



UNILAB

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA

AFRO-BRASILEIRA

INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - IEDS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS

RICARDO LIVIO FILIPE DUARTE FERNANDES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NAS ALDEIAS DO
INTERIOR DA GUINÉ-BISSAU**

REDENÇÃO

2022

RICARDO LIVIO FILIPE DUARTE FERNANDES

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NAS ALDEIAS DO
INTERIOR DA GUINÉ-BISSAU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável - IEDS da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador: Prof. Dr. Sabi Yari Moïse
BANDIRI

REDENÇÃO

2022

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Fernandes, Ricardo Livio Filipe Duarte.

F363a

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NAS ALDEIAS DO
INTERIOR DA GUINÉ-BISSAU / Ricardo Livio Filipe Duarte Fernandes. -
Redenção, 2022.

60fl: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de
Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,
2022.

Orientador: Porf.º Dr. Sabi Yari Moïse Bandiri.

1. Biogás. 2. Biofertilizante. 3. Aldeia. 4.
Sustentabilidade. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 681.7665

RICARDO LIVIO FILIPE DUARTE FERNANDES

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NAS ALDEIAS DO
INTERIOR DA GUINÉ-BISSAU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável - IEDS da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Energias.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sabi Yari Moïse BANDIRI (Orientador)
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dra. Rejane Felix Pereira
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab)

Prof. Dr. Tales Paiva Nogueira
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab)

Aos meus entes queridos, por acreditarem em mim e investirem em mim. Á minha mãe pela sua incondicional atenção, carinho, cuidado e dedicação que me deram forças para prosseguir. Ao meu pai pelos seus conselhos, sermões e segurança que me deu a confiança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Sabi Y. M. Bandiri por me apresentar a plataforma *OverLeaf*, por me orientar e por pacientemente me tirar todas as dúvidas a qualquer hora do dia, pelo esforço de um verdadeiro Professor.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo a cada fase desta etapa da minha vida por me apoiarem por me suportarem e compartilharem comigo os milhares de momentos e experiências incríveis que cada um proporcionou.

“O sonho é que leva a gente para frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

RESUMO

O trabalho de conclusão de curso aborda a análise de implementação de um projeto de produção de biogás e biofertilizante no interior da Guiné-Bissau para melhorar/transformar o estilo de vida desta população focando na eletrificação de escolas e centros de saúde, a criação de um comércio entre aldeias e esterilização de utensílios hospitalares. Para uma produção estável de energia visando atingir os objetivos traçados, foi proposto uma criação híbrida de gado com número mínimo possível. Foi realizada uma estimativa do volume de biogás a ser produzidos por aldeia, de quantidade de biofertilizante, em quilogramas, a ser produzido e, o seu rendimento em relação a área do terreno. Com isso é possível a criação de um ciclo de sustentabilidade que dará vários frutos como a transformação da agricultura de subsistência, da criação de gado e aumento do poder monetário do povo. Por fim, os povos não necessitarão da produção de carvão vegetal para a uso na cozinha e da sua venda para a capital, e ainda, reduzirá o desmatamento florestal e destruição de mangais.

Palavras-chave: Biogás. Biofertilizante. Aldeia Sustentável

ABSTRACT

The course completion paper addresses the analysis of the implementation of a project to produce biogas and biofertilizer in the interior of Guinea-Bissau to improve/transform the lifestyle of this population focusing on the electrification of schools and health centers, the creation of a trade between villages and sterilization of hospital utensils. For a stable production of energy to achieve the outlined goals, a hybrid cattle breeding was proposed with the minimum possible number. An estimate was made of the volume of biogas to be produced per village, the amount of biofertilizer, in kilograms, to be produced, and its yield in relation to the area of land. With this it is possible to create a cycle of sustainability that will bear several fruits such as the transformation of subsistence agriculture, livestock breeding and an increase in the monetary power of the people. Finally, the people will not need to produce charcoal for cooking and selling to the capital, and will also reduce deforestation and mangrove destruction.

Keywords: Biogas. Biofertilizer. Sustainable Village.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbica para a produção do biogás.....	19
Figura 2 – Representação do biodigestor batelada.....	24
Figura 3 – Representação do biodigestor indiano.....	25
Figura 4 – Representação do biodigestor chinês.....	26
Figura 5 – Representação do biodigestor canadense.....	27
Figura 6 – Representação do biodigestor canadense.....	27
Figura 7 – Representação do agitador de baixa rotação.....	28
Figura 8 – Representação do sistema de captação, decantação e filtragem dos resíduos líquidos.....	29
Figura 9 – Representação do sistema de digestão anaeróbia com separação de fases.....	29
Figura 10 – Representação esquemática do segmento proposto.....	30
Figura 11 – Esquema de aplicação do projeto part.1.....	31
Figura 12 – Esquema de aplicação do projeto part.2.....	31
Figura 13 – Representação do biodigestor Homebiogas 2.0.....	35
Figura 14 – Representação do biodigestor Homebiogas 7.0.....	35
Figura 15 – Representação do biodigestor Homebiogas Bio-Toilet.....	36
Figura 16 – Representação do Trator T6.180 METHANE POWER.....	37
Figura 17 – Produção de Biogás Bovino x Suíno.....	44
Figura 18 – Fogareiro de uma boca.....	46
Figura 19 – Fogareiro de duas bocas.....	46
Figura 20 – Exemplo de Bio-toilet visão externa.....	46
Figura 21 – Exemplo de Bio-toilet visão interna.....	47
Figura 22 – Representação do Trator T6.180 METHANE POWER.....	47
Figura 23 – Exemplo do modo de separação do biofertilizante.....	49
Figura 24 – Gráfico de comparação da curva de crescimento da produção de Biofertilizante sólido Bovino x Suíno.....	54
Figura 25 – Gráfico de comparação da curva de crescimento da produção de Biofertilizante Líquido Bovino x Suíno.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação da produção média de esterco / animal / dia.	32
Tabela 2 – Comparação entre o biogás e diferentes fontes energéticas.	33
Tabela 3 – Tabela de proporção água/dejeto para a deposição em biodigestores.	33
Tabela 4 – Representação do conjunto de dados dos biodigestores da Homebiogas.	34
Tabela 5 – Representação do consumo/produção dos geradores da ENERMAC.	36
Tabela 6 – Número de porcos e vacas necessário para a geração de energia elétrica 5H/Dia.	40
Tabela 7 – Progressão da produção biogás em um intervalo de 11 anos comparação de Bovinos X Suínos.	42
Tabela 8 – Avaliação de 3 aldeias (A, B e C) que tenham uma clínica e escola em comum.	44
Tabela 9 – Modo de aplicação do biofertilizante.	48
Tabela 10 – Quantidade de biofertilizante produzido pelos Bio-Toilet.	49
Tabela 11 – Quantidade de biofertilizante produzido pelo Homebiogas 7.0 na recolha de lixo orgânico.	50
Tabela 12 – Quantidade de biofertilizante produzido pelo Homebiogas 7.0 na recolha de dejeto animal.	51
Tabela 13 – Progressão da produção biofertilizante sólido em um intervalo de 11 anos comparação de Bovinos X Suínos.	53
Tabela 14 – Progressão da produção biofertilizante líquido em um intervalo de 11 anos comparação de Bovinos X Suínos.	55

LISTA DE SÍMBOLOS

$C_{7.0}$	Consumo do biodigestor 7.0 (60KG/Dia)
CH_4	Produção de CH_4 por mês em metros cúbicos
C_g	Consumo do gerador
C_{LP}	Composto liquido do Porco
C_{LV}	Composto liquido da Vaca
C_O	Concentração de metano no biogás
CO_2	Dióxido de carbono
E_t	Esterco total
Fe_2O_3	Óxido de ferro III
Fe_2S_3	Sulfeto de ferro III
H_{ab}	Número de pessoas por habitação
H_{fg}	Hora de funcionamento do gerador
H_2O	Água
H_2CO_3	Ácido carbônico
H_2S	Gás sulfídrico
Kg_p	Kg de dejetos suíno por dia
Kg_v	Kg de dejetos bovino por dia
M^2	Potencialidade de fertilização por metro quadrado
N_0	Número de biodigestores necessários
$N_{7.0}$	Número de Homebiogas 7.0
N_{BT}	Número de Boi-Toilet
N_{hab}	Número de habitações
N_P	Número de porcos
N_{px}	Número de pessoas onde x depende do número de pessoas da aldeia A, B ou C
N_V	Número de vacas
O_2	Oxigênio

P_b	Produção de biogás
$P_{bf7.0}$	Produção de biofertilizante por biodigestor 7.0
$P_{b7.0}$	Produção de biogás por biodigestor 7.0
P_{BFL}	Produção de biofertilizante líquido
P_{BFS}	Produção de biofertilizante sólido
P_{BT}	Produção de biofertilizante por Boi-Toilet
P_{dx}	Produção de dejetos (Kg/Dia) onde X representa vacas ou porcos
S_2	Enxofre
V_{cg}	Volume de consumo do gerador
V_E	Volume específico do metano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	OBJETIVOS GERAL.....	16
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	BIOGÁS.....	18
2.2	FORMAS DE PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS (CH₄).....	20
2.2.1	REMOÇÃO DA UMIDADE (H₂O) E DO DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)	20
2.2.2	REMOÇÃO DO GÁS SULFÍDRICO (H₂S) POR ÓXIDO DE FERRO	22
2.3	BIODIGESTORES	22
2.3.1	TIPOS DE BIODIGESTORES	23
2.3.1.1	Batelada.....	24
2.3.1.2	Contínuos.....	25
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	Local proposto para implementação.....	37
4	RESULTADOS.....	39
4.1	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM O AUMENTO DO NÚ- MERO DE GADO EM CRIAÇÃO	39
4.2	PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR HABITAÇÃO E ESCOLA	43
4.3	ÁREA QUE PODERÁ SER FERTILIZA COM A PRODUÇÃO DIÁRIA DE UMA ALDEIA.....	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Guiné-Bissau é um país que se localiza no ocidente do continente africano que faz fronteira com Senegal ao Norte, com o Oceano Atlântico a oeste e com a Guiné ao Sul e Leste. Tem uma área de 36.125 quilômetros quadrados, onde 22,4% são corpos de água, com uma população estimada de 1,6 milhões de pessoas e uma densidade populacional de 44 habitantes por quilômetro quadrado.

O biogás é uma biomassa de fácil controle e produção que possui um subproduto que é o biofertilizante. Este subproduto será uma grande ajuda, para os guineense, pois, no interior de Guiné-Bissau predomina uma agricultura de subsistência e a criação de gado.

No local onde esta população habita não existe saneamento básico, assim com a implementação de biodigestores da empresa HomeBiogas, que possuem biodigestores específicos, irá se tentar solucionar este problema. Dos biodigestores que a Homebiogas possui a empresa apresenta a biotoilet que é uma sanita que é acoplada a estes biodigestores que farão a recolha e tratamento dos dejetos, outros biodigestores farão a recolha do lixo orgânico produzido pelas aldeias e o dejetos do gado. Este conjunto de biodigestores, que farão a recolha do defeto animal, terão um gerador de energia elétrica que funciona a biogás, da empresa ENERMAC.

Os biodigestores e geradores estarão posicionados em escolas para lhes fornecer energia elétrica assim aumentando as suas horas de funcionamento, e proporcionando um melhor ambiente de estudo para os alunos. Adicionalmente, o biogás será usado nas cantinas que com o seu funcionamento aumentará o número de alunos por escolas. Estes biodigestores também estarão posicionados nas clínicas/centros de saúde para lhes fornecer energia. Com isso melhorando o funcionamento e aumentando as horas de atendimento objetivando proporcionar energia elétrica nas salas de cirurgia emergencial e biogás para a esterilização dos utensílios hospitalares e cirúrgicos.

Os biodigestores serão instalados nas casas, cujo o tamanho dos biodigestores dependerá do número de pessoas por habitação. Terão sanitas acoplados e todo o biogás produzido será para o uso próprio. Os outros farão a recolha dos lixos orgânicos, o biogás produzido por estes biodigestores será usado para alimentar tratores que trabalham a biogás (o número de tratores dependerá da área de cultivo e da quantidade de biogás produzida por dia).

A empresa HomeBiogas produz fogareiros que são próprios para o biogás assim impedindo o desmatamento feito pelas aldeias e destruição de mangais para a recolha de lenha e produção de carvão vegetal. Todo o biofertilizante produzido será da responsabilidade da

população na escolha do aumento da sua área de cultivo ou a venda.

