



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



WANDENÚSIA DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO
E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR CASEIRO PARA O APROVEITAMENTO
DE DEJETOS BOVINOS EM UMA COMUNIDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE
AURORA/CE**

Cajazeiras
2020

WANDENÚSIA DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA
IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR CASEIRO
PARA O APROVEITAMENTO DE DEJETOS BOVINOS EM UMA
COMUNIDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE AURORA/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Mateus Rodrigues da Costa
Coorientador: Prof. Me. José Tavares de Luna Neto

Cajazeiras
2020

S586a

SILVA, Wandenússia de Oliveira
Análise de viabilidade econômico-financeira da implantação e
operação de um biodigestor caseiro para o aproveitamento de dejetos bovinos
em uma comunidade rural no município de Aurora/CE. Wandenússia de Oliveira
Silva. - Cajazeiras, 2020. 49f..

TCC (PDF)

Orientador: Mateus Rodrigues da Costa

1. Biodigestor. 2. Biogás. 3. Viabilidade Econômica. I. Wandenússia de
Oliveira Silva. II. Título.

CDU: 620.925(043.1)

WANDENÚSIA DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO
E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR CASEIRO PARA O APROVEITAMENTO
DE DEJETOS BOVINOS EM UMA COMUNIDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE
AURORA/CE**

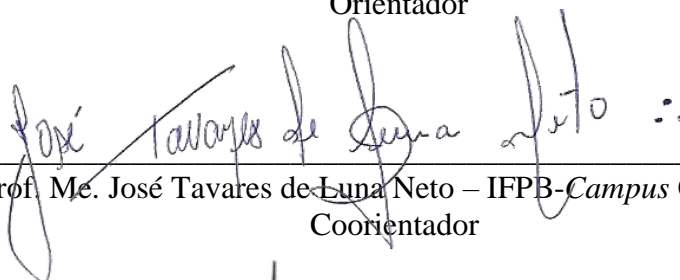
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 17 de dezembro de 2020.

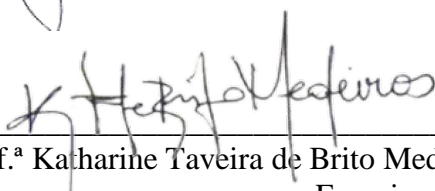
BANCA EXAMINADORA



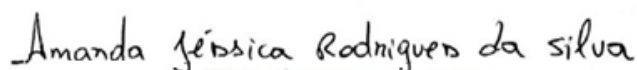
Prof. Mateus Rodrigues da Costa – IFPB-Campus Cajazeiras
Orientador



Prof. M^c. José Tavares de Luna Neto – IFPB-Campus Cajazeiras
Coorientador



Prof.^a Katharine Taveira de Brito Medeiros – IFPB-Campus Cajazeiras
Examinador 1



Eng. Amanda Jéssica Rodrigues da Silva
Examinador 2

Dedico aos meus pais, José Aderson da Silva e
Iláide Eufrásia de Oliveira Silva.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, Senhor Jesus Cristo, paciente orientador e organizador dos meus pensamentos desconexos. Sem dúvida a pessoa mais importante do mundo, a melhor pessoa que a universidade me permitiu conhecer, e um estímulo para ver na academia um caminho para a vida.

À minha família, ela inteira, pelo acompanhamento e apoio, pela compreensão de que um universitário em fim de curso não tem tempo nem para respirar, que dirá para viajar para revê-los. Também as conversas e o interesse, as dúvidas e os estímulos.

Aos meus pais Ilaíde Eufrásia e José Aderson, que amo demais e que sempre foi meu alicerce.

Aos meus irmãos Cilair, José Filho, Cilene, Sandra, Vanessa, Érica e Wéllison. Todos eles tiveram papel importante nessa caminhada, jamais vou poder agradecer por tudo que eles fizeram por mim. Se eu for documentar o que eles fizeram por mim, vai ter umas vinte laudas só de agradecimento.

Agradeço aos meus amigos Joana Balbina, Sunara e Thiago que me ajudou bastante em tudo e que foram irmãos que a vida me presentiou.

