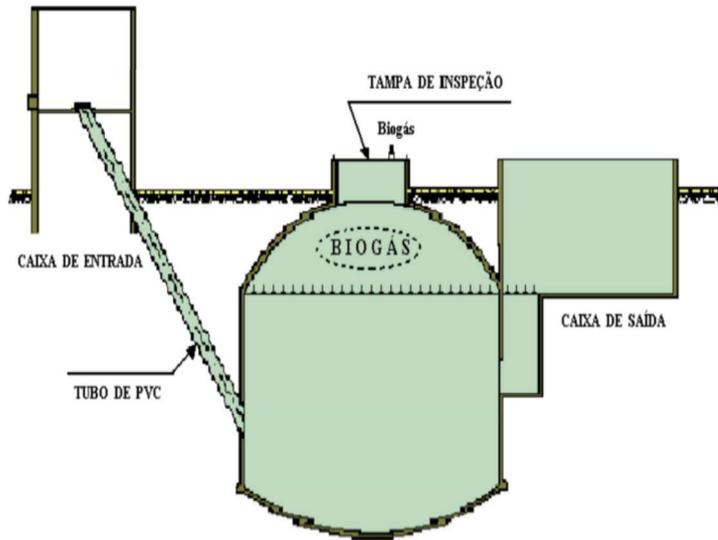
Para realizar a alimentação desse modelo de biodigestor, o resíduo deve conter uma concentração de sólidos totais não superiores a 8%, pois, se for superior a esse valor, ocorrem problemas no sistema, como na circulação dos resíduos dentro das câmaras e principalmente entupimento nos canos de entrada e saída do material (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

b) Biodigestor Chinês

O biodigestor chinês (Figura 11) tem sua câmara de fermentação o formato cilíndrico, é composto quase todo em alvenaria, prescindindo da utilização do gasômetro em metal, no qual se torna um modelo de biodigestor com o custo mais reduzido durante o processo construtivo (ANDRADE *et al.*, 2012).

Esse modelo possui o teto impermeável que se destina ao armazenamento do biogás, dessa maneira, deve-se realizar uma excelente vedação para evitar problemas com vazamentos. Seu funcionamento é semelhante ao de uma prensa hidráulica, de forma com que há o aumento da pressão, em seu interior, gerando assim o acúmulo do biogás, sucedendo o deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída; para ocorrer a descompressão, o processo ocorre no sentido contrário (BONTUR; VAN DIJK, 2012).

Figura 11 - Modelo de biodigestor chinês.



Fonte: OLIVER; 2008.

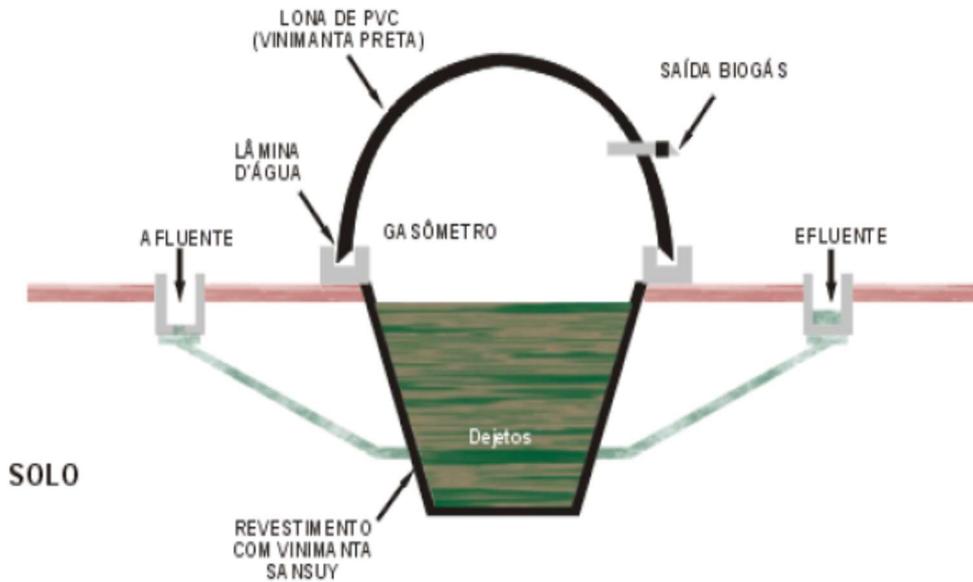
Nesse tipo de biodigestor, há uma parcela de gás que é liberado para a atmosfera pela caixa de saída, reduzindo relativamente a pressão interna do gás, por isso, esse modelo não é utilizado em sistemas de grande porte (CÔRTEZ; ROCHA; CÔRTEZ, 2019). Similar ao biodigestor indiano, sua alimentação deve ser de forma contínua e, para facilitar a circulação do material em seu interior e evitar o entupimento dos canos, a concentração dos sólidos totais deve ser em torno de 8% (CALZA *et al.*, 2015).

c) Biodigestor Canadense

Esse modelo de biodigestor Canadense (Figura 12) se diferencia dos demais modelos por seu sistema construtivo ser do tipo horizontal, cuja base, em formato retangular, construída em alvenaria, tem sua largura maior que a profundidade, facilitando, dessa forma, que os resíduos tenham maior contato com a exposição do sol, proporcionando maior produção de biogás e impedindo entupimentos nos canos (WENZEL *et al.*, 2014).

Seu gasômetro é feito com o uso de uma manta flexível de PVC que, quando produzido o biogás, a manta infla, fazendo então o seu armazenamento. Esse modelo é o mais utilizado hoje em dia pela sua facilidade de implantação, visto que pode ser utilizado em pequenas e grandes propriedades. Seu abastecimento pode ser tanto na forma de batelada ou de fluxo contínuo (PEREIRA *et al.*, 2009).

Figura 12 - Biodigestor modelo Canadense

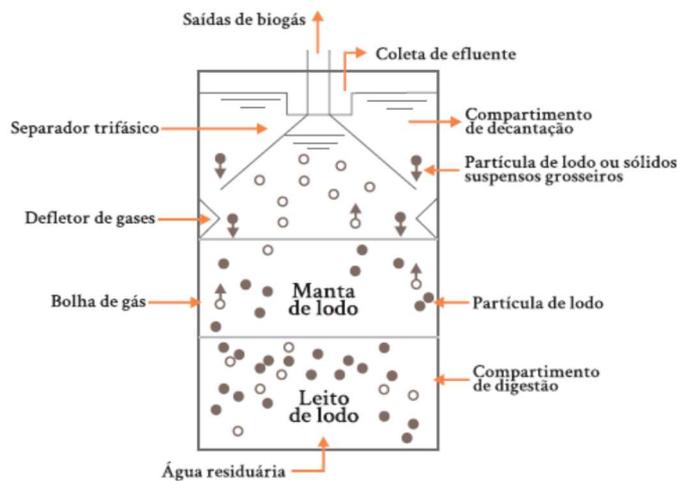


Fonte: DEGANUTTI *et al.*, 2002.

d) Biodigestor UASB

Para realizar o tratamento dos resíduos com o teor de sólidos abaixo de 2%, utiliza-se uma tecnologia moderna e mais eficiente chamada de biodigestor UASB (Figura 13) (UpFlow Anaerobic Sludge Blanket), que foi desenvolvida em Holanda. Apresenta um alto desempenho tecnológico, sendo que se utilizam materiais como o plástico para a sua estruturação evitando assim a corrosão (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Figura 13 - Modelo de biodigestor UASB.



Fonte: AMARAL; STEINMETZ; KUNZ, 2019.

Os biodigestores do modelo UASB exibem como sua principal característica o fluxo ascendente do afluente, processo que ocorre por uma manta de lodo até o topo do reator em que se realiza a separação gás-sólido-líquido. Seu principal aspecto é a alta capacidade de fazer a reação com baixo tempo de retenção hidráulica (4 a 72 horas). Desse modo, esse modelo tem maior utilização ao tratamento de resíduos mais líquidos como vinhoto e tratamento de esgoto (SILVA; AMARAL, 2013), entretanto este sistema não tem produção de biogás de alta capacidade e também a eficiência do sistema gira em torno de 80-90%.

4.4 RESÍDUOS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS

No Brasil, a geração de resíduos vem aumentando cada vez mais. Esse fato está ligado diretamente ao crescimento da população com seu padrão cultural, práticas de vida, consumo e renda, em consequência, aumentam o consumo de alimentos e a geração de resíduos (MANNARINO; FERREIRA; GANDOLLA, 2016).

Esses resíduos são as parcelas que restam dos processos derivados das atividades animal e humana, nas quais a presença de matéria orgânica que sofre decomposição, a partir da ação dos microorganismos. São resíduos descartados de maneira inadequada que podem vir a acarretar sérios problemas para o meio ambiente (SANTOS FILHO *et al.*, 2018).

Na busca por meio adequado, para a redução desses impactos causados pelo descarte dos resíduos ao meio ambiente, tem-se levado a uma preocupação tanto para os políticos quanto para os cientistas. Uma das soluções que vem se destacando, para o aproveitamento desses resíduos, é a digestão anaeróbia que se tornou uma das vias de energia renovável mais atraente que gera os produtos como o biogás e o biofertilizante (SCARLAT *et al.*, 2018).

A produção de biogás não tem um valor fixo, visto que essa produção depende de diversos fatores, como a temperatura, pH, tempo de retenção hidráulica, além da composição bioquímica dos diferentes tipos de resíduos que podem ser utilizados para o processo da digestão anaeróbia e produção de biogás, como é possível observar na Tabela 4.

Tabela 4 – Índices de produção de biogás

Tipo de Animal	Média de produção de dejetos (em Kg por dia)	Biogás m ³ /animal/dia
Bovino	10,0	0,36
Suíno	2,5	0,19
Caprinos	2,8	0,07
Eqüinos	10,0	0,19
Aves	0,18	0,02

Resíduo	Média de geração de Resíduo Orgânico (em Kg por dia/ por pessoa)	Biogás m ³ /resíduo/dia
Orgânico	1	0,04

Fonte: Adaptado por Colatto e Langer (2011).

Os resíduos podem ser produzidos tanto na área urbana como na rural e os mais utilizados para o processo da digestão anaeróbia e a produção de biogás são: a) Dejetos de Animais e b) Resíduos orgânicos (Resto de Alimentos)

a) Dejetos de animais

Os resíduos gerados pelos animais são chamados de dejetos ou esterco, constituídos pela urina, fezes, resíduos de ração e água proveniente do processo de higienização do manejo dos animais (MANSO; FERREIRA, 2007).