Considerando o trabalho exposto irá demonstrar a análise da aplicação do biogás em aldeias no interior da Guiné-Bissau com o uso de mecanismos de empresas acima citadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVOS GERAL

O objetivo deste trabalho é demonstrar como a produção de biogás consegue proporcionar um estilo de vida melhor para as comunidades mais desfavorecido de Guiné-Bissau.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sensibilizar as comunidades do interior sobre as vantagens do uso do biodigestor, do biogás e biofertilizante;
- Ensinar como deve ser manejado o biodigestor;
- Diminuir o desmatamento e a destruição de mangais para a produção de carvão vegetal com a substituição do carvão vegetal pelo biogás;
- Eletrificar as escolas ;
- Eletrificar os centros de saúde e esterilização dos instrumentos hospitalares;
- Incentivar a criação de um sistema de troca de bens produzidos (biogás e biofertilizante);

1.2 JUSTIFICATIVA

A localização geográfica de Guiné-Bissau é propícia à geração de energia solar, no entanto, a nível meteorológico não é propício por ter 2 estações do ano (úmida e seca), que tornaria a geração de energia solar inválida por quase metade do ano. No interior a comunidade tem uma escassez de acesso à energia elétrica e saneamento básico. Com a instalação da energia solar ou eólica só se estaria a suprir uma das necessidades das comunidades que seria a energia elétrica. Com a instalação dos biodigestores irá se suprir ambas às necessidades, por tratar o lixo orgânico e dejetos gerados pela população, gerar biogás com esse tratamento e gerar energia elétrica com geradores à biogás.

Na estações chuvosas, o acesso a essas localidades torna-se difícil pelas más condi-

ções das estradas, assim, torna a manutenção dos painéis solares e geradores eólicos mais difícil e cara. Como já se sabe, esta população não têm acesso a energia elétrica e conseqüentemente a instalação da energia solar ou eólica seria obrigatoriamente off-grid, aumentando ainda mais os custos de instalação e manutenção. Além disso, para a alimentação de todas as residências de uma aldeia, os painéis solares ou geradores eólicos ocupariam uma grande área, assim possivelmente causando o desmatamento que tornaria uma redundância já que a intenção é impedir o mesmo.

Enquanto isso, a instalação e manutenção dos biodigestores é simples e de fácil compreensão, tornando-se algo que os proprietários podem fazer. O interior é um local simples, antiquado e de difícil acesso, o que implica que esta população também tem prioridades diferentes, como por exemplo, manter o plantio e o gado por serem o sua único ou principal meio de subsistência. Assim, usar a energia solar ou eólica para cobrir estas prioridades não seria uma solução ambientalmente e socialmente sustentável.

Com a geração de biogás, tem-se um subproduto que é o biofertilizante, com estes dois produtos melhorarão e/ou aumentarão a área de cultivo e darão mais importância ao gado, já que ele não irá só fornecer carne, leite e couro aos proprietários. Além disso, a suinocultura ou bovinocultura fornecerá fertilizante, energia elétrica e gás para a cozinha. Portanto, a melhor solução evidente seria, inicialmente a implementação dos biodigestores e a energia solar só virá anos depois para complementar na produção da energia elétrica e delimitar a necessidade do aumento do número do gado, que ao chegar a níveis elevados ocuparia grandes áreas que necessitaria de grandes quantidade de ração ou áreas de cultivo para a sua alimentação.

O trabalho está organizado da seguinte maneira, 5 capítulos onde o primeiro capítulo é a introdução e objetivos do trabalho, segundo capítulo é a fundamentação teórica, o terceiro capítulo é a metodologia onde são exemplificados em tópicos as etapas de execução do projeto, o quarto capítulo são os resultados da análise onde são analisados a quantidade e qual a melhor forma de se aplicar o projeto e o quinto capítulo que é a conclusão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BIOGÁS

O biogás é uma mistura gasosa formada por metano e dióxido de carbono, cuja a composição depende da fermentação e da composição da biomassa. A sua produção é feita a partir da digestão anaeróbica, ou seja, pela biodegradação da biomassa feita por um conjunto de bactérias. Segundo (TORRES; SILVA1, 2015),

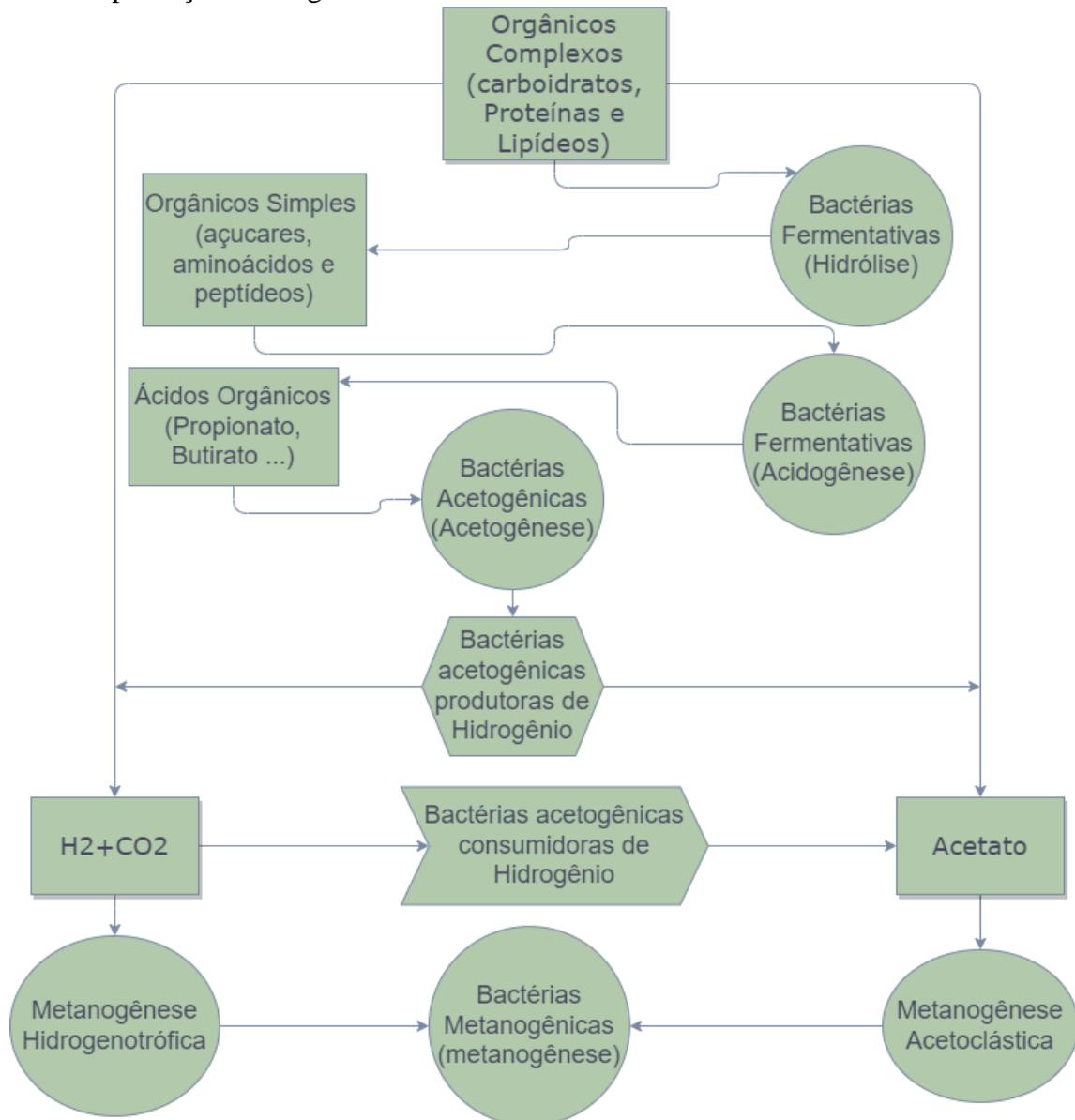
o biogás é um gás produzido a partir da decomposição anaeróbia de matéria orgânica, sendo composto basicamente por metano e dióxido de carbono, além de outros gases como o ácido sulfídrico, que atribuem ao biogás o odor desagradável.

A Figura 1 apresenta um fluxograma das etapas do processo de biodigestão para a produção de biogás.

Para uma melhor transição de etapas de transformação da biomassa é necessário um controle do pH, temperatura e de corpos sólidos nos biodigestores. O biogás ao sair de um biodigestor é composto por metano, dióxido de carbono, vapor de água, ácido sulfídrico e outros compostos em menores quantidades. Quando ele sai com esta composição, não terá a utilidade nem rendimento desejado por esta razão o gás tem de ser filtrado para retirar:

- O ácido sulfídrico (H_2S) que é o composto gerado quando o sulfeto de hidrogênio (componente responsável pelo odor desagradável do biogás) entra em contato com a água que irá corroer os componentes metálicos dos fogões e geradores. Para a sua extração pode se utilizar um filtro de palha de aço (por ser o mais simples, de fácil manejo e acessível) uma vez que o enxofre reage com o ferro assim quebrando a composto indesejado e removendo este composto do biogás;
- O dióxido de carbono que diminui o poder calorífico do biogás. Para a sua remoção pode se usar um simples filtro de água que também remove o vapor de água do biogás.

Figura 1 – Fluxograma das etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbica para a produção do biogás.



Fonte: Santos *et al.* (2012)

Quantidade de biogás produzido por mês em metros cúbicos, Equação 2.1, segundo (SANTOS; JUNIOR, 2013).

$$CH_4 = \frac{D \cdot C \cdot E_f \cdot P_b \cdot C_o}{VE} \quad (2.1)$$

onde:

CH_4 - Quantidade de biogás produzido por mês (m^3)

D - Dias (30)

C - Cabeças de gado

E_t - Esterco total [kg esterco / t(dia.unidade geradora)].

P_b - Produção de biogás [kg biogás / kg esterco];

C_o - Concentração de metano no biogás;

V_E - Volume específico do metano 1/[kg.CH4.m³.CH4], sendo este igual a 1/0,670kg CH4.m³.CH4.

Ao se extrair o biogás este se encontra no estado bruto, contendo componentes indesejáveis que prejudicarão a performance de equipamentos e reduzir a sua vida útil ou até mesmo danificá-los de forma permanente.

2.2 FORMAS DE PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS (CH₄)

A purificação do biogás aumenta o seu poder calórico, dióxido de carbono (CO₂), remove componentes que vão prejudicar o rendimento de motores, vapor de água (H₂O), e corroer componentes metálicos, gás sulfídrico (H₂S).

2.2.1 REMOÇÃO DA UMIDADE (H₂O) E DO DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Para a remoção destes componentes pode-se usar um conjunto de filtros de água e de cerradura. A cerradura ou apara de madeira absorve a umidade enquanto a água reage com o dióxido de carbono (CO₂), conforme pode ser verificado na equação (2.2). Para evitar a diminuição do *ph* da água dos filtros por elevada concentração de carbono tem de se efetuar a troca em curtos períodos de tempo.



onde:

CO₂ - dióxido de carbono

H₂O - água

H₂CO₃ - ácido carbônico

Segundo (OLIVEIRA, 2009), dependendo de qual for o posterior uso do biogás será definido qual o grau de umidade aceitável, que pode ser associado ao ponto de orvalho, e assim

será realizada a secagem do mesmo. Esse processo pode ser executado com a utilização de glicóis, com sílica gel ou outro produto que retenha umidade.

2.2.2 REMOÇÃO DO GÁS SULFÍDRICO (H_2S) POR ÓXIDO DE FERRO

Para a remoção do gás sulfídrico pode-se usar um filtro de palha de aço, bastando apenas forçar a passagem do biogás por um recipiente preenchido com palha de aço e o metal irá reagir com o gás sulfídrico e removê-lo, processo que pode ser verificado na equação (2.3), e para a regeneração do palha de aço basta tira-lo do filtro e expô-lo ao ar, conforme processo apresentado na equação (2.4).



onde:

Fe_2O_3 - óxido de ferro III

H_2S - gás sulfídrico

Fe_2S_3 - sulfeto de ferro III

H_2O - água

O_2 - oxigênio

S_2 - enxofre

Segundo (OLIVEIRA, 2009), ao invés de ser utilizado óxido de ferro, o mesmo pode ser substituído por óxido de zinco (ZnO), sendo este mais caro. O mesmo autor estima-se que $1,0\text{ m}^3$ de enchimento com óxido de ferro possa ser capaz de remover cerca de 100kg de enxofre. Segundo (KAZMIERCZAK *et al.*, 2016), a produção de gás sulfídrico proveniente da bactérias sulfetogênicas comprometem a produção de metano (biogás) por estas bactérias atuarem sobre os mesmos nutrientes (acetato, hidrogênio e dióxido de carbono) que as bactérias metanogênicas assim o produtor tem de estar ciente de efluentes ricos em enxofre.