Aos meus sobrinhos, Henrique, Layane, Soraia, Arthur, Eduardo e João Lucas o afilhado mais lindo do mundo.

Aos meus colegas de faculdade e que, se a vida seguir para um lado bonito, terão de me aturar por muito mais tempo ainda. Alisson, Andreza, Karlos Marx, Maxwell, Rafaela, Thiago, Rondinelly, Erismá, Felipe, José, Roneide, Carlos Henrique, Renan, Segundo, Ulisses e, aqui, me levaria a uma obrigatória omissão ou esquecimento, portanto fica a mensagem: obrigado por terem crescido comigo.

Aos meus amigos, relegados a segundo plano por conta da vida de gente grande, mas que nunca deixaram de estar ao meu lado (mesmo que fosse por MSN ou por e-mail, todo santo dia).

Ao Professores Tavares, Gastão, Cícero, Joelson, Sebastião, Daniel, Cinthya, Lavor, Bruno, Katharine, Heráclito, Wilza, Laiana e Mateus, pela importância e influência, na minha vida acadêmica.

E por fim, agradeço a todos que me ajudaram diretamente e indiretamente.

RESUMO

O volume gerado de dejetos de animais não tratados e sem destino correto, vem degradando e causando prejuízos ao meio ambiente. Uma das formas de tratamento em função dos aspectos sanitários e também na geração de energia renovável é a utilização de biodigestores. O biodigestor é um equipamento utilizado para a produção de biogás e biofertilizante, através de dejetos de animais ou restos de alimentos, esse processo é feito a partir da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias. O presente trabalho foi realizado na zona rural do município de Aurora/CE, com objetivo de analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de um biodigestor caseiro a partir do aproveitamento de dejetos bovinos. A metodologia aplicada foi através de um estudo de caso, em seguida escolheu-se o local onde o biodigestor seria implantado, a escolha do modelo de biodigestor e a matéria orgânica que seria utilizada, em seguida se fez uma análise operacional e financeira do sistema. De acordo com os resultados apresentados, a implantação do biodigestor custou R\$ 653,50, esse valor é referente apenas aos materiais, já que a mão-de-obra qualquer produtor pode montar seu próprio biodigestor. O período de retorno estimado através do método *Payback* foi de oito meses. Observou-se que durante a operação do biodigestor, houve vazamento de gás, troca de borbulhador e deslocamento do biodigestor para um lugar ensolarado. Concluiu-se que o uso do biodigestor em propriedades rurais é uma solução viável do ponto de vista econômico e ambiental e aceitável para que o produtor venha desenvolver-se dentro do universo sustentável.

Palavras-Chave: Biodigestor. Biogás. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

The generated volume of untreated animal waste without proper destination has been degrading and causing damage to the environment. One of the forms of treatment due to health aspects and also in the generation of renewable energy is the use of biodigestors. The biodigester is an equipment used for the production of biogas and biofertilizer, through animal waste or food waste, this process is made from the decomposition of organic matter by anaerobic bacteria. The present work was carried out in the rural area of the city of Aurora/CE, with the objective of analyzing the economic-financial viability of the implantation and operation of a home biodigester from the exploitation of bovine waste. The methodology applied was through a case study, then the place where the biodigester would be implanted was chosen, the biodigester model and the organic matter that would be used, then an operational and financial analysis of the system was made. According to the results presented, the implantation of the biodigester cost \$ 653,50, this value is related only to the materials, as far as the manpower any producer can assemble its own biodigester. The return period estimated through the *Payback* method was of eight months. It was observed that during the operation of the biodigester, there was gas leak, bubbler exchange and displacement of the biodigester to a sunny place. It was concluded that the use of the biodigester on farms is a viable solution from an economic and environmental point of view and acceptable for the producer to develop within the sustainable universe.