Esses dejetos são disponíveis em grandes quantidades em produções intensivas, mas também podem ser em quantidade pequenas, mas que sejam possíveis de gerar biogás para consumo alimentar, como exemplo. Os principais dejetos de animais utilizados, para a produção do biogás, são os de bovinos, suínos, aves, ovinos, caprinos e eqüinos, sendo que os mais aplicados são os de bovinos e suínos (OTOBONI *et al.*, 2017).

A Tabela 5 apresenta a informação sobre a quantidade de animais criados, no ano de 2018, no Brasil, sendo que a cada ano que passa tende a aumentar cada vez mais as criações que, por essa razão, aumentam a geração de resíduos.

Tabela 5 - Efetivos da Pecuária 2018 no Brasil

Animais	Quantidade do Rebanho (Milhões de cabeça)
Galináceos	1468,3
Bovinos	213,5
Suínos	41,4
Caprinos	10,7
Equinos	5,7

Fonte: Adaptado IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal 2018.

Os dejetos bovinos vêm sendo estudados já há muito tempo, sua maior aplicação é como fertilizantes que são aplicados em diversos tipos de cultivares. Essa utilização se dá pelo fato dos dejetos bovinos conterem diversos nutrientes, como os macronutrientes, compostos pelo nitrogênio, potássio e fósforo e os micronutrientes que podem estar presentes, como o manganês, arsênio, magnésio, sódio, ferro, zinco, cobre, cálcio (MATOS *et al.*, 2017).

Com a alta centralização de bovinos, em pequenas áreas, como é o caso dos confinamentos, ocorrem grandes gerações de volumes de dejetos, os quais tendem a originar focos intensos de produção de gases, como metano, amônia, dióxido de carbono e óxido nítrico, portanto significam potencial de biodigestão.

Porém existem fatores que podem afetar a qualidade desses dejetos, como a dieta aplicada no animal, pelo fato da concentração de nutrientes em sua alimentação, além da idade, tamanho, sistema de manejo, condições climáticas e principalmente a quantidade de matéria seca ingerida pelo animal (RHODEN *et al.*, 2017).

b) Resíduos orgânicos (Restos de Alimentos)

No Brasil, 51% dos resíduos sólidos urbanos, coletados nas cidades, são correspondentes aos resíduos orgânicos, que proporcionam 36,5 milhões de toneladas por ano, sendo que essa parcela de resíduo, em sua grande maioria, é levada para os aterros sanitários e lixões, portanto não são realizados os tratamentos inadequados, que, por fim, acabam produzindo o gás metano que é mais poluente que o gás carbônico, contribuindo desse modo para com que ocorra o avanço do aquecimento global (ABRELPE, 2018/2019).

No processo de produção de alimentos, há diversos tipos de resíduos de origem inorgânica e orgânica. Em estabelecimentos que trabalham com venda de alimentos, como é o caso dos restaurantes, bares, indústrias e comércios, eles produzem uma grande quantidade de

resíduos orgânicos, já que boa parte dos alimentos, que não são consumidos, como folhas, talos, cascas e os restos de alimentos, desperdiçados pelos clientes, são descartados para o lixo (BUSATO; FERIGOLLO, 2018).

Esses restos de alimentos são um substrato importante para o processo de digestão anaeróbia, por seu alto teor de carboidratos, rápida hidrólise e acidificação da matéria orgânica (FISGATIVA; TREMIER; DABERT, 2016).

4.5 BIOGÁS

O interesse pelo uso do biogás, no Brasil, despertou nas décadas de 1970 e 1980, principalmente entre os suinocultores, que realizaram, na época, programas ofertados pelo governo que incentivava a implantação de biodigestores, para a geração de energia, produção de biofertilizante e redução dos impactos ambientais, mas, infelizmente, não obtiveram sucesso, levando à maioria dos sistemas serem desativados (JANUÁRIO; MARINHO; OLIVEIRA, 2019).

Atualmente a demanda por energia está aumentando cada vez mais, por isso, há busca de novas fontes de energias renováveis, despertando novamente um novo interesse pela produção de biogás, por ser uma fonte de energia limpa e sustentável que reduz o custo para o tratamento dos resíduos. Isso acontece pela degradação natural da matéria orgânica, via digestão anaeróbia, resultando assim na produção do biogás e do biofertilizante (HENGEVELD *et al.*, 2020).

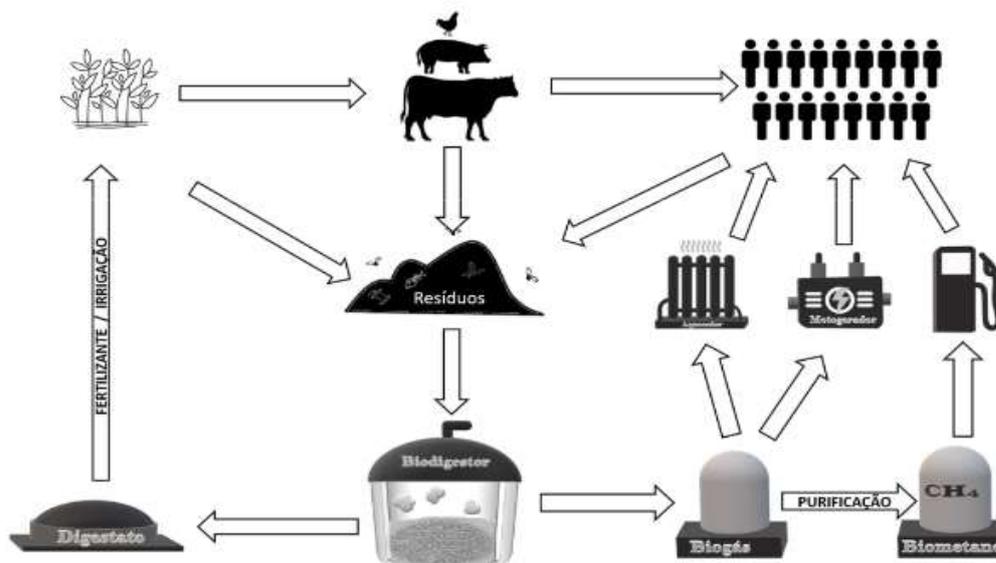
Existem diversos fatores para utilizar o biogás, como uma fonte de energia limpa e um deles é o fácil armazenamento do biogás que pode ser acondicionado em recipientes sem pressão ou cilindros pressurizados. Outro fator relevante à sua utilização é a manutenção e construções dos biodigestores de fácil aplicação e melhor custo-benefício (BUDZIANOWSKI; BRODACKA, 2017).

Por diversos fatores a produção do biogás vem crescendo no Brasil. No ano de 2017, a sua produção representou 0,8% na matriz energética brasileira. Esse crescimento do segmento do biogás significa uma renda importante na atividade agropecuária em razão de ser uma fonte de energia verde podendo ser utilizada para diversas finalidades (MUNIZ; SANTOS, 2017).

Entre tantas finalidades provenientes da queima do metano presente no biogás, a Figura 14 exibe os processos de filtragem que são realizados para cada tipo de uso do biogás. O que mais se destaca é a utilização, para a geração de energia elétrica, obtida por meio da transformação do biogás pelos moto geradores, sendo que essa energia elétrica pode ser

consumida na propriedade ou vendida o excedente para estações de energia (GONZAGA; BARBOSA, 2016).

Figura 14 – Ciclo do aproveitamento energético dos resíduos para a produção de biogás e seu processo de purificação para suas finalidades.



Fonte: (SANTOS *et al.*, 2019).

A energia elétrica é uma forte candidata aos projetos de comercialização de crédito de carbono, fato esse que muitos países da união europeia estão investindo em projetos de geração de energia com o biogás (INGRAO *et al.*, 2019).

A energia térmica é derivada de um processo da queima de um dos principais gases presentes no biogás, o metano, que pode ser utilizado em caldeiras, aquecedores e até mesmo para o processo de cocção de alimentos (FREITAS *et al.*, 2019).

Outra vantagem proveniente do biogás é o biometano, mais conhecido como combustível verde, que se origina, após o processo de purificação do biogás, realizando a retirada do gás carbônico e outros compostos presentes que interferem na perda de sua eficiência (MARTÍN-HERNÁNDEZ; GUERRAS; MARTÍNS, 2020).

Esse combustível pode ser empregado em automóveis, seu uso substitui o óleo diesel, nas máquinas agrícolas e caminhões, tendo um ganho econômico e, principalmente ambiental, por ser uma fonte de energia renovável e tem o comportamento igual ao gás natural (ROTUNNO; LANZINI; LEONE, 2017).

Uma das vantagens da produção do biogás é a geração do biofertilizante, produzido, a partir do processo de fermentação dos resíduos, ou seja, a digestão anaeróbia. Possui diversos benefícios, visto que sua principal utilização é como fertilizante orgânico líquido, sendo melhor

utilizado que o uso direto do esterco. Seu processo de fermentação, que ocorre para a sua produção, faz com que aconteça uma série de transformações biológica e química (AGHBASHLO *et al.*, 2019).

Deixa os nutrientes prontamente disponíveis para serem utilizados, em diversas cultivares, fornecendo como proteínas, enzimas, vitaminas, macro e micronutrientes, reduzindo o consumo de fertilizantes químicos, aumentando a matéria orgânica no solo, além de aumentar a produtividade das plantas (QI, GUANGDOU *et al.*, 2018).

Com o emprego do biofertilizante, há redução da quantidade de inseto e de contaminantes fecais, problemas de doenças nas lavouras e redução de uso de inseticidas e fungicidas. Além de ser um excelente fertilizante para as plantas, é também um ótimo condicionador do solo, melhorando assim a retenção de água e a estrutura física (ZUCCARI *et al.*, 2015).

4.5.1 Composição do Biogás

O biogás é definido como um gás incolor, o qual, realizando sua queima, produz uma chama azul-claro com um mínimo de poluição. Além de ter um alto poder calorífico, só possui odor, se houver a presença do gás sulfeto de hidrogênio. A composição do biogás altera, de acordo com as características e quantidade dos materiais utilizados, para o processo de digestão anaeróbia, sendo composto basicamente pelo metano (CH₄) e o gás carbônico, além de conter a presença de outros gases, como o hidrogênio (H), nitrogênio (N) e o sulfeto de hidrogênio (H₂S), como apresenta a Tabela 6 (AMARAL *et al.*, 2020).

Tabela 6 - Composição teórica do biogás.