2.3 BIODIGESTORES

O biodigestor é um equipamento que transforma o lixo orgânico e dejetos em biogás e biofertilizante. Esta transformação é feita com a fermentação da matéria orgânica a partir da

digestão anaeróbica. Com o uso deste equipamento pode ser evitado o descarte impróprio e a redução a quantidade de resíduos que seria encaminhada ao aterro sanitário assim, aumentando a vida útil desses aterros além de dar uma destinação adequada aos resíduos orgânicos. Ao descartar o lixo orgânico no biodigestor essa matéria orgânica vai ser transformada por bactérias que são as hidrolíticas, as acetogênicas, homoacetogênicas e as metanogênicas.

Esta transformação é marcada e delimitada pela presença destas bactérias, segundo (KARLSSON *et al.*, 2014) . As etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbica para a produção do biogás são a seguir:

- Na primeira fase atuam as hidrolíticas que são responsáveis pela quebra dos polímeros transformando-os em compostos menores (monômeros). Após a hidrólise, as bactérias atuam na fermentação dos produtos obtidos. Esta é a fase que determina a velocidade de todo o processo pois esta fase pode demorar mais tempo se a matéria orgânica for predominantemente constituída de matéria orgânica não dissolvida como por exemplo: pele, ossos, proteínas, gorduras e celulose (KIPPER, 2013).
- A segunda etapa do processo de digestão é a fermentação. O que acontece nesta etapa depende do tipo de material orgânico que é adicionado ao processo de digestão anaeróbia, assim como dos microrganismos que estão disponíveis no sistema. A maioria dos microrganismos que estavam ativos na etapa de hidrólise também estarão ativos nesta etapa. Os componentes menores derivados da ruptura de moléculas grandes na hidrólise continuam a ser quebrados em moléculas menores (KARLSSON *et al.*, 2014).
- Na terceira fase atuam as homoacetogênicas. Estas bactérias consomem o hidrogênio e produzem o acetato a partir do dióxido de carbono. Segundo (KARLSSON *et al.*, 2014), nesta etapa, as moléculas rompidas durante as fases de hidrólise e fermentação rompem-se em moléculas ainda menores pela oxidação anaeróbia, sendo necessário que haja boa interação entre os microrganismos produtores de metano.
- Na quarta fase atuam as metanogênicas que atuam sobre o dióxido de carbono, o hidrogênio e o acetato assim transformando-os em metano, segundo (KARLSSON *et al.*, 2014).

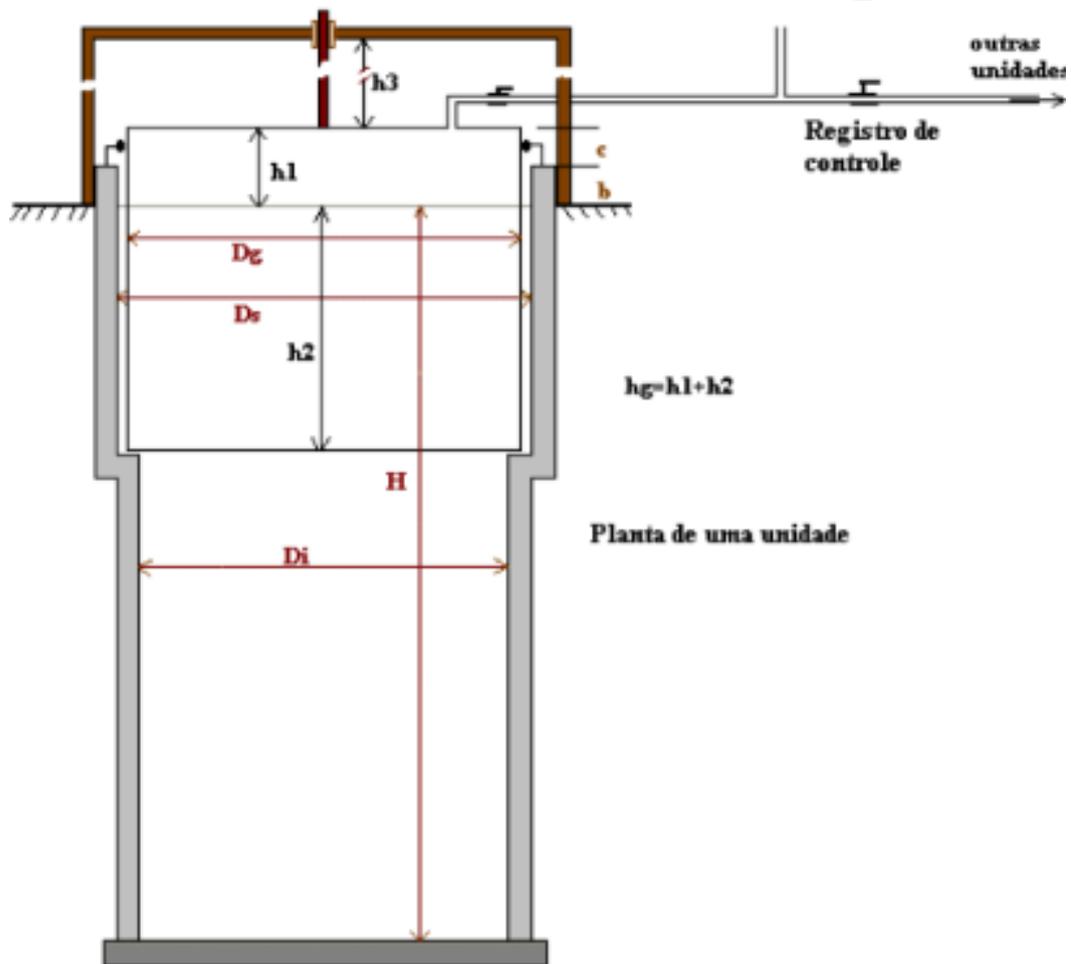
2.3.1 TIPOS DE BIODIGESTORES

Existem diversos tipos de biodigestores, os mais comuns são os que trabalham por batelada, e os que trabalham de forma contínua.

2.3.1.1 Batelada

Bateladas é um tipo de biodigestores que funciona por específicos períodos de tempo a sua alimentação é feita uma só vez e em seguida são selados por até 60 dias. Sendo abertos só após toda a matéria orgânica ter sido transformada, assim extraindo o biogás e biofertilizante. Este tipo de biodigestor costuma ser utilizado em locais onde existe uma periodicidade na produção de lixo orgânico. O sistema é simples, fácil de manejar e de manutenção, Figura 2.

Figura 2 – Representação do biodigestor batelada.



Fonte: Deganutti *et al.* ()

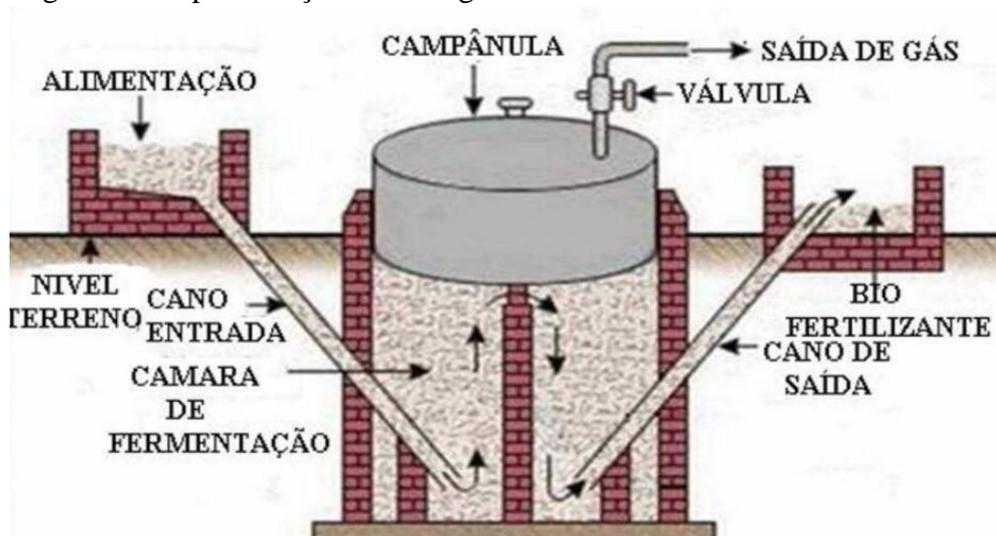
Os biodigestores contínuos podem se apresentar em dois sistemas diferentes: vertical e horizontal.

2.3.1.2 Contínuos

Os biodigestores contínuo com sistema vertical costumam ser enterrados demandando cuidados na escavação e com riscos de contaminação de lençóis freáticos. No entanto, por estarem enterrados precisam de menor ou nenhum controle da temperatura interna dos biodigestores porque a terra tem o seu próprio sistema de controle de temperatura. Entre estes sistemas os mais usados são: o modelo indiano e chinês.

- O modelo indiano possui uma tampa móvel que tem a função de um gasômetro no biodigestor e esta se move verticalmente com a pressão do gás contido assim fazendo com que a pressão do gás seja constante, a tampa pode estar sobre a biomassa ou sobre uma camada de água que serve como um selo assim reduzindo a perdas durante o processo de produção de gás, possui uma parede central que divide câmara de fermentação em duas partes, fazendo com que a biomassa circule por toda a câmara, conforme pode ser verificado na figura 3.

Figura 3 – Representação do biodigestor indiano.



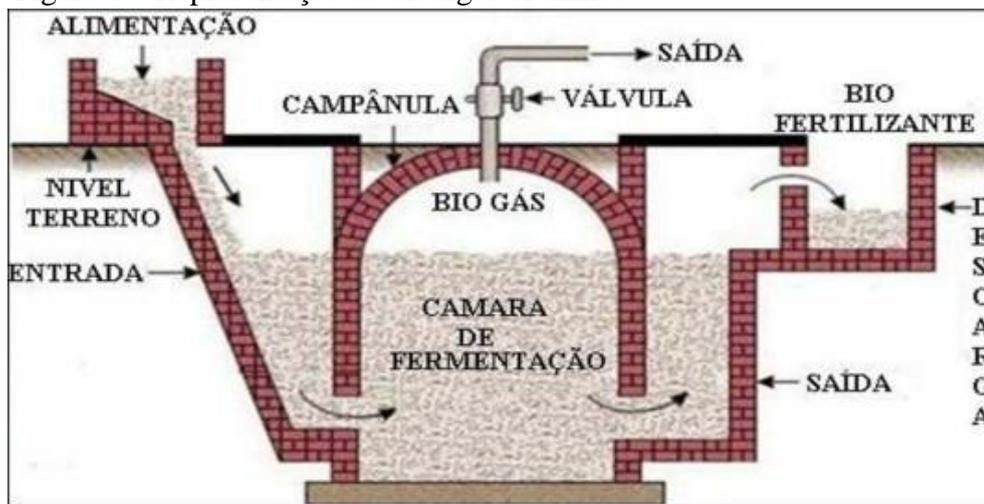
Fonte: Lustosa e Medeiros (2014)

A sua construção é fácil, porém, a tampa que geralmente de metal pode encarecer o custo final e a distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte inviabilizando a sua implementação.

- O modelo chinês tem uma câmara cilíndrica com um teto em forma de abóboda seguindo o princípio da prensa hidráulica. A sua construção é quase totalmente em alvenaria, assim reduz o seu custo de construção, no entanto, por ser todo de alvenaria faz com que tenha risco de vazamento do biogás caso não seja bem impermeabilizada. Por este modelo ser

uma estrutura única corre risco de formação do biogás na caixa de saída de biomassa assim causando uma perda de produto e causando a redução parcial da pressão da câmara, e por este motivo não se recomenda para grandes produções de biogás, a figura 4 apresenta a representação do modelo chinês.

Figura 4 – Representação do biodigestor chinês.



Fonte: Lustosa e Medeiros (2014)

É importante salientar que o modelo chinês segue o mesmo princípio de concentração de substrato que o modelo indiano, com uma concentração de sólidos totais de 8% para que a biomassa possa fluir sem obstruir os tubos de entrada e saída.

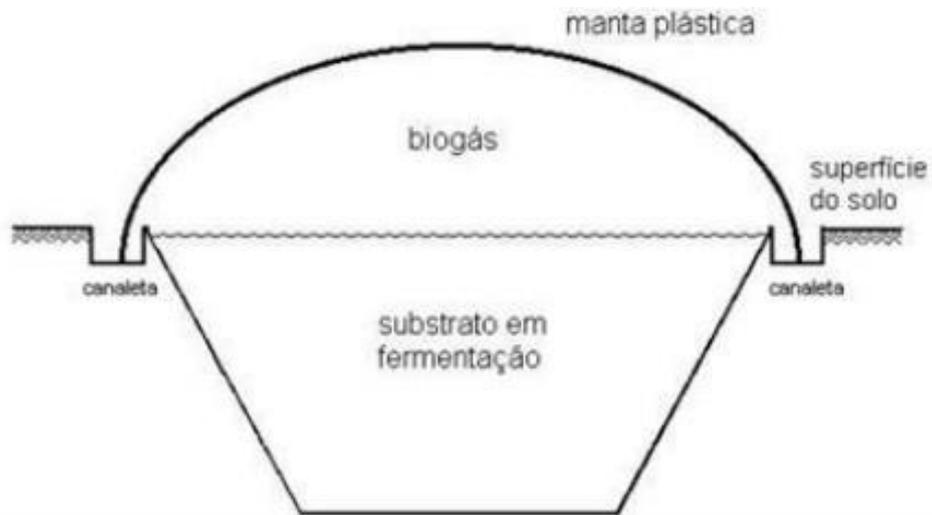
SISTEMA HORIZONTAL

O sistema horizontal pode ou não ser enterrado e por esta característica estrutural ele é recomendado em áreas que possuam lençóis freáticos superficiais, pois este tipo de sistema possui uma menor probabilidade de sua contaminação porém a sua desvantagem é por ocupar uma área maior que os modelos anteriores e um sistema de controle de temperatura natural mais fraco por ter uma grande área exposta ao meio ambiente. Para esse tipo de sistema, o modelo canadense é o mais comum.

- O modelo canadense possui a base da câmara retangular com a largura maior que a profundidade assim fazendo com que haja maior exposição ao sol. A manta flexível de pvc que tem a função de gasômetro, e pode ser retirada para facilitar o manuseio e a limpeza. Como este modelo é mais exposto ao meio ambiente ele é mais usado em regiões quentes para que o sol possa servir como um regulador de temperatura. As figuras 5 e 6 representam esses tipos de biodigestor.

Em alguns biodigestores são instalados agitadores de baixa rotação tendo como função

Figura 5 – Representação do biodigestor canadense.



Fonte: ANDRADE (2018)

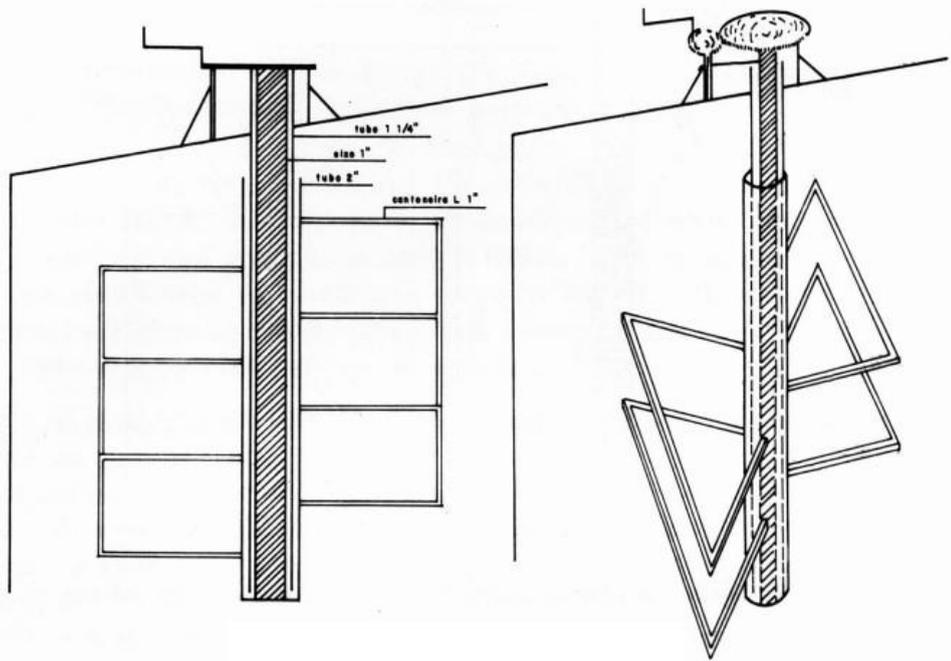
Figura 6 – Representação do biodigestor canadense.



Fonte: Oliveira (2016)

agitar o composto orgânico para ajudar as bactérias a circularem por todo o composto e facilitar a liberação dos gases produzidos, otimizando a sua área de contato com o composto e acelerando o processo, (ALCÓCER *et al.*, 2014), Figura 7.

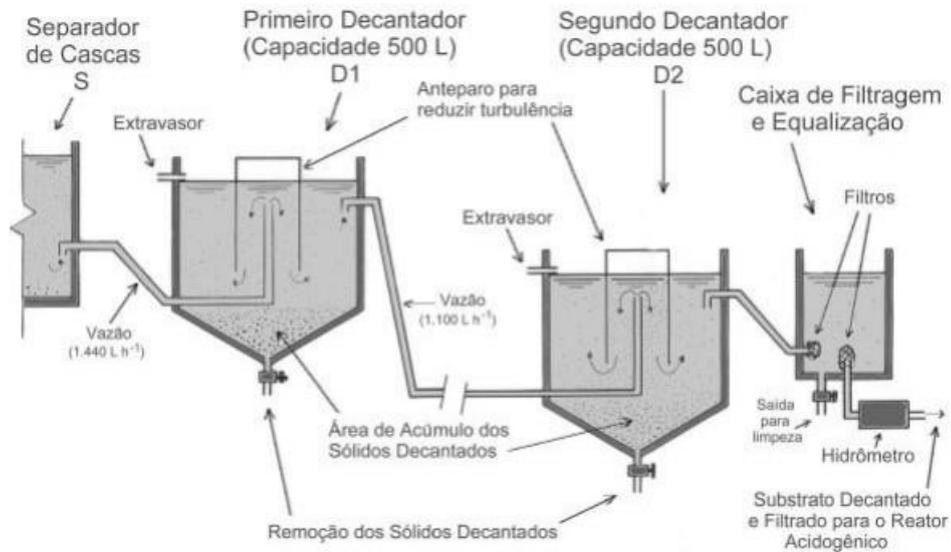
Figura 7 – Representação do agitador de baixa rotação.



Fonte: Alves *et al.* (1983)

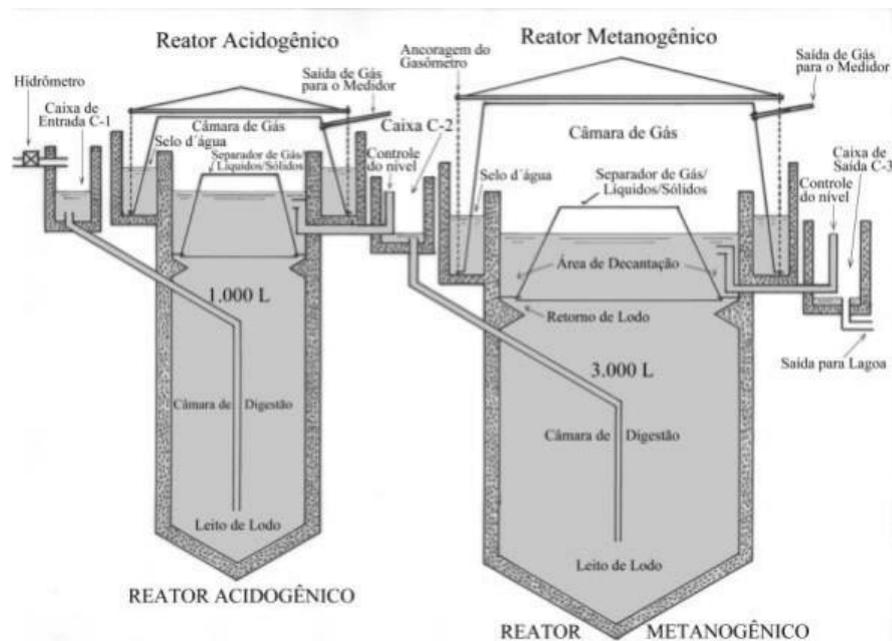
Os biodigestores podem possuir estruturas mais complexas com funções específicas como por exemplo, os representados nas figuras 8 e 9, segundo (FEIDEN, 2010) "onde consistiu-se na implantação e operação de um sistema de tratamento de resíduos líquidos de feculária."

Figura 8 – Representação do sistema de captação, decantação e filtragem dos resíduos líquidos.



Fonte: FEIDEN (2010)

Figura 9 – Representação do sistema de digestão anaeróbica com separação de fases.

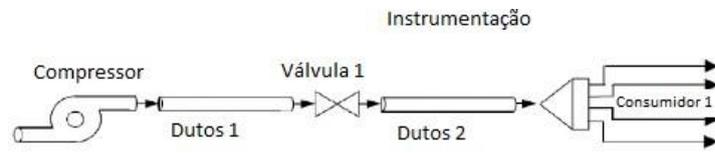


Fonte: FEIDEN (2010)

Os biodigestores podem ser automatizados para maior segurança e eficiência energética como foi proposto por (COSTA; OLIVEIRA, 2016). Eles introduziram um sistema de controle de pressão e vazão de uma linha de gasoduto como ilustra a Figura 10. Pelo trecho da linha de dutos apresentados existem três estações que realizam as funções necessárias

para o transporte de gás, integrando a ação dos componentes. Existem basicamente três tipos de estações: de compressão, de medição e de entrega.

Figura 10 – Representação esquemática do segmento proposto.

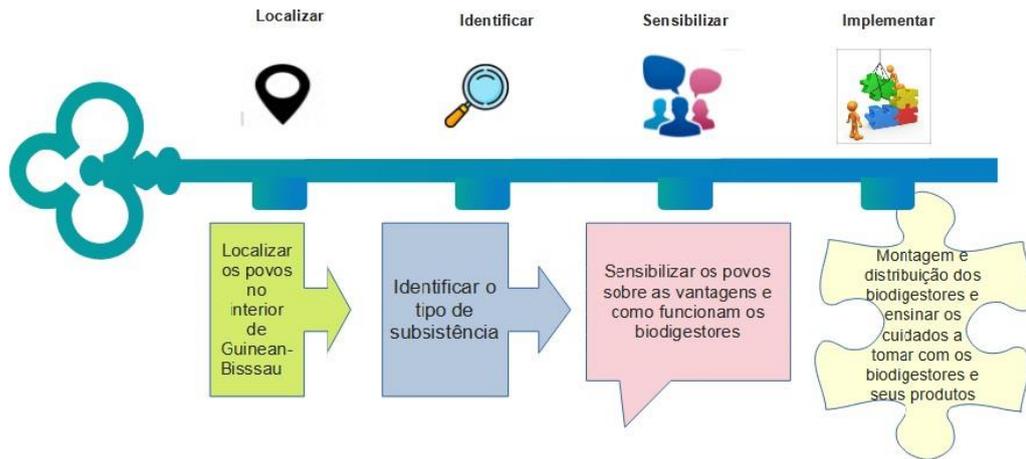


Fonte: Costa e Oliveira (2016)

3 METODOLOGIA

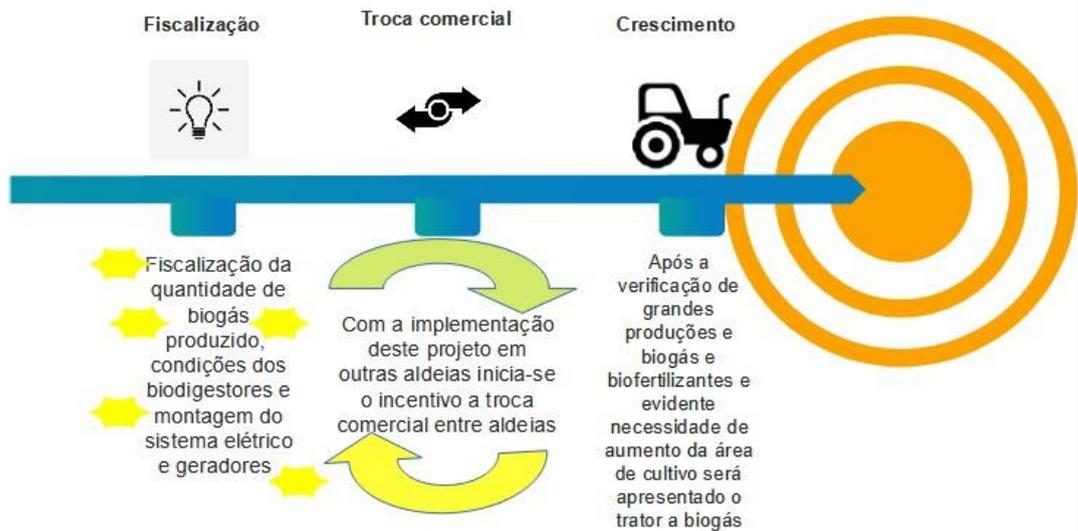
Este trabalho tem como objetivo a análise da viabilidade de implementação de biodigestores em aldeias do interior de Guiné-Bissau.