Composto	Símbolo químico	Conteúdo (Vol. %)
Metano	CH ₄	50 - 75
Dióxido de carbono	CO ₂	25 - 45
Vapor d'água	H ₂ O	2(20°C) - 7(40°C)
Oxigênio	O ₂	<2
Nitrogênio	N ₂	<2
Amônia	NH ₃	<1
Hidrogênio	H ₂	<1
Sulfeto de hidrogênio	H ₂ S	<1

Fonte: AL SEADI *et al.*, 2008.

O metano é principal gás presente no biogás, é representado pela fórmula química CH₄, é estável, incolor, altamente inflamável, de baixo odor, praticamente insolúvel em água, mas solúvel em solventes orgânicos, além de ser um composto simples e abundante no grupo dos hidrocarbonetos (MAURUS; AHMED; KAZDA, 2020). Sua combustão não produz resíduos material particulado (MP) que é um dos problemas de fogão a lenha. (WEIDE *et al.*, 2020).

O biogás tem composição diversa e que depende das condições de produção, como a composição bioquímica dos resíduos, temperatura, ph e o tempo de retenção hidráulica no biodigestor (SANTOS *et al.*, 2019).

Tabela 7 - Composição média do biogás para diferentes tipos de biomassa

Biomassa residual (efluente)	Composição Biogás		
	CH ₄ - %	CO ₂ - %	H ₂ S - ppm
Amidonaria (mandioca)	54,3	44,9	97,0
Bovinocultura leiteira	59,6	39,1	329,3
Misto (aves de postura + bovinocultura de corte)	69,2	29,8	64,1
Abatedouro de aves	68,2	29,6	1897,1
Suinocultura - terminação	62,0	37,0	2.782,3
Suinocultura - produção de leitões	68,4	30,6	1.309,1

Fonte: (LINS; MITO; FERNANDES, 2016).

Seu volume de rendimento é a composição de gases presentes e afetada de acordo com a utilização dos resíduos (Tabela 7), que sucede pela quantidade de gorduras, proteínas e carboidratos presentes nas matérias-primas, sendo que os materiais ricos em lipídeos e carboidratos geram maior produção de metano (QI, GUANGDOU *et al.*, 2018)..

Enquanto os materiais ricos em matérias lignocelulósicas apresentam menor capacidade de produção, porém, para melhor eficiência desses materiais que contêm a presença da lignina, hemicelulose e celulose é realizado um processo de pré-tratamento para ocorrer melhor digestibilidade (ISEMIN *et al.*, 2019).

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 TESTES REALIZADOS SEM OBTER SUCESSO

5.1.1 Teste 1

Ao dar início à parte prática do projeto, começou-se pela adaptação de cinco tambores de 60 litros que se interligam por meio de mangueiras, como apresenta a Figura 15. Na saída de cada tambor tem um registro para abrir e fechar de acordo com a produção do biogás.

Figura 15 - Teste 1 com tambor de 60 litros com tampa de rosca.



Fonte: Autor (2020).

Na saída final, havia um registro principal que, ao se abrir para a liberação do biogás produzido pelos 5 tambores, direcionava o biogás para o medidor que realizou a medição em

metros cúbicos (m³). Após passar pelo o medidor, o biogás foi direcionado para uma câmara de ar de pneu, a fim de realizar o seu armazenamento para a retirada de amostras às análises.

O abastecimento foi realizado com resíduos de mandioca (casca), sendo 20 quilos, 25 litros de água e 5 quilos de dejetos bovinos utilizados como inóculos para se obter a produção de biogás, sendo assim, totalizando a ocupação do tambor de 50 litros e restando 10 litros como gasômetro.

O processo foi iniciado abastecendo o primeiro tambor e ficou fechado do registro por 7 dias e não houve detecção de biogás no medidor. Como planejado o segundo tambor foi abastecido e este ficou registro ficou fechado por 7 dias o registro, entretanto o primeiro registro era aberto diariamente e permaneceu sem detecção de biogás.

Em 14 dias de abastecimento do primeiro e totalizando 7 dias do segundo os dois registros foram abertos e também não foram detectadas a presença de biogás. Uma das conclusões da não detecção de biogás foi o vazamento na rosca de vedação.

Esse fator levou a interromper o processo, pois a produção de biogás se dá, por meio da digestão anaeróbia e ausência de oxigênio e, como não houve a vedação completa do tambor, permitiu que houvesse a entrada do oxigênio para dentro do tambor que, dessa forma, interrompeu a produção de biogás.

5.1.2 Teste 2

Após identificar, no teste 1, que o problema foi de vedação da tampa do tambor, resolveu-se utilizar um outro tambor de 60 litros com tampa menor (Figura 16) e mais adequada para evitar o vazamento.

Figura 16: Teste 2 com tambor de 60 litros com a tampa menor.



Fonte: Autor (2020).

O teste com um tambor produziu biogás e a sequência planejada era fazer o teste com os 5 tambores, entretanto não foi mais possível porque a o Brasil foi acometido pela Novo Coronavirus e foi necessário interromper a pesquisa porque os proprietários eram do grupo de risco e resolveram parar a produção

Não foi possível obter os resultados do teste 2, pois, assim que foi montado o experimento no local, iniciou-se a pandemia da COVID-19, suspendendo todas as atividades.

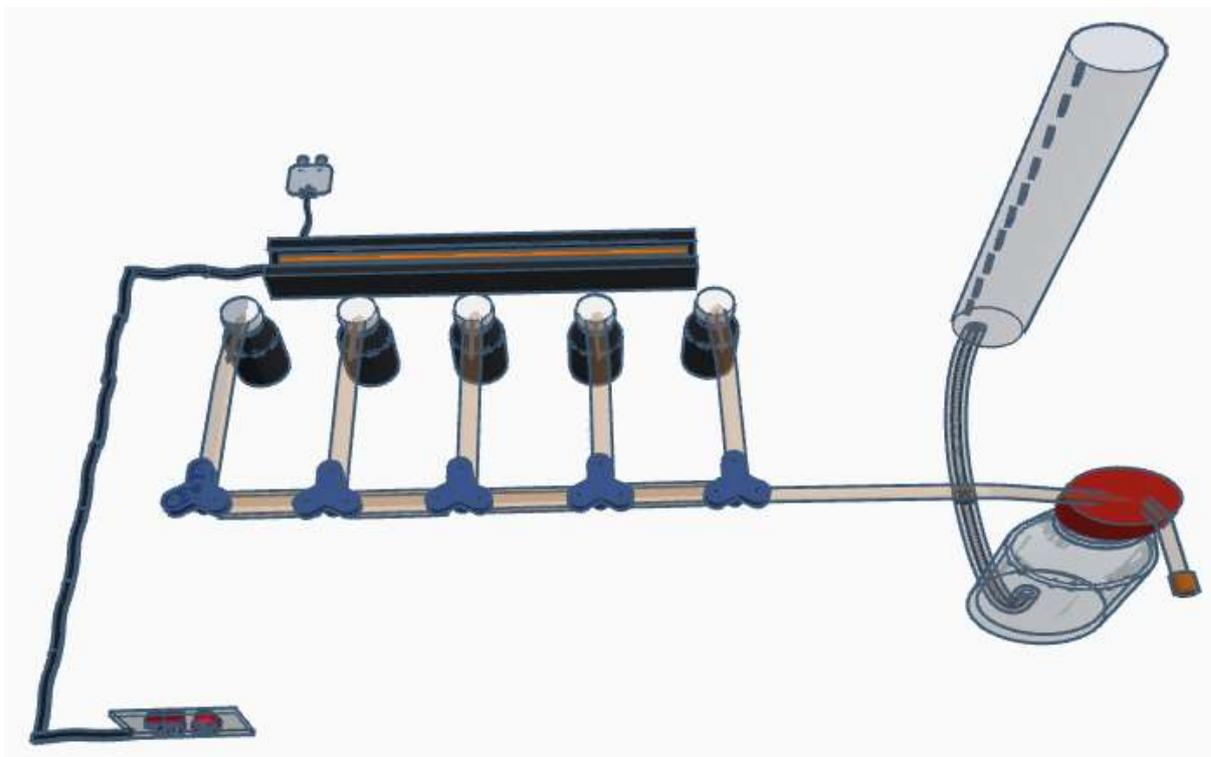
Com esse acontecimento levou a desenvolver novas pesquisas ideias para se obter resultados para o projeto.

5.2 TESTE QUE OBTEVE SUCESSO

5.2.1 Resultado por Abastecimento

Utilizando o dejetos bovino foi desenvolvido o experimento com biodigestores em batelada com produção de biogás contínua é em pequena escala figura 17, realizando o abastecimento de cada biodigestor por três vezes é em tempos diferentes, chegando há um resultado relevante, de acordo com a alimentação do sistema.

Figura 17: Teste que obteve sucesso



Fonte: Autor (2021).

A tabela 8 demonstra a produção de biogás de acordo com abastecimento do sistema levando a obter os seguintes resultados: com um biodigestor abastecido produziu à média de 273,13ml no período dos sete primeiros dias.

Ao abastecer o segundo biodigestor resultou em um aumento de 166,16ml resultando uma produção de 439,29ml, com três biodigestores produzindo houve um aumento mais inferior ao anterior de 41,71ml com produção de 481ml, com quatro biodigestores funcionando houve um aumento de 20,86ml com produção de 501,86ml e por fim com cinco biodigestores produzindo ocorreu um aumento de produção de 60,76ml gerando uma média de produção de biogás de 562,62ml.