Figura 11 – Esquema de aplicação do projeto part.1



Fonte: Autor

Figura 12 – Esquema de aplicação do projeto part.2



Fonte: Autor

O estudo considera a Empresa brasileira Homebiogás, os geradores da Empresa Enermac e os tratores da Empresa Newholland. As etapas para melhor organização e implementação da proposta são apresentadas nas Figuras 11 e 12 respetivamente.

- Identificar e localizar das clinicas/centros de saúde para se aplicar a proposta inicialmente as comunidades mais próximas. Optou-se pelas comunidades mais próximos para ser possível fornecimento de um investimento continuo e uma recolha de dados mais rápida, assim proporcionando uma implementação prática, objetiva e financeiramente viável.
- Identificação do tipo de subsistência usado pela comunidade para melhor se detectar o tipo de biodigestor a ser usado. Identificar o tipo de subsistência é importante porque permite saber a quantidade de lixo orgânico que irá ser produzido e se esta comunidade irá necessitar do biofertilizante. As atividades predominantes das comunidades são a pesca e a caça enquanto que a agricultura e a criação de gado varia dependendo da sua localização. A população que tem como predominante a criação de gado irão produzir mais biofertilizante e biogás, Tabela 1, enquanto as aldeias que tem como predominância a agricultura irão precisar de mais biofertilizante do que irão produzir, assim possivelmente sera criado um sistema de troca com a implementação deste projeto.

Tabela 1 – Comparação da produção média de esterco / animal / dia.

Esterco	Kg de esterco por dia
Bovino (453kg)	23,5
Suíno (73kg)	3,4
Ave (1,6kg)	0,1

Fonte: Trani *et al.* (2008)

A digestão anaeróbica do resíduo animal através do biodigestor resulta na produção de biogás, composto basicamente por metano (CH_4 – 60% a 70%) e dióxido de carbono (CO_2 – 30%).

Nos últimos anos houve o ressurgimento do interesse na captura de biogás,

devido à crescente preocupação com o aquecimento global.

O aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é queimada a mistura com-posta por acentuada concentração de gás metano (CH_4), cerca de vinte (20) vezes mais poluentes que o dióxido de carbono (CO_2), no que se refere ao efeito estufa, segundo (BARICHELLO *et al.*, 2015).

- Sensibilização da população e funcionários das clínicas/centros de saúde sobre as vantagens, Tabela 2, e como usar os biodigestores, Tabela 3 e seus produtos antes da sua implementação para uma melhor aceitação e utilização.

Tabela 2 – Comparação entre o biogás e diferentes fontes energéticas.

Biogás (m³)	Fonte Energética	Equivalências Litro(L) - Kg - Kwh
1,63	Gasolina	1 - 0 - 0
1,8	Óleo diesel	1 - 0 - 0
1,73	Querosene	1 - 0 - 0
1,58	Gasolina de avião	1 - 0 - 0
2	Óleo combustível	1 - 0 - 0
1,81	Petróleo Médio	1 - 0 - 0
1,26	Álcool combustível	1 - 0 - 0
2,2	GLP	0 - 1 - 0
0,65	Lenha	0 - 1 - 0
1,36	Carvão Vegetal	0 - 1 - 0
0,29	Xisto	0 - 1 - 0
0,7	Energia Elétrica	0 - 0 - 1

Fonte: Oliveira (2009)

Tabela 3 – Tabela de proporção água/dejeto para a deposição em biodigestores.

Esterco	Litros de água/100kg de esterco	Relação água/esterco
Bovino	100	1:1
Suíno	130	1:1,3

Fonte: Motta (2012)

Nota: Não se foi considerado o esterco de caprinos e aves por sua capacidade de produção de dejetos ser muito baixa e poder ser adicionada aos 100kg de dejetos de suíno ou bovino como um complemento.

Segundo (CRISTIANO, 2015), "A energia proveniente do biogás vem ganhando importância ao lado de outras fontes renováveis, contribuindo para a redução do consumo de combustíveis fósseis e da emissão de gases de efeito estufa."

Segundo (CRISTIANO, 2015), "Como é obtido a partir da degradação anaeróbia de resíduos, o biogás representa uma alternativa interessante não só do ponto de vista ambiental, como também econômico."

- Implementação dos biodigestores, biodigestores 7.0 ,ficarão mais próximos das zonas de criação de gado assim para facilitar a recolha dos dejetos.

Outros biodigestores, dependendo da quantidade de pessoas e lixo orgânico produzido irá definir o tamanho dos biodigestores e o número, estarão localizados no centro das aldeias ou mais próximos de escolas e clínicas para a recolha de lixo orgânicos (no caso da quantidade de lixo orgânico produzido pela aldeia for pouco por família), Figura 13 ou 14.

Os biodigestores que lhes for acoplados uma sanita, Figura 15 , serão posicionados ao lado de cada habitação e ao lado de escolas e clínicas, (o tipo de biodigestor que está acoplado a uma sanita dependerá da quantidade de pessoas por habitação).

No início a quantidade de biodigestores usados será reduzido para melhor coleta de dados e com o tempo irá se aumentar o número de biodigestores de acordo com a quantidade de lixo orgânico e com o aumento da criação de gado para se poder instalar por fim os geradores a biogás que possuem um consumo elevado de biogás.

Tabela 4 – Representação do conjunto de dados dos biodigestores da Homebiogas.

Tipo de biodigestor	Entrada (máxima) Resíduos orgânicos - Esterco	Saída (máxima) Vol. biogás (L)
Homebiogas 2.0	4Kg/Dia - 18Kg/Dia	700L/Dia
Homebiogas 7.0	10kg/Dia - 60kg/Dia	2500L/Dia

Fonte: Autor

Nota: Pressão nominal 10 mbar

Figura 13 – Representação do biodigestor Homebiogas 2.0.

HOMEBIOGÁS® 2.0

O HomeBiogas 2.0 é um biodigestor autônomo de pequena escala sem uso de energia elétrica que converte esterco animal e resíduos orgânicos em gás de cozinha e fertilizante líquido.



CARACTERÍSTICAS HOMEBIOGÁS 2.0

 2-3 horas de gás de cozinha diário.	 Fácil de usar, baixa manutenção.	 Fácil de transportar- pequena caixa (23 kg).	 Montagem simples em 2 horas.	 Recursos de segurança incluem filtros, tanques vedados e válvula de liberação do gás automática.	 Sistema autônomo sem necessidade de energia elétrica.
--	---	---	---	---	--

Fonte: homebiogas.com

Figura 14 – Representação do biodigestor Homebiogas 7.0.

HOMEBIOGÁS® 7.0

O HomeBiogas 7.0 é um biodigestor autônomo de média escala sem uso de energia elétrica que converte esterco animal e resíduos orgânicos em gás de cozinha e fertilizante líquido.



CARACTERÍSTICAS HOMEBIOGÁS 7.0

 5-7 horas de gás de cozinha diário.	 Fácil de usar, baixa manutenção.	 Fácil de transportar- pequena caixa (35 kg).	 Montagem simples em 2-3 horas.	 Recursos de segurança incluem filtros, tanques vedados e válvula de liberação do gás automática.	 Sistema autônomo sem necessidade de energia elétrica.
--	---	---	---	---	--

Fonte: homebiogas.com

- Fiscalização semanal para reforçar os ensinamentos anteriormente passados, o tempo do intervalo das fiscalizações irão aumentar de semana para meses e de meses para anos, este aumento do intervalo de fiscalização só mudará após se verificar resultados esperados, tais como aplicação correta dos ensinamentos anteriormente passados e o aumento de produção de biogás. A recolha de dados mensal para o relatório de resultados e melhoria nas futuras instalações. Após a verificação de uma produção contínua, estável e abundante de biogás

Figura 15 – Representação do biodigestor Homebiogas Bio-Toilet.

HOME BIOGAS® Bio - Toilet

O HomeBiogas Bio-Toilet oferece solução de saneamento digna e autônoma para dejetos humanos enviando o resíduo diretamente do vaso para o biodigestor.

CARACTERÍSTICAS HOME BIOGAS BIO-TOILET

- Fácil de transportar pequena caixa (43 kg).
- Fácil de usar e montagem simples.
- Até 20 descargas por dia.
- Sistema autônomo sem necessidade de energia elétrica e água pressurizada.

Fonte: homebiogas.com

serão instalados os geradores da empresa ENERMAC que fornece geradores a biogás de 30 KVa a 420 KVa, Tabela 4 e 5.

Tabela 5 – Representação do consumo/produção dos geradores da ENERMAC.

Tipo de Gerador	Consumo		Energia Elétrica (KW)
	65% de biogás	75% de biogás	
ENGGB 30KVA-60Hz	14 m ³ /h	12 m ² /h	20
ENGGB 50KVA-60Hz	20 m ³ /h	17 m ³ /h	32
ENGGB 80KVA-60Hz	34 m ³ /h	29m ³ /h	55
ENGGB 120KVA-60Hz	47m ³ /h	40m ³ /h	77
ENGGB 250KVA-60Hz	72 m ³ /h	61 m ³ /h	160
ENGGB 330KVA-60Hz	97 m ³ /h	82 m ³ /h	211
ENGGB 420KVA-60Hz	118 m ³ /h	100 m ³ /h	260

Fonte: ENERMAC

Figura 16 – Representação do Trator T6.180 METHANE POWER.



Fonte: <https://agriculture.newholland.com/nar/en-us/equipment/products/tractors-telehandlers/t6-180-methane-power>

- Após a implementação dos biodigestores em outras localidades próximas a clínicas/centros de saúde, estas comunidades serão incentivados a aplicarem trocas de biofertilizantes e biogás por outros produtos assim mostrando outras formas de subsistência.
- Com a verificação de grande produção de biogás estável e abundante serão apresentadas às aldeias o trator da empresa americana New Holland, este modelo funciona a biogás com um depósito de 453L e uma autonomia de 8H a 14H entre reabastecimentos.

3.1 Local proposto para implementação

O local mais adequado para implementação inicial desta proposta é a cidade de Gabu, que está localizada em Guiné-Bissau pertence ao setor de Gabu, localizada às margens do rio Campossa. Segundo o censo demográfico de 2009 o sector possuía uma população de 81.495 habitantes, sendo que 41.612 habitantes somente na zona urbana desta cidade. (Optou-se por essa região por possuir um grande índice de criação de animais tornando-se um bom alvo para a produção de biogás e biofertilizante proveniente destas culturas.) Depois serão escolhidos locais onde existem grandes áreas de cultivo de cana-de-açúcar para a produção de água ardente ou açúcar porque na produção de água ardente existe um subproduto (vinhaça ou vinhoto) que é ácido e segundo (BALDACIN; PINTO, 2015) a relação da produção de vinhaça por litro de

etanol está entre 10 e 15 litros. Com este subproduto estas plantações poderão também produzir biogás e biofertilizante assim otimizar a sua produção.

4 RESULTADOS

Com esta análise apresenta-se parâmetros mínimos, número de animais (exemplo vacas e porcos) mínimo para se obter 5 horas de energia elétrica por dia e a progressão de sua criação para se atingir a meta das 24 horas de energia elétrica, para se obter resultados propícios à geração de energia, à produção de biogás para cozinha, aquecimento da água e produção de biofertilizante para as iniciais plantações de subsistência e a sua venda.

4.1 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM O AUMENTO DO NÚMERO DE GADO EM CRIAÇÃO

De acordo com os dados apresentados na metodologia, Tabelas 1, 4 e 5, para um funcionamento de 5 horas diárias do gerador de 30 KVa com um consumo de 12m³/h a 14m³/h se irá utilizar em média 31 biodigestores (7.0) que tem uma taxa de produção diária de 2500 L/Dia .

Para se manter uma alimentação diária de 60kg de dejetos pode ser escolhido os seguintes modos de criação de animais: exclusivamente a suinicultura (mistura 1) , exclusivamente a bovinocultura (mistura 2) ou uma mesclagem entre as duas culturas (mistura 3 e 4) conforme indica a Tabela 6. Escolheu-se a mistura de criação de animais (vaca e porco) porque se verificou que o número de porcos para se poder alimentar 31 biodigestores é muito elevado e ao se misturar com a bovinocultura o número de porcos necessários diminui assim tornando o objetivo inicial mais alcançável.

O número de animais necessário para se atingir a alimentação diária de 31 biodigestores, que necessitarão de 1860 Kg de dejetos por dia, pode ser calculado usando as seguintes equações: Eq.4.3 define o número de biodigestores 7.0, a Eq.4.4 e a Eq.4.5 calculam a quantidade em Kg de dejetos que um conjunto de animais vão produzir por dia, a Eq. 4.1 calcula o consumo do gerador e a Eq. 4.2 calcula o número necessários de biodigestores.

$$C_G = \frac{V_{CG}}{H_{FG}} \quad (4.1)$$

$$N^\circ = \frac{V_{CG}}{P_b} \quad (4.2)$$

$$N_{7.0} = \frac{P_{dx}}{C_{7.0}} \quad (4.3)$$

$$P_{dx} = K_{gp} \cdot N_p \quad (4.4)$$

$$P_{dx} = K_{gv} \cdot N_v \quad (4.5)$$

Onde:

C_g - Consumo do gerador

V_{CG} - Volume de consumo do gerador

H_{FG} - Hora de funcionamento do gerador

N° - Número de biodigestores necessários

P_b - Produção de biogás

$C_{7.0}$ - Consumo do biodigestor 7.0 (60KG/Dia)

P_{dx} - Produção de dejetos (Kg/Dia) onde X representa vacas ou porcos

N_p - Número de porcos

N_v - Número de vacas

$K_g p$ - Kg de dejetos suíno por dia

$K_g v$ - Kg de dejetos bovino por dia

$N_{7.0}$ - Número de Homebiogas 7.0

A tabela 6 apresenta o número mínimo de animais necessário para o funcionamento de 5 horas do gerador de 30 KVa.

Tabela 6 – Número de porcos e vacas necessário para a geração de energia elétrica 5H/Dia.

Misturas de criação	Suíno	Bovino
Mistura 1	600	0
Mistura 2	0	90
Mistura 3	210	60
Mistura 4	420	30

Fonte: Autor

A procriação de porcos é em média de 20 leitões por ano e a distribuição é de 1 porco por 5 porcas, segundo (SARTOR *et al.*, 2004), assim, pode-se duplicar a sua produção a cada 2 anos e proporcionalmente aumentando a sua produção de biogás e horas de energia elétrica.

A procriação das vacas é mais limitada por terem 1 bezerro por ano, com intervalos de 3 meses entre gestações, ao nascer, esta estará apta para reproduzir após 2 anos de vida, a última gestação acontecerá aos 10 anos de vida, assim esta poderá ter no máximo 5 bezerras no prazo de 10 anos de vida, segundo (LYONS, 2022).

Com estes dados pode-se dizer que a criação de porcos é mais propícia para a produção de biogás a longo prazo apesar de uma vaca ter uma produção de dejetos 7 vezes superior a de um porco porém, com a elevada taxa de reprodução dos porcos estes conseguem superar a produção de dejetos da vaca em apenas 3 anos. As análises estão-se apenas a considerar a reprodução e a quantidade de dejetos produzidos por animal sabendo que tem outras questões como a suscetibilidade em contrair doenças, os custos com a criação, alimentação entre outros fatores que influenciam a capacidade de reproduzir e gerar crias saudáveis.

A tabela 7 apresenta a progressão da produção de biogás bovino e suíno. Optou-se por 11 anos por ser o limite de reprodução de uma vaca após 10 anos as vacas que foram usadas para a procriação terão de ser trocadas e assim causando uma queda na produção.

A Tabela 7 e a Figura 17 foram elaborados com a intenção de se saber quantos anos seriam necessários para se ter uma produção estável de biogás para geração de 24 horas de energia com:

- Uma criação inicial de 6 porcos;
- Uma proporção de 1 porco para 5 porcas;
- Uma média de 20 leitões por porca por ano, segundo (OLIVEIRA, 2004);
- Com 20% de probabilidade de se ter leitões fêmeas com 14 tetas funcionais (não invertidas);
- Com 20% de probabilidade de se ter leitões fêmeas com menos de 14 tetas funcionais;
- Com 30% de probabilidade de se ter leitões machos;
- Com 30% de probabilidade de se ter morte a nascença ou nos primeiros 7 meses;
- Uma criação inicial de 25 vacas e 1 boi;
- Uma procriação de 1 bezerro por ano por vaca, segundo (LYONS, 2022);
- Com 40% de probabilidade de se ter bezerras fêmeas;
- Com 60 % de probabilidade de se ter bezerras machos;

Para a elaboração desta tabela foram usadas as seguintes equações:

Tabela 7 – Progressão da produção biogás em um intervalo de 11 anos comparação de Bovinos X Suínos.

Anos	Nº Bovino	Nº Suíno	Prod. de Biogás (L/Dia) Bovino	Prod. de Biogás (L/Dia) Suíno
0	26	6	21.667	0
1	38	71	31.250	8.850
2	49	244	40.833	30.450
3	61	740	50.417	92.550
4	72	2.209	60.000	276.150
5	95	6.486	73.167	810.750
6	130	19.295	107.917	2.411.850
7	176	57.700	146.250	7.212.450
8	245	172.892	203.750	21.611.550
9	348	518.449	290.000	64.806.150
10	521	1.555.098	433.750	194.387.250
11	693	2.591.747	577.500	323.968.350

Fonte: Autor

Equações 4.3,4.4 e 4.5, que definem o número de biodigestores 7.0 e a quantidade em kg de dejetos um conjunto de animais vão produzir por dia respectivamente.

Equação 4.7 define define o consumo do gerador que é volume por hora.

Equação 4.6 calcula a quantidade total de biogás produzida por dia.

Equação 4.8 esta equação define a quantidade de biodigestores em geral a partir da divisão do volume de consumo de um gerador pela produção diária de biogás deste biodigestor.

$$P_B = N_{7.0} \cdot P_{b7.0}$$

(4.6)

$$C_G = \frac{V_{CG}}{H_{FG}} \quad (4.7)$$

$$N^\circ = \frac{V_{CG}}{P_b} \quad (4.8)$$

Onde:

$P_{b7.0}$ - Produção de biogás por biodigestor 7.0

$N_{7.0}$ - Número de Homebiogás 7.0

P_B - Produção de biogás

C_G - Consumo do gerador

V_{CG} - Volume de consumo do gerador

H_{FG} - Hora de funcionamento do gerador

N° - Número de biodigestores necessários

A figura 17 foi elaborada com a intenção de se saber quantos anos seriam necessários para se ter uma produção estável de biogás para geração de 24 horas de energia.

Como foi representado no Figura 17 após 5 anos de criação de porcos a sua produção de biogás foi equivalente a 10 anos de criação das vacas e nos seguintes anos o seu aumento foi exponencial.

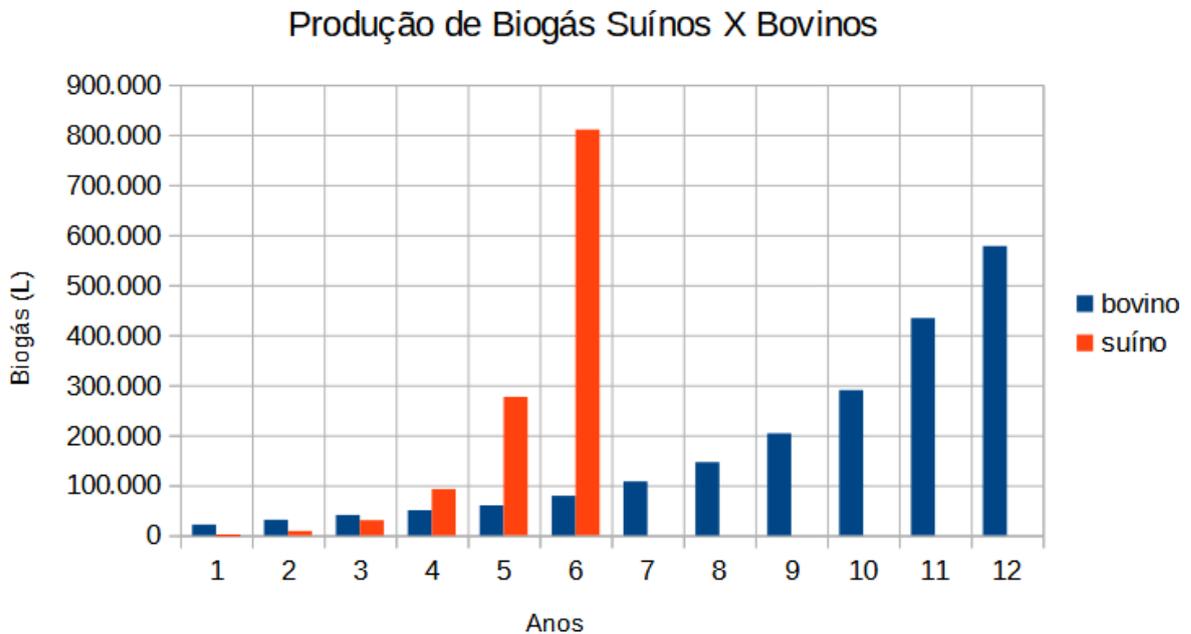
4.2 PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR HABITAÇÃO E ESCOLA

Sabendo que a estratégia é encontrar uma clínica que tenha aldeias em comum, vamos supor que estas aldeias (Aldeias A, B e C) tenham os seguintes números conforme a Tabela 8.

Adicionalmente, irá se supor que estas aldeias tenham uma escola em comum e que em uma habitação na Guiné-Bissau tenha em média sete membros onde 40% deste número são menores de idade.

Na definição de número de pessoas na escola seguiu-se o parâmetro de 40% de menores por família e um professor por 30 alunos e 5 funcionários para a limpeza e cozinha. Na determinação de produção de biogás será delimitada pela produção do biodigestor como indicado na Tabela 4.

Figura 17 – Produção de Biogás Bovino x Suíno



Fonte: autor

Nota: A representação dos suínos não está completa porque a escala do suíno aumenta drasticamente a partir do 6 ano, com a inclusão os dados dos anos seguintes tornariam a curva de crescimento dos bovinos imperceptível.

Tabela 8 – Avaliação de 3 aldeias (A, B e C) que tenham uma clinica e escola em comum.

Identificação dos participantes	Número de pessoas	Número de habitações	Produção de Biogás (L/Dia)
Aldeia A	300	42	22400
Aldeia B	500	71	37400
Aldeia C	700	100	53100
Escola	622	—	75000

Fonte: Autor

A sua distribuição será 10 pessoas por biodigestor e para a recolha de lixo orgânico a sua distribuição será delimitado 30 pessoas por biodigestor.

Nas aldeias supôs-se 3 Aldeias (A, B e C) com um número igual ou superior da 300 pessoas por ser essa a estimativa de número de pessoas por aldeias em Guiné-Bissau, o número de habitações foi definida pela média de 7 pessoas por família ou habitação, Equação 4.9.

A determinação da produção de biogás será pelos biodigestores Bio-Toilet (que será um por habitação), Equação 4.10, Homebiogas 7.0 (que será um por cada 3 habitações), Equação

4.11 e a determinação da produção total de biogás será definida pela equação 4.12 .

$$N_{Hab} = \frac{N_{px}}{H_{ab}} \quad (4.9)$$

$$N_{Hab} = N_{BT} \quad (4.10)$$

$$N_{7.0} = \frac{N_{Hab}}{3} \quad (4.11)$$

$$P_B = N_{7.0} \cdot P_{7.0} \quad (4.12)$$

Onde:

N_{hab} - Número de habitações

N_{px} - Número de pessoas onde x depende do número de pessoas da aldeia A, B ou C

H_{ab} - Número de pessoas por habitação

N_{BT} - Número de Boi-Toilet

$N_{7.0}$ - Número de Homebiogas 7.0

$P_{7.0}$ - Produção de biofertilizante por biodigestor 7.0

P_B - Produção de biogás

Com o uso dos Bio-Toilet, Figuras 20 e 21, acoplados ao Homebiogas 7.0 que tem a capacidade de receber a carga de uma família de 8 pessoas, pode-se ter uma produção diária suficiente para 3 horas diárias de biogás para a cozinha.