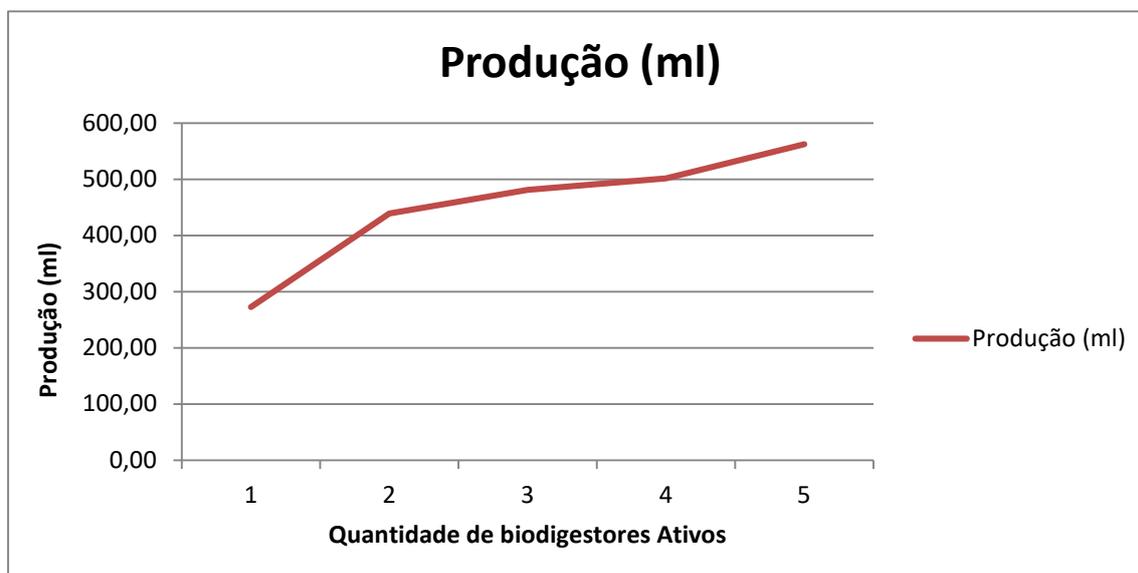
Tabela 8 - Média de produção

Quantidade de Biodigestores Ativos	Produção (ml)	Produção (m³)
1	273,13	0,000 273 13
2	439,29	0,000 439 29
3	481,00	0,000 481
4	501,86	0,000 501 86
5	562,62	0,000 562 625

Fonte: Autor (2021).

Com esses resultados pode observar que a cada abastecimento tende a aumentar a produção de biogás (Figura 18), isso significa que a produção é contínua e sempre tendendo a aumentar, ou seja quando maior a quantidade de biodigestores abastecidos maior a produção de biogás e sem interrupção do processo.

Figura 18- Produção de biogás de acordo com a quantidade de biodigestores abastecidos.



Fonte: Autor (2021).

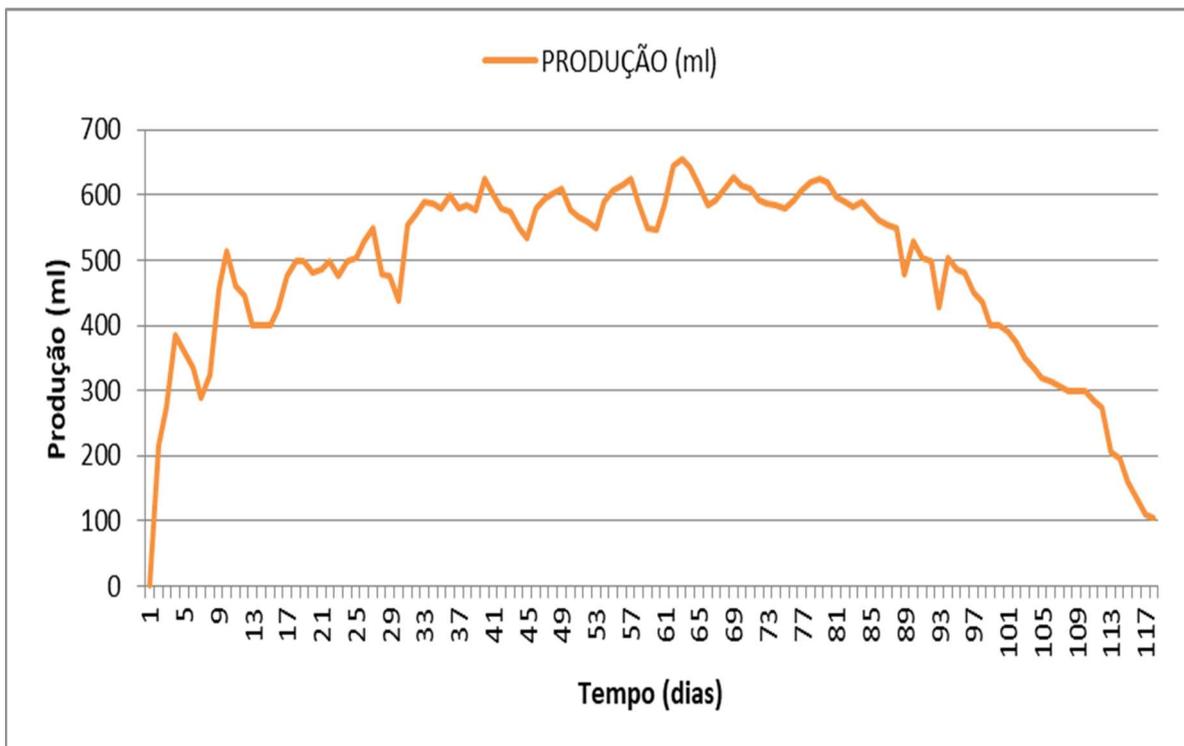
5.2.2 Resultado de todo o processo

O sistema de biodigestor com garrafas pet obteve sucesso com produção de biogás continua abastecimento em série e utilizando dejetos bovinos como resíduo. Observa-se na figura 19, que obteve um ponto maior de geração de 656 ml, isso ocorreu, pois coincidiu de abastecer duas garrafinhas, em um curto espaço de tempo, sendo uma no dia 05/02/2021 e a outra no dia 06/02/2021, enquanto as demais já estavam em funcionamento.

Após abastecer uma garrafa, ocorreu um pico de produção de biogás em torno de três dias, isso ocorre devido da utilização do inóculo que tem presença de bactérias anaeróbias que por sua vez acelera o processo da biodigestão. Logo em seguida, a produção reduziu um pouco e estabilizou até o abastecimento da próxima garrafa, porque o tempo de abastecimento de uma garrafa para outra foi curto de sete dias. Assim, não ocorreu a redução total da produção de biogás e sempre mantendo uma boa produção.

A temperatura, durante toda a produção, foi controlada e foi de suma importância, pois, na época em que foi realizado o experimento, a temperatura costumava oscilar muito por ser inverno, mas, com o controle da temperatura não ultrapassando os 35°C, ajudou a obter bons resultados, visto que as bactérias que auxiliam na produção de biogás são bastante sensíveis a mudanças bruscas de temperaturas podendo levar a diminuir a produção ou até mesmo a interromper o processo.

Figura 19 - Produção de biogás em função do tempo (Sistema de produção em Série).



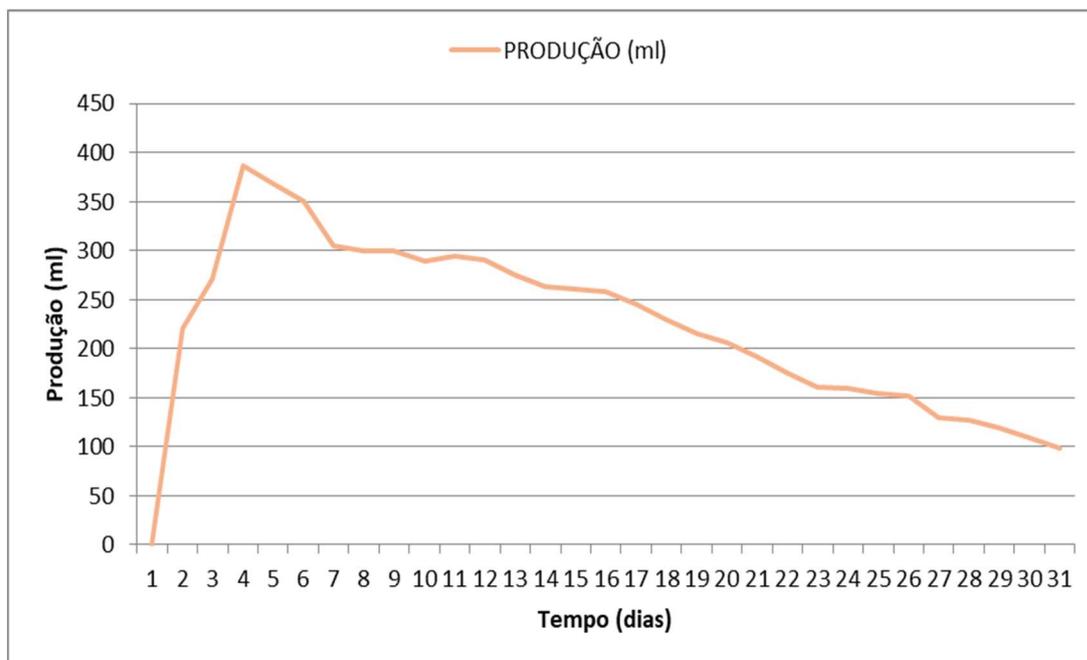
Fonte: Autor (2021).

O rendimento médio de produção de biogás, durante todo o processo, nos 118 dias do experimento, foi de 484,50ml, considerando também que foram utilizados, em cada abastecimento, 150g de esterco bovino fresco, 16,70g de inóculo de dejetos bovinos e 133,30g de água, obtendo-se 300g total de material dentro de cada biodigestor e, também, para cada um, foi adotado um tempo de retenção hidráulico de 30 dias.

A Figura 20 demonstra a produção de apenas uma garrafa com tempo de retenção hidráulico de 30 dias sem novos abastecimentos, obtendo uma produção máxima de 387ml, que aconteceu nos três primeiros dias de funcionamento do biodigestor.

Após o abastecimento, e ao se passar os três primeiros dias de maior produção de biogás, começou a cair a produção gradativamente até encerrar o processo, diferentemente do primeiro experimento.

Figura 20 - Produção de biogás em função do tempo (Abastecido uma única vez).



Fonte: Autor (2021).

A média de produção de biogás gerado por esse sistema, durante os 30 dias, foi de 222,09ml, com a temperatura controlada e a quantidade de material em seu abastecimento de 150g de esterco bovino fresco; 16,70g de inóculo de dejetos bovinos e 133,30g de água, obtendo-se 300g total de material dentro do biodigestor.

Diferente da Figura 18 que, no seu processo o biogás é produzido de forma contínua sem interrupção, esse fato ocorre, pelo método de abastecimento dos biodigestores mostrando eficácia do processo de produção de biogás de forma contínua. A Figura 19 demonstra que a produção, com o passar dos dias sem novos abastecimentos, vai caindo até se encerrar.

5.2.3 Média, Moda e Mediana

Após o levantamento de todos os dados em relação dos dias e da produção de biogás, realizou as tabelas 9 e 10 para determinar os cálculos da média, moda e a mediana.

Tabela 9 – Dados para determinar Média, Moda e Mediana produção de 30 dias

K	Produção em (ml)	fi	xi	xifi	F
1	0-200	11	100	1100	11
2	200-300	13	250	3250	24
3	300-400	6	350	2100	30
		30		6450	

Fonte: Autor (2021).