Se for acoplado ao Homebiogas 2.0 este só consegue receber a carga de uma família de 6 membros e terá uma produção diária de 2 horas de biogás diária alimentando fogareiros próprios para a queima do biogás, conforme as Figuras 18 e 19 . A produção de biogás é inferior ao normal porque só existe um tipo de carga o Homebiogás com o Bio-Toilet tem 300L/Dia de biogás se for o 7.0 e 200L/dia se for o 2.0.

Figura 18 – Fogareiro de uma boca.



Fonte: homebiogas.com

Figura 19 – Fogareiro de duas bocas.



Fonte: homebiogas.com

Figura 20 – Exemplo de Bio-toilet visão externa.



Fonte: homebiogas.com

Com o aumento populacional ou aldeias com maiores número de habitantes terão uma maior produção de lixo orgânico e por consequência maior produção de biogás.

Todo biogás produzido pelo bio-toilet por habitação, escola e clínica é para uso pessoal, assim com o biogás proveniente dos biodigestores que tratarão o lixo orgânico alimentarão

Figura 21 – Exemplo de Bio-toilet visão interna.



Fonte: homebiogas.com

o Trator T6.180 METHANE POWER.

Este trator tem um consumo médio de 452L de biogás por 8 horas a 14 horas assim aumentando também a sua capacidade de cultivo e ao mesmo tempo diminuindo drasticamente a suas horas que seriam direcionadas ao cultivo e criando possibilidades de foco em outras áreas e melhorando o seu nível e estilo de vida.

Figura 22 – Representação do Trator T6.180 METHANE POWER.



Fonte: <https://agriculture.newholland.com/nar/en-us/equipment/products/tractors-telehandlers/t6-180-methane-power>

4.3 ÁREA QUE PODERÁ SER FERTILIZA COM A PRODUÇÃO DIÁRIA DE UMA ALDEIA.

O biofertilizante é um adubo orgânico líquido que contém organismos e nutrientes (micro e macro) que melhoram a saúde das plantas, deixando-as mais resistentes ao ataque de pragas e doenças. O líquido é resultado da fermentação de resíduos orgânicos e nutrientes em água, segundo (STUCHI, 2015).

A tabela 9 demonstra o modo de aplicação do biofertilizante em hortas, pomares e solo.

Tabela 9 – Modo de aplicação do biofertilizante.

	Quantidade de biofertilizante	Local de aplicação	Intervalo de aplicação
Líquido Horta ou Roçado	10L de água por 1L de biofertilizante	Folhas	10 em 10 dias
Pomares ou Silvicultura	50ml de biofertilizante	Raízes	7 em 7 dias
Sólido	3kg/m ²	Solo	—

Fonte: (STUCHI, 2015)

Com estes dados compilados da EMBRAPA, quadro 9, fez se uma previsão de quantos metros quadrados de biofertilizante sólido vão ser produzidos (kg/dia). Após a extração do biofertilizante do biodigestor faz se a sua separação em 2 partes para uma melhor aplicação, esta separação é feita a partir de uma peneira ou tela como mostra a Figura 23.

Para o cálculo do biofertilizante foram usados os dados das Tabelas 1, 3 e 4. Com elas, foi possível gerar a tabela 11 que demonstra a quantidade de biofertilizante pelos dejetos humano, lixo orgânico e dejetos animal nas Aldeias A, B, C e Escola respectivamente.

No cálculo do biofertilizante, para a elaboração da Tabela 10, foram usados os seguintes dados: 7 pessoas por habitação e um bio-toilet por habitação, Equação 4.10, 1,2 litros por descarga e que cada pessoa usa o Bio-Toilet 3 vezes ao dia assim obtendo uma produção do biofertilizante líquido (L/Dia), Equação 4.13 e a quantidade total de biogás produzida pelos bio-toilet será definida pela Equação 4.14, desconsiderou-se o biofertilizante sólido por não se saber ao certo quantos Kg de dejetos uma pessoa gera por dia.

Figura 23 – Exemplo do modo de separação do biofertilizante.



Fonte: (STUCHI, 2015)

Tabela 10 – Quantidade de biofertilizante produzido pelos Bio-Toilet.

Identificação dos participantes	Número de pessoas	Número de habitações	Produção de biofertilizante Líquido (L/Dia)
Aldeia A	300	42	1058
Aldeia B	500	71	1789
Aldeia C	700	100	2520
Escola	622	—	2217

Fonte: Autor

$$P_{BT} = 1,2.3.H_{ab} \quad (4.13)$$

$$P_{BFL} = N_{BT}.P_{BT} \quad (4.14)$$

Onde:

N_{hab} - Número de habitações

H_{ab} - Número de pessoas por habitação

N_{BT} - Número de Boi-Toilet

P_{BT} - Produção de biofertilizante por Boi-Toilet

P_{BFL} - Produção de biofertilizante líquido

Tabela 11 – Quantidade de biofertilizante produzido pelo Homebiogas 7.0 na recolha de lixo orgânico.

Identificação dos participantes	Número de pessoas	Número de habitações	Produção de biofertilizante Sólido (Kg/Dia - m ²)
Aldeia A	300	42	840 - 280
Aldeia B	500	71	1380 - 460
Aldeia C	700	100	1980 - 660
Escola	622	—	1800 - 600

Fonte: Autor

No cálculo do biofertilizante, para a elaboração da Tabela 11, foram usados os seguintes dados:

Um biodigestor por cada 3 habitações, Equação 4.11, cada biodigestor gera 60 kg/dia de biofertilizante sólido, 3kg de biofertilizante sólido por metro quadrado, para o cálculo da quantidade total de biofertilizante sólido produzido usou-se a Equação 4.15 e para saber quantos metros quadrados esta produção fertilizaria usou-se a Equação 4.16.

$$P_{BFS} = N_{7.0} \cdot P_{7.0} \quad (4.15)$$

$$M^2 = \frac{P_{BFS}}{3} \quad (4.16)$$

Onde:

N_{hab} - Número de habitações

$N_{7.0}$ - Número de Homebiogas 7.0

$P_{7.0}$ - Produção de biofertilizante por biodigestor 7.0

P_{BFS} - Produção de biofertilizante sólido

M^2 - Potencialidade de fertilização por metro quadrado

Não se considerou o biofertilizante líquido por não ter uma quantidade de água fixa que se usa para a mistura antes da sua deposição no biodigestor já que depende do tipo de lixo orgânico, do seu ph entre outras variáveis.

No cálculo do biofertilizante, para a elaboração da Tabela 12, foram usados os seguintes dados:

Da Tabela 6 obteve se os dados de 31 biodigestores Homebiogas 7.0 para cada tipo de criação e a mistura de ambas, juntamente com os das Tabelas 1 e 3.

Tabela 12 – Quantidade de biofertilizante produzido pelo Homebiogas 7.0 na recolha de dejecto animal.

Misturas de criação	Líquido (L/Dia)	Sólido (Kg/Dia)	Metros Quadrados
Mistura 1	2652	2040	680
Mistura 2	2115	2115	705
Mistura 3	2338	2124	708
Mistura 4	2561	2133	711

Fonte: Autor

Para a elaboração da tabela 12 foram usadas as seguintes equações: Equação 4.17, usada para a determinação da quantidade de biofertilizante líquido produzido de acordo com o tipo de mistura usada, Equação (4.18) usada para a determinação da quantidade de biofertilizante sólido produzido de acordo com o tipo de mistura usada e Eq.4.19 usada para a determinação de quantos metros quadrados serão fertilizados.

$$P_{BFL} = [(K_{gp} \cdot N_P \cdot CLP) + (K_{gv} \cdot N_V \cdot CLV)] \quad (4.17)$$

$$P_{BFS} = [(K_{gp} \cdot N_P) + (K_{gv} \cdot N_V)] \quad (4.18)$$

$$M^2 = \frac{P_{BFS}}{3} \quad (4.19)$$

Onde:

C_{LP} - Composto liquido do Porco (1,3L)

C_{LV} - Composto liquido da Vaca (1L)

N_P - Número de porcos

N_V - Número de vacas

Kg_p - Kg de dejetos suíno por dia

Kg_v - Kg de dejetos bovino por dia

$N_{7.0}$ - Número de Homebiogas 7.0

P_{BFL} - Produção de biofertilizante líquido

P_{BFS} - Produção de biofertilizante sólido

M^2 - Potencialidade de fertilização por metro quadrado

A Tabela 13 e a Figura 24 foram elaborados com a intenção de se comparar a progressão de produção de biofertilizante sólido entre a suinicultura e a bovinocultura longo dos anos com:

- Uma criação inicial de 6 porcos;
- Uma proporção de 1 porco para 5 porcas;
- Uma média de 20 leitões por porca por ano, segundo (OLIVEIRA, 2004);
- Com 20% de probabilidade de se ter leitões fêmeas com 14 tetas funcionais (não invertidas);
- Com 20% de probabilidade de se ter leitões fêmeas com menos de 14 tetas funcionais;
- Com 30% de probabilidade de se ter leitões machos;
- Com 30% de probabilidade de se ter morte a nascença ou nos primeiros 7 meses;
- Uma criação inicial de 25 vacas e 1 boi;
- Uma procriação de 1 bezerro por ano por vaca, segundo (LYONS, 2022);
- Com 40% de probabilidade de se ter bezerros fêmeas;
- Com 60% de probabilidade de se ter bezerros machos;

Para a elaboração da tabela usou-se as seguintes Equações 4.4 e 4.5 calculam a quantidade, em kg, de dejetos um conjunto de animais vão produzir por dia.

Tabela 13 – Progressão da produção biofertilizante sólido em um intervalo de 11 anos comparação de Bovinos X Suínos.

Anos	Nº Bovino	Nº Suíno	Prod. de Biofertilizante (kg/Dia) Bovino	Prod. de Biofertilizante (kg/Dia) Suíno
0	26	6	520	18
1	38	71	750	212
2	49	244	980	731
3	61	740	1.210	2.221
4	72	2.209	1.440	6.628
5	95	6.486	1.900	19.458
6	130	19.295	2.590	57.884
7	176	57.700	3.510	173.099
8	245	172.892	4.890	518.677
9	348	518.449	6.960	1.555.348
10	521	1.555.098	10.410	4.665.294
11	693	2.591.747	13.860	7.775.240

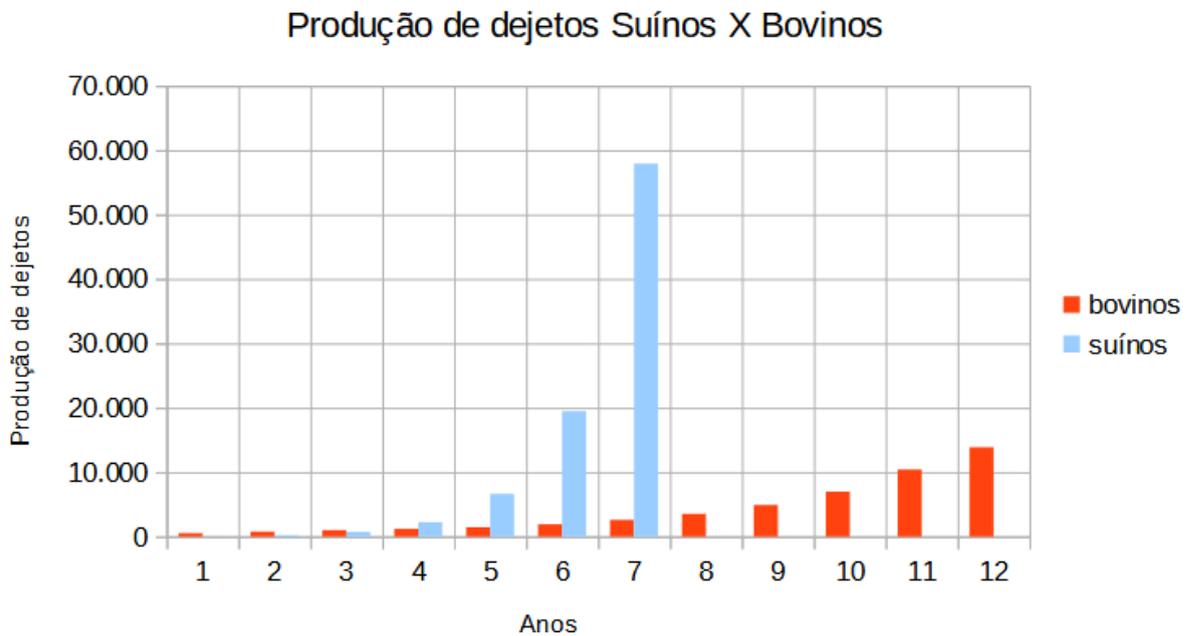
Fonte: Autor

Como foi representado no Gráfico 24 após 5 anos de criação de porcos a sua produção de dejetos foi equivalente a 10 anos de criação das vacas e nos seguintes anos o seu aumento foi exponencial.

A Tabela 14 e o Gráfico 25 foram elaborados com a intenção de se comparar a progressão de produção de biofertilizante líquido entre a suinicultura e a bovinocultura longo dos anos com:

- Uma criação inicial de 6 porcos;
- Uma proporção de 1 porco para 5 vacas;

Figura 24 – Gráfico de comparação da curva de crescimento da produção de Biofertilizante sólido Bovino x Suíno



Fonte: autor

Nota: A representação dos suínos não está completa porque a escala do suíno aumenta drasticamente a partir do 6 ano, com a inclusão os dados dos anos seguintes tornariam a curva de crescimento dos bovinos imperceptível.

- Uma média de 20 leitões por porca por ano;
- Com 20% de probabilidade de se ter leitões fêmeas com 14 tetas funcionais (não invertidas);
- Com 20% de probabilidade de se ter leitões fêmeas com menos de 14 tetas funcionais;
- Com 30% de probabilidade de se ter leitões machos;
- Com 30% de probabilidade de se ter morte a nascença ou nos primeiros 7 meses;
- Uma criação inicial de 25 vacas e 1 boi;
- Uma procriação de 1 bezerro por ano por vaca;
- Com 40% de probabilidade de se ter bezerros fêmeas;
- Com 60% de probabilidade de se ter bezerros machos;

Propositadamente foi dada uma vantagem a bovinicultura e uma desvantagem a suinicultura com a intensão de se ver o quão mais fácil é atingir o objectivo com a suinicultura do que com a bovinicultura apesar de ela ser mais estável e fácil de se gerenciar.

A Equação 4.17 foi usada para a determinação da quantidade de biofertilizante líquido produzido de acordo com a quantidade de animais criados.

$$P_{BFL} = [(K_{gp} \cdot N_P \cdot C_{LP}) + (K_{gv} \cdot N_V \cdot C_{Lv})] \quad (4.20)$$

Tabela 14 – Progressão da produção biofertilizante líquido em um intervalo de 11 anos comparação de Bovinos X Suínos.

Anos	Nº Bovino	Nº Suíno	Prod. de Biofertilizante (L/Dia) Bovino	Prod. de Biofertilizante (L/Dia) Suíno
0	26	6	520	23,4
1	38	71	750	276,1
2	49	244	980	950
3	61	740	1.210	2.887,6
4	72	2.209	1.440	8.615,9
5	95	6.486	1.900	25.295,4
6	130	19.295	2.590	75.249,7
7	176	57.700	3.510	225.028,4
8	245	172.892	4.890	674.280,4
9	348	518.449	6.960	2.021.951,9
10	521	1.555.098	10.410	6.064.882,2
11	693	2.591.747	13.860	10.107.812,5

Fonte: Autor

Onde:

N_P - Número de porcos

N_V - Número de vacas

C_{LP} - Composto líquido do Porco (1,3L)

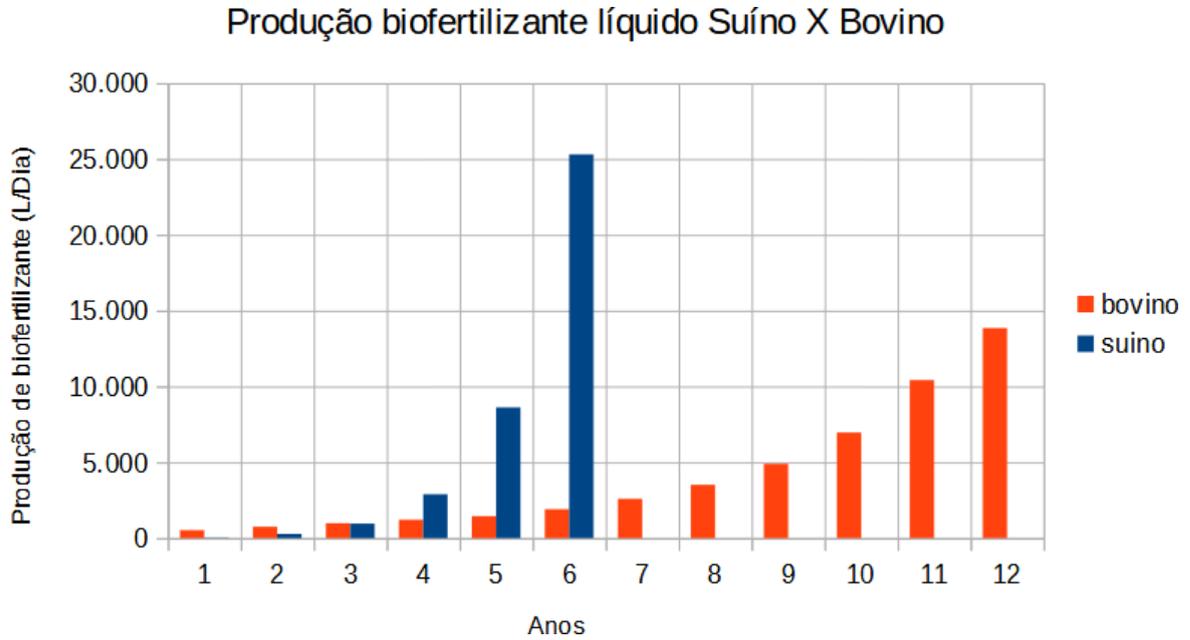
C_{LV} - Composto líquido da Vaca (1L)

Kg_p - Kg de dejetos suíno por dia

P_{BFL} - Produção de biofertilizante líquido

Kg_v - Kg de dejetos bovino por dia

Figura 25 – Gráfico de comparação da curva de crescimento da produção de Biofertilizante Líquido Bovino x Suíno



Fonte: autor

Nota: A representação dos suínos não está completa porque a escala do suíno aumenta drasticamente a partir do 6º ano, com a inclusão os dados dos anos seguintes tornariam a curva de crescimento dos bovinos imperceptível.

Como foi representado no Gráfico 25 após 5 anos de criação de porcos a sua produção de biofertilizante líquido foi equivalente a 10 anos de criação das vacas e nos seguintes anos o seu aumento foi exponencial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu reunir um conjunto de resultados que demonstram a possibilidade de uma produção estável, contínua e crescente de biogás e biofertilizante, prevendo uma melhoria no estilo de vida dos povos do interior da Guiné-Bissau.

Neste trabalho foi investigado a quantidade de gado necessário para ter 5 horas de energia elétrica diariamente. Além disso, foi demonstrado a progressão anual da criação de porcos ou vacas para se atingir as 24 horas de luz diária.

Constatou-se que com uma mistura das duas criações tem-se a estabilidade em pequenos números da vaca e grande reprodutividade do porco e assim sendo possível encontrar um equilíbrio e mesmo assim se atingir os objetivos desejados. Demonstrando que é viável a geração de energia elétrica a partir da produção de biogás assim conseguindo eletrificar escolas, clínicas e as aldeias, a energia elétrica fornecida será apenas usada inicialmente para a iluminação e eletrodomésticos essenciais.

Consequentemente com o aumento da produção de biogás foi obtida uma progressão proporcional de biofertilizante tanto sólida como líquida que manteve-se a perspectiva de um crescimento exponencial após 6 anos de criação de porcos assim dando uma liberdade de escolha do tipo de cultura optando entre o fácil gerenciamento e pequeno índice de reprodução da bovinicultura ou difícil gerenciamento e grande índice de reprodução da suinicultura ou optar pela mistura das duas culturas para se tirar o proveito de ambas.

Com esta capacidade diária de produção de biofertilizante os povos terão a oportunidade de escolha entre o aumento da sua área de cultivo ou a venda de biofertilizante (após avaliação do tipo de biofertilizante produzido).

Assim com estes dois produtos (biogás e biofertilizante) se consegue proporcionar uma chance de crescimento aos povos com um aumento de produção sem o aumento proporcional de despesas que seriam previstas sem a existência de máquinas movidas a biogás, assim suprimindo também a necessidade de produção de carvão vegetal assim com consequência a preservação das florestas e mangais.

Deste modo, a implementação prática deste trabalho, os povos terão um aumento do tempo livre para o foco na melhoria ou desenvolvimento da agricultura, a educação e o comércio. Sugere-se o desenvolvimento da parte monetária do trabalho assim finalizado, poderia ser apresentado a entidades competentes e por fim criação de uma ONG. Depois implementar o projeto nas aldeias nas redondezas de Gabu (Sintchan Oco e Sintchan Umaro).

REFERÊNCIAS

- ALCÓCER, J. C. A.; DUARTE, J. B. F.; CAJAZEIRAS, M. J.; OLIVEIRA, M. L. M. D.; DUARTE, R. G.; ROCHA, Y. M. G.; PONTES, B. C. M.; DUARTE, J.; HOLANDA, I.; BENEVIDES, D.; MARTINS, K.; DIOGO, J. O.; DANTAS, G. N. **Produzindo biogás a partir de resíduos de frutas para gerar energia elétrica**. UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA (UNILAB), 2014.
- ALVES, S. M.; MELO, C. F. M.; PRAKASAN, K. **Produção e utilização de biogás a partir de esterco de bubalinos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1983.
- ANDRADE, M. P. **Eficiência de biodigestores canadenses no tratamento de dejetos de suínos em diferentes fases de produção**. Universidade Federal de Lavras, 2018.
- BALDACIN, A. C. S.; PINTO, G. M. F. **Biodigestão anaeróbia da vinhaça: Aproveitamento energético do biogás**. Faculdade de Paulínia, 2015.
- BARICHELLO, R.; HOFFMANN, R.; SILVA, S. O. C. d.; DEIMLING, M. F.; FILHO, N. C. **O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região noroeste do rio grande do sul**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 2015.
- COSTA, C.; OLIVEIRA, T. C. **Proposta para automação de biodigestores rurais visando maior segurança e eficiência energética em sua implantação**. IFSP, 2016.
- CRISTIANO, D. M. **Remoção de h₂s com Óxido de ferro nanoestruturado para fins de purificação de biogás**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: Modelo indiano, chinês e batelada**. UNESP).
- FEIDEN, A. **Tratamento de Águas residuárias de indústria de fécula de mandioca através de biodigestor anaeróbio com separação de fases em escala piloto**. Faculdade de Ciências Agrônômicas. UNESP, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu – SP., 2010.
- KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual Básico de Biogás**. [S.l.]: Centro Universitário Univates, 2014. v. 2014.
- KAZMIERCZAK, T.; HOSSA, C. L.; MACCAGNAN, B. E.; COLLET, B. **Estimativa teórica da produção de biogás a partir de fluente procedente de abatedouro de suínos e aves no município de videira - sc (estudo de caso)**. p. 14, 2016.
- KIPPER, E. **Tratamento enzimático e produção de biogás por resíduos sólidos de curtume**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2013.
- LUSTOSA, G. N.; MEDEIROS, H. B. d. **Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos**. p. 17–18, 2014.
- LYONS, N. **Quantos bezerros uma vaca pode ter em uma gravidez?** <https://www.moocall.com/pt/how-many-calves-can-a-cow-have/Howmanycalvescanacowgivebirthro,2022>.

MOTTA, K. U. **Avaliação da geração de biogás de um biodigestor de dejetos bovinos e suínos.** Universidade Federal do Paraná, 2012.

OLIVEIRA, P. A. V. **Produção e manejo de dejetos de suínos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de biodigestor para produção de biogás em sistema de produção de suínos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono.** p. 13, 2009.

SANTOS, E. L. B.; JUNIOR, G. N. **Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal.** Faculdade de Tecnologia de Botucatu-SP, 2013.

SANTOS, K. G. d.; ROSSI, E. d.; KUGELMEIER, C. L.; TIETZ, C. M.; ALVES, H. J. **Fermentação anaeróbia: Uma alternativa para a produção de hidrogênio.** p. 5, 2012.

SARTOR, V.; SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. **Informações básicas para projetos de construções rurais.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2004.

STUCHI, J. F. **Biofertilizante um adubo líquido de qualidade que você pode fazer.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2015.

TORRES, T. R. C.; SILVA, R. L. **Potencial do biogás proveniente da suinocultura para a geração de energia elétrica no estado de mato grosso do sul.** Universidade de São Paulo – USP, 2015.

TRANI, P. E.; CAMARGO, M. S.; TRANI, A. L.; PASSOS, F. A. **Su-perfosfato simples com esterco animal: um bom fertilizante organomineral.** <http://www.infobibos.com/artigos/20082/organomineral/index.htm>, 2008.