Tabela 10 - Dados para determinar Média, Moda e Mediana produção de 118 dias

K	Produção em (ml)	fi	xi	xifi	F
1	0-200	6	100	600	6
2	200-300	7	250	1750	13
3	300-400	13	350	4550	26
4	400-500	22	450	9900	48
5	500-600	50	550	27500	98
6	600-700	20	650	13000	118
		118		57300	

Fonte: Autor (2021).

A média ponderada foi determinada a partir da divisão da somatória da quantidade de biogás produzido pela quantidade de dias de duração do experimento, resultando em uma média de 215ml para o experimento de 30 dias e 485,59ml para o de 118 dias, Já a mediana foi determinada através dos cálculos abaixo:

$$\text{Mediana 30 dias de produção} = 200 + \frac{(15 - 11)}{13} * 100$$

Mediana = 230,76 ml

$$\text{Mediana 118 dias de produção} = 500 + \frac{(59 - 48)}{50} * 100$$

Mediana = 522 ml

Concluimos, portanto, no experimento com a produção de 30 dias a metade da produção será igual ou inferior à 230,76ml, e a outra metade igual ou superior que 230,76ml. Já no

experimento com a produção de 118 dias a metade da produção será igual ou inferior à 522ml, e a outra metade igual ou superior que 522ml.

Para determinar a moda aplicamos o seguinte cálculo:

$$\text{Moda 30 dias de produção} = 200 + \frac{(2)}{(2 + 7)} * 100$$

Moda = 222,22 ml

$$\text{Moda 118 dias de produção} = 500 + \frac{(28)}{(28 + 30)} * 100$$

Moda = 548,27 ml

Após os cálculos foi determinado para o experimento de 30 e 118 dias a produção que mais se apresenta com frequência durante o período da produção do biogás que são 222,22ml com 30 dias e 548,27ml para o experimento de 118 dias.

5.3 RESULTADO DAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS

5.3.1 Análise de Ph

A análise de ph é muito importante, para a produção de biogás. O ph ideal é de 6,6 a 7,4 materiais, com valores diferentes desse intervalo, devem ser evitados, pois podem inibir a produção.

Tabela 9 - Análise de Ph

ABASTECIMENTO	INICIO	TÉRMINIO
1.1	6,85	6,81
1.2	6,90	6,84
1.3	6,79	6,73
1.4	6,85	6,82
1.5	6,78	6,74
2.1	6,91	6,85
2.2	6,73	6,79
2.3	6,87	6,82
2.4	6,74	6,71
2.5	6,83	6,80

3.1	6,71	6,76
3.2	6,86	6,79
3.3	6,80	6,81
3.4	6,79	6,77
3.5	6,75	6,87

Fonte: Autor (2021).

As análises foram realizadas, no abastecimento de cada garrafa e no término do processo, após os 30 dias de cada uma. A Tabela 9 demonstra que os valores resultantes dessa pesquisa não obtiveram valores discrepantes, pelo contrário, os valores foram muitos próximos.

Uma das explicações desse fator é que, na matéria-prima utilizada para o experimento, os dejetos bovinos foram coletados no mesmo local e, principalmente, ao longo de toda a pesquisa, os animais tiveram o mesmo tipo de alimentação, favorecendo o resultado da pesquisa.

5.3.2 Análise do Biogás

A) Inflamabilidade

Assim que abastecidas as garrafas, já se iniciava a produção de gases, na qual realizou-se o teste de inflamabilidade, sendo que do primeiro ao terceiro dia não se produziu chama, isso pelo fato do gás produzido nos primeiros dias possuir uma maior quantidade de gás carbônico, ao em vez de metano, após passar os três primeiros dias realizou o teste novamente produzindo uma chama azul clara sua duração foi até acabar o biogás produzido pelo sistema.

B) Determinação de amônia

Para determinar a concentração de amônia no biogás produzido, foi utilizado o kit de biogás da Alfakit com parceria da Embrapa, mas não se obteve sucesso, visto que não foi possível realizar essa análise por meio desse método. A Alfakit informou que por causa de pouca quantidade produzida de biogás por dia, não era possível realizar o teste.

C) Determinação de Ácido Sulfídrico

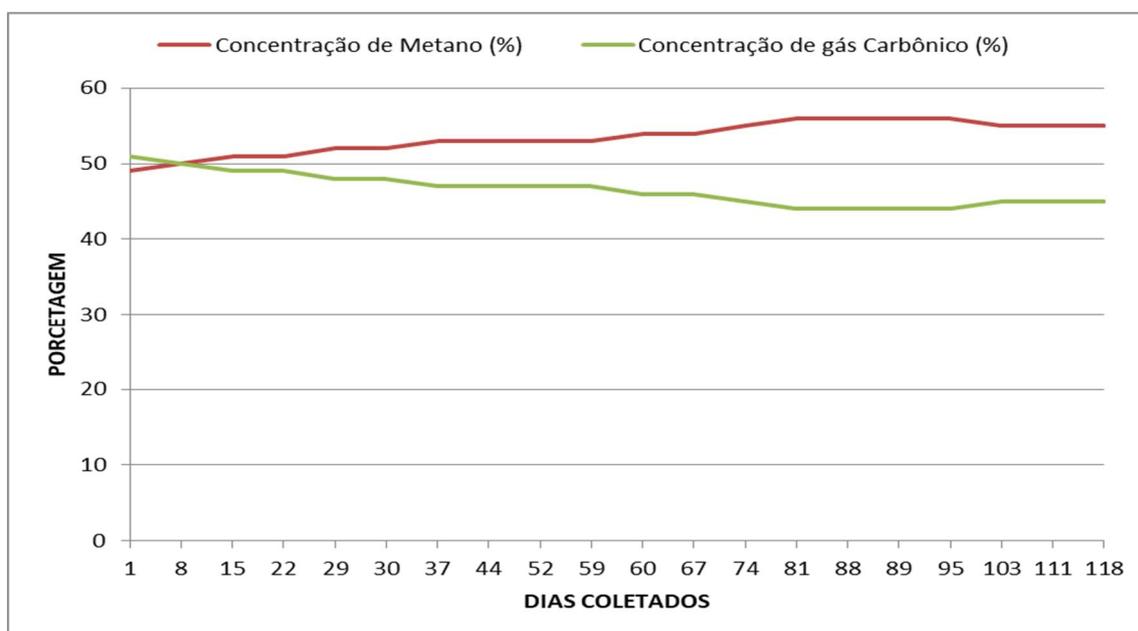
Para determinar a concentração de ácido sulfídrico no biogás produzido, foi utilizado o kit de biogás da Alfakit com parceria da Embrapa, mas não se obteve sucesso, dado que não foi possível realizar essa análise por esse método. A Alfakit informou que pela pouca quantidade produzida de biogás por dia, não era possível realizar o teste

D) Determinação de Gás Carbônico e Gás Metano

Utilizando o kit de biogás da Alfakit com parceria da Embrapa, obteve resultados por meio da diferença de volume, onde pode-se observar a quantidade de gás metano e gás carbônico com porcentagem de variações em suas concentrações.

A concentração do metano teve uma variação de 56% a 49%, já o gás carbônico obteve uma variação de 51% a 44% (Tabela 10).

Figura 21: Concentração de CH₄ e CO₂ no biogás.



Fonte: Autor (2021).

Tabela 10 - Concentração de Metano e Gás Carbônico.

Dias de Coleta	Concentração de Metano (%)	Concentração de gás Carbônico (%)
1	49	51
8	50	50
15	51	49
22	51	49
29	52	48
30	52	48
37	53	47
44	53	47
52	53	47

59	53	47
60	54	46
67	54	46
74	55	45
81	56	44
88	56	44
89	56	44
95	56	44
103	55	45
111	55	45
118	55	45

Fonte: Autor (2021).

A figura 21 demonstra que a partir do oitavo dia a concentração de gás carbônico reduziu isso se dá pelo fato, que aproximadamente nos três primeiros dias de produção de biogás há uma maior produção de gás carbônico, e que com passar do tempo essa quantidade vai reduzindo, é o gás metano se encontra com a produção em maior quantidade no biogás produzido.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise da produção de biogás contínua através da execução de um sistema formado por cinco biodigestores de batelada, utilizando como matéria prima dejetos bovinos, sua utilização sendo de suma importância para o meio ambiente, desenvolvimento econômico e social, bem como sendo uma fonte de geração de energia de forma sustentável.

Este estudo permitiu avaliar bons resultados, produzindo biogás de forma contínua e em escala, em quantidade relevante obtendo uma média do rendimento de 484,50ml no sistema com cinco biodigestores em um período de 118 dias, com uma produção máxima de 656ml, sendo que os maiores valores de produção obtidos do experimento foram 309 a 390ml por 13 dias, de 400 a 487ml por 22 dias, 500 a 598ml por 50 dias e de 600 a 656ml por 20 dias.

Para a produção durante o período de 30 dias houve uma produção máxima de 387ml, sendo que os maiores valores apresentados tiveram a duração de 13 dias com valores no intervalos de 206 a 295ml e 6 dias entre 300 e 387ml.

Através da avaliação dos dados obtidos da produção de biogás e da quantidade de dias do experimento foi calculado a média ponderada, moda e a mediana para determinar a eficiência do biodigestor obtendo resultados relevantes, onde no sistema com cinco biodigestores e um período de 118 dias resultou em uma média de produção por dia de 485, 59ml, a mediana de 522ml e a moda de 548,27ml. Já para o sistema com apenas um biodigestor e o período de 30 dias a média foi 215ml, a mediana de 230,76ml e a moda de 222,22ml.

Os valores obtidos do Ph por meio das análises realizadas ficaram todas positivas ficando dentro do intervalo determinado de 6,6 a 7,4, sendo que dos resultados obtidos o menor índice que se apresentou foi de 6,71 e o maior de 6,91.

Ao analisar o biogás produzido utilizando o Alfakit foi possível determinar a quantidade de gás carbônico e gás metano, porém não foi possível determinar a amônia e o ácido sulfídrico devido o experimento ser de pequena escala. Foi realizado também o teste de inflamabilidade com resultados positivos.

Das vantagens obtidas com o desenvolvimento deste estudo para produção de biogás utilizando cinco biodigestores foi produção contínua de gás obtendo uma maior produção no total, baixo custo para construção e manutenção, acessível para comunidade rurais e isoladas ou carentes e produção de gás para geração de energia, cocção de alimentos e para aquecimento. Dada a importância do tema, indica-se que trabalhos futuros possam replicar o mesmo sistema em escala maior e com mais quantidades de biodigestores para maior produção de biogás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDESHAHIAN, Peyman et al. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 60, p.714-723, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>.

ABRELPE, 2018/2019, PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: . <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/> Acesso 16 de Janeiro, 2020

AGHBASHLO, Mortaza; TABATABAEI, Meisam; SOLTANIAN, Salman; GHANAVATI, Hossein. Biopower and biofertilizer production from organic municipal solid waste: an exergoenvironmental analysis. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 143, p. 64-76, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.109>.

ALFAKIT. **Kit Análise de Biogás**. 2020. Disponível em: <https://alfakit.com.br/produtos/kit-analise-de-biogas-cod-3819/>. Acesso em: 02 jun. 2020.

AMARAL, Andre Furtado et al. Biogas beyond CHP: The HPC (heat, power & chemicals) process. **Energy**, p. 117820, 2020.

ANDRADE, H., O.; PINHEIRO, G., D.; PEREIRA, A., I., S.; FERREIRA, J., C., S., F.; BORGES, M., V., F. Aspectos Teóricos na Produção de Biogás e Biofertilizante pelo Mecanismo de Biodigestão e Geração de Energia Elétrica Limpa Através de um Gerador Específico. VII CONNEPI- Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, Brasil, 2012.

AQUINO, Adrieli Laís Antunes; CENSI, Daniel Rubens. O Desperdício de Alimentos: Adversidade ao Princípio da Sustentabilidade do Direito Ambiental. **La Saeta Universitaria Académica y de Investigación**, v. 7, n. 1, 2019.

BARBOSA, Rodrigo de Andrade et al. Remoção de sulfetos em reatores UASB microaerados tratando esgoto sanitário. **Revista Dae**, [s.l.], v. 67, n. 216, p.5-19, 2019. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.011>.

BAVA, Silvio C. Tecnologia social e desenvolvimento local. **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: FBB, p. 103-16, 2004.

BENEGA, Rodrigo Muziol et al. Utilização do biodigestor para tratamento de dejetos da suinocultura. **Ciência Veterinária UniFil**, v. 1, n. 1, p. 136-144, 2018. Shaojie et al. Effect of hydraulic retention time on anaerobic co-digestion of cattle manure and food waste. **Renewable**

Energy, [s.l.], v. 150, p.213-220, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.091>.

BONTURI, G. de L .; VAN DIJK, M. Instalação de biodigestores em pequenas propriedades agrícolas: análise de vantagens socioambientais. **Revista Ciências do Ambiente On-line** , v.8, n.2, p.88–95, 2012.

BERNDT, Alexandre. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Simpósio Internacional de produção de gado de corte, Anais.... Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 121-147., 2010

BUDZIANOWSKI, Wojciech M.; BRODACKA, Marlena. Biomethane storage: Evaluation of technologies, end uses, business models, and sustainability. **Energy Conversion and Management**, v. 141, p. 254-273, 2017.

BUSATO, Maria Assunta; FERIGOLLO, Maira Cristina. Desperdício de alimentos em unidades de alimentação e nutrição: uma revisão integrativa da literatura. **HOLOS**, v. 1, p. 91-102, 2018.

CALZA, L. F.; LIMA, C. B.; NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C.; SANTOS, R. F. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 990-997. 2015.

CASTRO, Diego; MATEUS, Viviana Oliveira. Produção de biogás a partir de restos de alimentos coletados em um restaurante: uma experiência a ser disseminada. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 15, 2016.

CAVALEIRO, Ana Júlia; ALVES, Madalena M. Digestão anaeróbia. **Revista de Ciência Elementar**, v. 8, n. 1, 2020.

CAZORLA, Irene Mauricio; DOS SANTOS SANTANA, Eurivalda Ribeiro; UTSUMI, Miriam Cardoso. O campo conceitual da média aritmética: uma primeira aproximação conceitual. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 14, p. 1-21, 2019.

CHISTÉ, Renan Campos; COHEN, Kelly de Oliveira. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 279-284, 2011.

CÔRTEZ, Diego Alves; ROCHA, Everildes Maria Dias; CÔRTEZ, Thiago Alves. BIODIGESTORES RURAIS E SUA IMPORTÂNCIA NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. **HUMANIDADES E TECNOLOGIA (FINOM)**, v. 1, n. 18, p. 97-108, 2019. CÔRTEZ, Diego Alves; ROCHA, Everildes Maria Dias; SABIÃO, Roseline Martins. Biodigestor para a produção de Biogás e Biofertilizante com Utilização de Dejetos Suínos. **Psicologia e Saúde em debate**, v. 5, n. Suppl. 1, p. 8-9, 2019

CREMONEZ, Paulo André et al. BIODIGESTÃO ANAERÓBIA NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS¹. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, p. 21-35, 2013.

CRITTENDEN, Victoria L.; CRITTENDEN, William F.; AJJAN, Haya. Women in sales in developing countries: the value of technology for social impact. : The value of technology fo social impact. **Business Horizons**, [s.l.], v. 1, n. 0, p. 1-4, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2020.04.005>.

D'AQUINO, Camila Agner; MELLO, Thiago Carvalho de; COSTA JÚNIOR, Luis. Efeito da variação da carga orgânica volumétrica natural na produção de biogás a partir de dejetos suíno em diferentes tempos de retenção hidráulica. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, n. AHEAD, 2019

DAGNINO, Renato et al. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p. 65-81, 2004

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada disponível na World Wide Web acesso em 08/01/2020

DONG, Lili et al. Efficient biogas production from cattle manure in a plug flow reactor: A large scale long term study. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 278, p.450-455, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.100>.

DOTTO, Rodrigo Bragança; WOLFF, Delmira Beatriz. BIODIGESTÃO E PRODUÇÃO DE BIOGÁS UTILIZANDO DEJETOS BOVINOS. 2012. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Habilitação Engenharia Ambiental, Unifra, Santa Maria, 2012.

ESTEVEZ, Elisa Maria Mano et al. Life cycle assessment of manure biogas production: A review. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 219, p.411-423, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.091>.

FERNANDES, R. M. C.; MACIEL, A.L.S. Caminhos das Tecnologias Sociais - reflexões iniciais. In: Revista Primeiro Pano. Responsabilidade e Sustentabilidade. n. 20, janeiro de 2011, p. 40-43.

FISGATIVA, Henry; TREMIER, Anne; DABERT, Patrick. Characterizing the variability of food waste quality: A need for efficient valorisation through anaerobic digestion. **Waste Management**, [s.l.], v. 50, p.264-274, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.041>.

FREITAS, F. F. et al. The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 146-157, 2019.

FRIGO, Késia Damaris de Azevedo et al. Biodigestores: seus modelos e aplicações. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2015.

GAPINSKI, Ecinoely Francine Przybycz; FREITAS, Carlos Cesar Garcia. Tecnologia social e órgãos públicos municipais: realidades e potencialidades. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 12, n. 25, p. 19-37, 2016.

GEHLEN, I. Políticas. **Públicas e Desenvolvimento Social Rural**. São Paulo em Perspectiva v. 18, n. 2, p. 95-103, 2004.

GONZAGA, Diego Augusto; BARBOSA, Rúben Christian. Estimativa do tamanho mínimo de rebanho suíno para a implementação de sistema de geração de energia elétrica de 35 kwh, 150 kwh, 275 kwh e 590 kwh, usando biogás como combustível para grupos geradores. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v. 6, n. 2, p. 26-32, 2016.

GUERI, Matheus Diniz; DE SOUZA, Samuel Nelson Melegari; KUCZMAN, Osvaldo. Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares: Uma revisão. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

GUIMARÃES, Celso Eduardo et al. Avaliação do Desempenho Ambiental do Aproveitamento do Biogás em Fecularias de Mandioca no Estado do Paraná. **Desenvolvimento em Questão**, v. 15, n. 39, p. 171-202, 2017.

GUTIÉRREZ, Alexis Sagastume et al. The energy potential of agriculture, agroindustrial, livestock, and slaughterhouse biomass wastes through direct combustion and anaerobic digestion. The case of Colombia. **Journal of Cleaner Production**, p. 122317, 2020.

HENGEVELD, E.j.; BEKKERING, J.; VAN DAEL, M.; VAN GEMERT, W.j.t.; BROEKHUIS, A.a.. Potential advantages in heat and power production when biogas is collected from several digesters using dedicated pipelines - A case study in the "Province of West-Flanders" (Belgium). **Renewable Energy**, [s.l.], v. 149, p. 549-564, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.009>.

IBGE. Produção Pecuária Municipal 2019. Rio de Janeiro: 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf> Acessado em: março/2020.

IBRAHIM, Samy Barros Souza et al. Biodigestão anaeróbia do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado e utilizando excretas de frango como inóculo. **PUBVET**, v. 11, p. 1188-1297, 2017

IM, Seongwon et al. Effects of storage temperature on CH₄ emissions from cattle manure and subsequent biogas production potential. **Waste Management**, [s.l.], v. 101, p.35-43, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.036>.

INGRAO, Carlo et al. Investigating energy and environmental issues of agro-biogas derived energy systems: A comprehensive review of Life Cycle Assessments. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 136, p.296-307, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.023>

JANUÁRIO, Thays Lorranny da Silva; MARINHO, Jefferson Luiz Alves; OLIVEIRA, Janeide Ferreira Alencar. Potencial de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos no Brasil. **Brazilian Journal Of Development**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 30092-30103, 2019. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n12-142>.

KUMAR, Atul; SAMADDER, SR Avaliação de desempenho da tecnologia de digestão anaeróbica para recuperação de energia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. **Energia**, p. 117253, 2020

KUNZ, A. Experiência da Embrapa com biodigestão anaeróbia de dejetos de suíno . In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE BIODIGESTORES PARA TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E USO DE BIOGÁS. Anais... Concórdia: EMBRAPA SUÍNOS E AVES, p. 7 - 11. 2006.

LAO – Indústria de hidrômetros. Catálogo de medidores de gás. Disponível em: <<http://laoundustria.com.br/images/uploads/Medidores%20de%20G%C3%A1s.pdf>> Acesso em 12 de junho de 2020

LOURENÇO, Vitor Alves et al. Produção de Biogás via Codigestão Anaeróbia em Temperatura Ambiente. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2018.

MANESH, MH Khoshgoftar; REZAZADEH, A.; CABIROS, S. A feasibility study on the potential, economic, and environmental advantages of biogas production from poultry manure in Iran. **Renewable Energy**, 2020.

MANNARINO, Camille Ferreira; FERREIRA, João Alberto; GANDOLLA, Mauro. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 379-385, 2016.

MANSO, Kennia Regina de Jesus; FERREIRA, Osmar Mendes. Confinamento de bovinos: estudo do gerenciamento dos resíduos. **Universidade Católica de Goiás, Goiânia**, 2007.

MATOS, C. F. et al. Avaliação do potencial de uso de biofertilizante de esterco bovino resultante do sistema de manejo orgânico e convencional da produção de leite. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

MAO, Caixia; KOIDE, Ryu; BREM, Alexander; AKENJI, Lewis. Technology foresight for social good: social implications of technological innovation by 2050 from a global expert survey. : Social implications of technological innovation by 2050 from a Global Expert Survey. **Technological Forecasting And Social Change**, [s.l.], v. 153, p. 119914, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119914>.

MARTÍN-HERNÁNDEZ, Edgar; GUERRAS, Lidia S.; MARTÍN, Mariano. Optimal technology selection for the biogas upgrading to biomethane. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 267, p. 122032, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122032>.

MAURUS, Kerstin; AHMED, Sharif; KAZDA, Marian. Beneficial effects of intermittent feedstock management on biogas and methane production. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 304, p. 123004, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123004>.

MELO, Evanisa Fátima Reginato Quevedo; ANDRADE, Leonardo Capeleto; MAGRO, Francisco Gerhardt. Histórico e diagnóstico da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos da cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. **AMBIÊNCIA**, v. 12, n. 4, p. 901-914, 2016.

MILLER, Kimberley E. et al. Produção de biogás em escala piloto em clima temperado, utilizando resíduos alimentares variáveis. **Biomassa e Bioenergia**, v. 138, p. 105568, 2020.

MUNIZ, João Vitor Rego; DOS SANTOS, Wener Miranda Teixeira. Estudo sobre a viabilidade do uso de resíduos sólidos para geração de energia de biogás no campus dom delgado da UFMA. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 4, n. 6, 2017.

NADALETI, Willian Cezar et al. Temperaturas mesófilas e termófilas na produção de biogás através de efluente da parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 17-21, 2018.

NDAM, Youchahou Njankouo et al. Influência de cultivares e métodos de processamento no teor de cianeto de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e seus produtos alimentares tradicionais. **Scientific African**, v. 5, p. e00119, 2019.

OLIVEIRA, R.C. e IGARASI, M.S. Utilização de óleos essenciais na mitigação da metanogênese. **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 6, Ed. 229, Art. 1515, Março, 2013.

OSMAN, Ahmed I. et al. Reusing, recycling and up-cycling of biomass: a review of practical and kinetic modelling approaches. **Fuel Processing Technology**, v. 192, p. 179-202, 2019.

OTOBONI, Alda Maria Machado Bueno et al. BIODIGESTÃO ANAERÓBIA: ASSOCIAÇÃO DE DEJETOS ANIMAIS E RESÍDUOS VEGETAIS. **Revista Unimar Ciências**, v. 25, n. 1-2, 2017

PALHARES, Julio Cesar Pascale; GEBLER, Luciano. Gestão ambiental na agropecuária. **Embrapa Uva e Vinho-Livro científico (ALICE)**, 2014.

PEREIRA, Edilaine Regina; DE ABREU DEMARCHI, João José Assumpção; BUDIÑO, Fábio Enrique Lemos. BIODIGESTORES–Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária. 2009.

PINTO, Luana Patricia et al. ALTERAÇÕES POPULACIONAL E MORFOLÓGICAS DA COMUNIDADE CELULOLÍTICA DE UM SOLO SOB APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 2, 2019.

PENA, J. O. Tecnologia Social e o Desenvolvimento Rural. In: *Tecnologias Sociais: Caminhos para a sustentabilidade*. Aldalice Otterloo [et al.]. Brasília/DF: s. n, 2009, p. 195- 203

PERES, L. J. S; HUSSAR, G. J; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. *Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia*, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p.20-36, 2010.

PRAMANIK, Sagor Kumar et al. The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. **Bioresource Technology Reports**, p. 100310, 2019.

QI, Guangdou et al. The survival of pathogenic bacteria and plant growth promoting bacteria during mesophilic anaerobic digestion in full-scale biogas plants. **Animal Science Journal**, v. 90, n. 2, p. 297-303, 2019.

RAMOS-SUÁREZ, J.I. et al. Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 104, p.137-150, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.025>.

RODRIGUES, Nayara Santos; BLANS, Nayara Brandão; SCLINDWEIN, Madalena Maria. Uso de biodigestores para impulsionar a sustentabilidade ambiental/Use of biodigestors to impulse environmental sustainability. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 462-487, 2018

RODRIGUES, L. S.; LOPES, B.C.; LIMA, C. A.; RIBEIRO, M. C.; SANOS, R. P.; SILVA, I. J. Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbio. *Arquivo Brasileiro de medicina veterinária e getzootecnia*. v.68, n.1. Belo Horizonte, Minas Gerais. jan/fev, 2016

ROTUNNO, Paolo; LANZINI, Andrea; LEONE, Pierluigi. Energy and economic analysis of a water scrubbing based biogas upgrading process for biomethane injection into the gas grid or use as transportation fuel. **Renewable Energy**, v. 102, p. 417-432, 2017.

RHODEN, Anderson Clayton et al. Parâmetros químicos do solo influenciados por aplicação de dejetos de suínos em áreas agrícolas do oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**,(2), 2017

RUFINO, Sergio Lima; PAES, Juliana Lobo; ALVES, Thaís Barbosa Serpa. EFEITO DA ADIÇÃO DE INÓCULO NO PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBICA DE DEJETOS DE BOVINO. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

SANTANA FILHO, Eliel et al. Análise da competitividade econômica do potencial de produção de energia elétrica a partir do biogás proveniente de dejetos bovinos em Alagoas. *Diversitas Journal*, v. 3, n. 2, p. 315-328, 2018.

SANTOS, Diego Felipe dos; GUIMARÃES, Willian Franklin Ferreira; GONÇALVES, Claudio Ubiratan. Biodigestores como alternativa à sustentabilidade ambiental no campo brasileiro: um balanço bibliográfico acerca dos modelos Indiano, Chinês e Batelada.. **Revista Ciência Agrícola**, [s.l.], v. 15, p.35-39, 21 dez. 2017. Universidade Federal de Alagoas. <http://dx.doi.org/10.28998/rca.v15i0.3769>

SANTOS FILHO, Derovil Antonio dos et al. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E GLICERINA RESIDUAL. **Biofix Scientific Journal**, [s.l.], v. 3, n. 2, p.1-7, 24 jul. 2018. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v3i2.59938>.

SANTOS, Angelica M. et al. Avaliação da Produção de Biometano da Geração de Biogás a partir de Dejetos Bovinos com Diferentes Diluições. **Revista Processos Químicos**, v. 13, n. 26, p. 57-64, 2019.

SANTOS, Lacy Antonia et al. Influência dos parâmetros operacionais e ambientais na metanogênese: uma revisão/Influence of operating and environmental parameters on methanogenesis: a review. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 6, p. 2017-2032, 2019

SERAFIM, Milena Pavan; DE JESUS, Vanessa Maria Brito; FARIA, Janaína. Tecnologia Social, agroecologia e agricultura familiar: análises sobre um processo sociotécnico. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 20, n. 1supl, p. 169-181, 2013.

SILVA, Claudionor de Oliveira et al. Biodigestão anaeróbia com substrato formado pela combinação de esterco ovinocaprino, manípueira e biofertilizante. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.88-103, 14 ago. 2013. Escola Superior de Sustentabilidade. <http://dx.doi.org/10.6008/ess2179-6858.2013.001.0007>

SILVA, Danessa Rafaella da; MONTEBELLO, Adriana Estela Sanjuan. A tecnologia social PAIS (Produção Agroecológica Integrada e Sustentável) e a sua efetividade no desenvolvimento rural no semiárido: o caso da APAOrgânico. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens**, Parana, v. 55, p. 451-469, 15 dez. 2020.

SILVA, Marcia A. Zanoli Meira e; SILVA, Helenice de Oliveira Florentino; ALVAREZ, Isabella Lombardo. Dimensionamento de Biodigestores Batelada através do Método Primal Dual Barreira Logarítmica. **Proceeding Series Of The Brazilian Society Of Computational And Applied Mathematics**, [s.l.], p.1-7, 14 fev. 2018. SBMAC. <http://dx.doi.org/10.5540/03.2018.006.01.0351>.

SILVA, Marline Ilha da; BORTOLI, Alvaro Luiz de. Modelagem e simulação do processo de formação do biogás. **Proceeding Series Of The Brazilian Society Of Applied And Computational Mathematics**, [s.l.], p.1-7, 14 fev. 2018. SBMAC. <http://dx.doi.org/10.5540/03.2018.006.01.0391>.

SILVA, Maria de Lourdes Cândido da; ARAÚJO, Adriana Oliveira. VIABILIDADE DE USO DE BIODIGESTOR CONTÍNUO: um estudo de caso na Comunidade Arara, município de Tavares-PB. **Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, [s.l.], v. 2, n. 7, p.179-194, 31 jul. 2017. Universidade Federal do Maranhão. <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v2n7p179-194>

SILVA, P. C. DA; AMARAL, A. A. do. Tratamento de dejetos suínos com biorreator UASB. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v.8, n.5, p.141-147, 2013.

SILVA, Luiz Eduardo Bezerra et al. Aspectos gerais e peculiaridades sobre mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Diversitas Journal*, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2018.

SILVA, V. P. et al. CUSTO E LUCRATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE MANDIOCA CONVENCIONAL VERSUS ALTERNATIVA EM BOM JESUS-RN. *HOLOS*, v. 8, p. 89-103, 2017.

SILVA, Ariovaldo Jose et al. Digestão anaeróbia de manipueira visando à produção de butanol. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP*, n. 26, 2018

SILVA, Wellington Dias da. Potencial metanogênico da codigestão de sorgo sacarino e biomassa inoculado com esterco bovino. / Wellington Dias da Silva. – Palmas, TO, 2020

SOUZA, Marcos Eduardo. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia ("). *Revista DAE*, v. 44, n. 137, p. 88-94, 1984.

SCARLAT, Nicolae et al. A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 94, p.915-930, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.035>.

TARRENTO, G. E.; MARTINEZ, J. C. Analise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. **XIII SIMPEP- Bauru, SP, Brasil**, v. 6, 2006.

UTECH, Claus et al. AVALIAÇÃO DE VARIAÇÕES TÉRMICAS EM BIODIGESTOR MODELO BOKÖHLER NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO OUTONO - INVERNO. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, [s.l.], v. 6, n. 2, p.1-20, 1 jun. 2017. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v6i2.46898>

VERONEZE, Maria Luiza et al. Production of biogas and biofertilizer using anaerobic reactors with swine manure and glycerin doses. *Journal of cleaner production*, v. 213, p. 176-184, 2019.

VIRIATO, C. L.; LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S; OLIVEIRA, E. G.; GUIMARÃES, H. S. Influência da granulometria de sólidos totais na codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos. *Revista de estudos ambientais*, v.17, p. 6-15, 2015.

WAINAINA, Steven et al. Resource Recovery and Circular Economy from Organic Solid Waste using Aerobic and Anaerobic Digestion Technologies. **Bioresource Technology**, [s.l.], p.1-56, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122778>.

WEIDE, Tobias et al. Effects of enzyme addition on biogas and methane yields in the batch anaerobic digestion of agricultural waste (silage, straw, and animal manure). **Biomass and Bioenergy**, v. 132, p. 105442, 2020.

WENZEL, Bruno Munchen et al. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM BIODIGESTOR CANADENSE MODIFICADO NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS. **Engevista**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.329-338, 7 mar. 2014. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/engevista.v16i4.601>.

YAN, Wangwang et al. Unveiling the role of activated carbon on hydrolysis process in anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 296, p.1-9, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122366>.

YAO, Yao et al. Anaerobic digestion of livestock manure in cold regions: Technological advancements and global impacts. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], p.1-16, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2019.109494>.

ZUCCARI, F. et al. Use of Bio-methane for Auto Motive Application: Primary Energy Balance and Well to Wheel Analysis. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 81, p.255-271, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.095>.

APÊNDICE

Tabela 11- Dados da produção de biogás com abastecimento apenas uma vez.

PLANILHA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS COM APENAS UMA GARRAFA					
ABASTECIMENTO	DIAS	DATA	HORA	TEMPERATURA	PRODUÇÃO (ml)
1	1	08/12/2020	19:00	34,4°C	0
	2	09/12/2020	19:00	34,5°C	220
	3	10/12/2020	19:00	34,9°C	271
	4	11/12/2020	19:00	34,2°C	387
	5	12/12/2020	19:00	33,9°C	369
	6	13/12/2020	19:00	33,6°C	350
	7	14/12/2020	19:00	34,1°C	305
	8	15/12/2020	19:00	33,9°C	300
	9	16/12/2020	19:00	32,7°C	300
	10	17/12/2020	19:00	34,6 °C	290
	11	18/12/2020	19:00	32,4°C	295
	12	19/12/2020	19:00	34,5°C	291
	13	20/12/2020	19:00	33,9°C	275
	14	21/12/2020	19:00	34,6°C	263
	15	22/12/2020	19:00	33,2°C	261
	16	23/12/2020	19:00	34,5°C	258
	17	24/12/2020	19:00	34,6°C	245
	18	25/12/2020	19:00	34,1°C	230
	19	26/12/2020	19:00	33,9°C	215
	20	27/12/2020	19:00	34,3°C	206
	21	28/12/2020	19:00	34,7°C	192
	22	29/12/2020	19:00	34,1°C	175
	23	30/12/2020	19:00	34,5°C	161
	24	31/12/2020	19:00	34,3°C	160
	25	01/01/2021	19:00	34,6°C	155
	26	30/03/2021	19:00	34,5°C	152
	27	31/03/2021	19:00	34,4°C	130
	28	01/04/2021	19:00	34,7°C	127
	29	02/04/2021	19:00	34,2°C	119
	30	03/04/2021	19:00	34,3°C	109
	31	04/04/2021	19:00	34,4°C	99

Fonte: Autor,2021.

Tabela 12 - Dados da produção de biogás com abastecimento contínuo.

PLANILHA DE PRDUÇÃO DE BIOGÁS COM SISTEMA DE PRODUÇÃO CONTINUA					
ABASTECIMENTO	DIAS	DATA	HORA	TEMPERATURA	PRODUÇÃO (ml)
1.1	1	08/12/2020	19:00	34,4°C	0
	2	09/12/2020	19:00	34,5°C	215
	3	10/12/2020	19:00	34,9°C	275
	4	11/12/2020	19:00	34,2°C	385
	5	12/12/2020	19:00	33,9°C	360
	6	13/12/2020	19:00	33,6°C	335
	7	14/12/2020	19:00	34,1°C	290
1.2	8	15/12/2020	19:00	33,9°C	325
	9	16/12/2020	19:00	32,7°C	455
	10	17/12/2020	19:00	34,6 °C	515
	11	18/12/2020	19:00	32,4°C	460
	12	19/12/2020	19:00	34,5°C	445
	13	20/12/2020	19:00	33,9°C	400
	14	21/12/2020	19:00	34,6°C	400
1.3	15	22/12/2020	19:00	33,2°C	400
	16	23/12/2020	19:00	34,5°C	425
	17	24/12/2020	19:00	34,6°C	477
	18	25/12/2020	19:00	34,1°C	500
	19	26/12/2020	19:00	33,9°C	500
	20	27/12/2020	19:00	34,3°C	480
	21	28/12/2020	19:00	34,7°C	485
1.4	22	29/12/2020	19:00	34,1°C	500
	23	30/12/2020	19:00	34,5°C	475
	24	31/12/2020	19:00	34,4°C	500
	25	01/01/2021	19:00	34,6°C	504
	26	02/01/2021	19:00	34,8°C	530
	27	03/01/2021	19:00	34,5°C	550
	28	04/01/2021	19:00	34,7°C	479
1.5	29	05/01/2021	19:00	34,3°C	475
2.1	30	06/01/2021	19:00	34,9°C	439
	31	07/01/2021	19:00	34,1°C	555
	32	08/01/2021	19:00	34,6°C	570
	33	09/01/2021	19:00	34,4°C	590
	34	10/01/2021	19:00	34,9°C	587
	35	11/01/2021	19:00	34,5°C	580
	36	12/01/2021	19:00	33,8°C	600
	37	13/01/2021	19:00	34,3°C	580
2.2	38	14/01/2021	19:00	34,6°C	585
	39	15/01/2021	19:00	34,4°C	576
	40	16/01/2021	19:00	34,3°C	625
	41	17/01/2021	19:00	34,2°C	600
	42	18/01/2021	19:00	34,4°C	580
	43	19/01/2021	19:00	32,9°C	575
	44	20/01/2021	19:00	34,1°C	550
	45	21/01/2021	19:00	34,4°C	535
2.3	46	22/01/2021	19:00	34,3°C	580
	47	23/01/2021	19:00	34,5°C	594
	48	24/01/2021	19:00	34,4°C	602
	49	25/01/2021	19:00	34,6°C	610
	50	26/01/2021	19:00	34,5°C	576
	51	27/01/2021	19:00	34,7°C	568
	52	28/01/2021	19:00	34,6°C	559
	53	29/01/2021	19:00	34,4°C	550
2.4	54	30/01/2021	19:00	34,3°C	590
	55	31/01/2021	19:00	34,9°C	607
	56	01/02/2021	19:00	34,1°C	615
	57	02/02/2021	19:00	34,6°C	625
	58	03/02/2021	19:00	34,4°C	587

2.5	59	04/02/2021	19:00	34,9°C	550
3.1	60	05/02/2021	19:00	34,5°C	547
	61	06/02/2021	19:00	33,8°C	585
	62	07/02/2021	19:00	34,3°C	645
	63	08/02/2021	19:00	34,2°C	656
	64	09/02/2021	19:00	33,9°C	643
	65	10/02/2021	19:00	33,6°C	615
	66	11/02/2021	19:00	34,1°C	585
3.2	67	12/02/2021	19:00	33,9°C	591
	68	13/02/2021	19:00	32,7°C	610
	69	14/02/2021	19:00	34,6 °C	628
	70	15/02/2021	19:00	32,4°C	614
	71	16/02/2021	19:00	34,4°C	609
	72	17/02/2021	19:00	34,1°C	591
	73	18/02/2021	19:00	32,7°C	587
3.3	74	19/02/2021	19:00	32,4°C	585
	75	20/02/2021	19:00	34,6°C	580
	76	21/02/2021	19:00	34,6°C	592
	77	22/02/2021	19:00	34,7°C	608
	78	23/02/2021	19:00	34,5°C	619
	79	24/02/2021	19:00	34,6°C	624
	80	25/02/2021	19:00	34,5°C	620
3.4	81	26/02/2021	19:00	34,3°C	597
	82	27/02/2021	19:00	34,9°C	589
	83	28/02/2021	19:00	34,4°C	583
	84	01/03/2021	19:00	34,5°C	590
	85	02/03/2021	19:00	34,2°C	575
	86	03/03/2021	19:00	33,9°C	561
	87	04/03/2021	19:00	32,4°C	555
3.5	88	05/03/2021	19:00	33,2°C	550
3.1 termina	89	06/03/2021	19:00	34,5°C	479
	90	07/03/2021	19:00	34,5°C	530
	91	08/03/2021	19:00	34,4°C	504
	92	09/03/2021	19:00	34,1°C	500
	93	10/03/2021	19:00	33,8°C	427
	94	11/03/2021	19:00	34,2°C	505
3.2 termina	95	12/03/2021	19:00	34,3°C	487
	96	13/03/2021	19:00	34,6°C	481
	97	14/03/2021	19:00	34,6°C	450
	98	15/03/2021	19:00	34,9°C	436
	99	16/03/2021	19:00	34,5°C	400
	100	17/03/2021	19:00	33,6°C	400
	101	18/03/2021	19:00	34,5°C	390
	102	19/03/2021	19:00	34,4°C	375
3.3 termina	103	20/03/2021	19:00	34,4°C	350
	104	21/03/2021	19:00	34,4°C	335
	105	22/03/2021	19:00	34,1°C	320
	106	23/03/2021	19:00	34,3°C	314
	107	24/03/2021	19:00	34,4°C	306
	108	25/03/2021	19:00	34,3°C	300
	109	26/03/2021	19:00	34,2°C	300
	110	27/03/2021	19:00	34,3°C	298
3.4 termina	111	28/03/2021	19:00	33,6°C	285
	112	29/03/2021	19:00	34,4°C	274
	113	30/03/2021	19:00	32,4°C	205
	114	31/03/2021	19:00	32,4°C	195
	115	01/04/2021	19:00	34,6°C	160
	116	02/04/2021	19:00	34,2°C	136
	117	03/04/2021	19:00	33,2°C	110
3.5 termina	118	04/04/2021	19:00	34,4°C	105

Fonte: Autor; 2021.