Keywords: Biodigester. Biogas. Economic Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Benefícios do biodigestor.....	16
Figura 2 - Biodigestor tipo Batelada.....	17
Figura 3 - Biodigestor Modelo Indiano.....	19
Figura 4 - Modelo de Biodigestor Chinês.....	20
Figura 5 - Biodigestor modelo Canadense.....	21
Figura 6 - Composição do biogás por fermentação.....	21
Figura 7 - Esboço do processo de produção do biogás.....	22
Figura 8 - Fluxograma com as fases da metodologia do trabalho.....	25
Figura 9 - Localização do Município de Aurora/CE.....	27
Figura 10 - Detalhamento do tubo alimentador do biodigestor.....	29
Figura 11 - Detalhamento da tampa do armazenador da biomassa do biodigestor.....	29
Figura 12 - Etapas da saída do biofertilizante.....	30
Figura 13 - Câmara para o armazenamento do gás.....	32
Figura 14 - Detalhamento do primeiro filtro.....	33
Figura 15 - Parte do niple que será utilizada.....	34
Figura 16 - Detalhamento do segundo filtro.....	35
Figura 17 - Biodigestor caseiro.....	37
Figura 18 - Vazamento no flange.....	39
Figura 19 - Reparo com cola de silicone.....	39
Figura 20 - Trinca no borbulhador.....	40
Figura 21 - Recipiente de plástico.....	40
Figura 22 - Biodigestor no novo local.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivo Específico	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Biodigestores	15
3.2 Tipos de Biodigestores	16
3.2.1 Biodigestor Batelada	16
3.2.2 Biodigestor Contínuo	17
3.3 Modelos de Biodigestores	18
3.3.1 Biodigestor Indiano.....	18
3.3.2 Biodigestor Chinês	19
3.3.3 Biodigestor Canadense	20
3.4 Biogás	21
3.5 Biofertilizante	23
3.6 Método <i>Payback</i> Simples	24
4 METODOLOGIA	25
4.1 Local da Pesquisa	26
4.2 Construção do biodigestor caseiro	27
4.2.1 Construção do armazenador da biomassa.....	28
4.2.2 Montagem do armazenador da biomassa	28
4.2.3 Construção da câmara de armazenamento do biogás.....	31
4.2.4 Montagem da câmara onde ficará armazenado o gás.....	31
4.2.5 Construção do primeiro filtro	32

4.2.6 Montagem do primeiro filtro	33
4.2.7 Construção do segundo filtro.....	33
4.2.8 Montagem do segundo filtro.....	34
4.3 Análise econômica.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1 Construção do biodigestor	37
5.2 Operação do biodigestor	38
5.3 Análise de viabilidade pelo método Payback	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE A	48
APÊNDICE B.....	49

1 INTRODUÇÃO

Os danos ambientais têm alcançado índices que apresentam um preocupante quadro para o país. Relatos de deterioração ambiental estão cada vez mais presentes no dia a dia dos principais meios jornalísticos. Isso mostra aos governantes e cidadãos que devem considerar os dados que relacionam a falta de ações que têm como objetivo principal a diminuição da degradação e o aumento de preservação ambiental. Tal fato alerta que é preciso ser debatido e executadas ações com ideias práticas para o que é tido como ecologicamente correto (CARON; LOPES, 2014).

O crescimento da agropecuária e a intensificação em seus sistemas de produção tem como efeito o aumento das agressões ambientais, resultante, muitas vezes dos dejetos de animais, gerando graves problemas ambientais.

Dentro do apresentado encontra-se a produção de bovinos que nas últimas décadas passou por grandes transformações, as mudanças em relação às regiões de produção, inicialmente concentradas no sul e se expandindo para outras regiões como o centro oeste do Brasil, como também na parte que se refere às tecnologias empregadas, tal fato pode ser comprovado pelo levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que no último senso agropecuário, constatou que no Nordeste em 1.793 municípios que se espalham pelos 9 estados, apenas em 22 deles é inexistente a produção de leite (IBGE, 2017).

Mesmo com tecnologias que apresentam avanços em técnicas de baixo impacto ambiental, ainda é possível observar que o atual sistema de produção animal deixa a desejar no tratamento dos dejetos. Isto se deve em partes, a baixa capacidade de investimento dos pequenos produtores, uma vez que, os custos podem ser altos em relação a renda destes, o que torna a implantação de tais tecnologias inviáveis (GTZ, 2006).

Tendo em vista o custo-benefício das tecnologias, e partindo do pressuposto que os dejetos apresentam potencial de uso, visando à agregação de valor e retorno financeiro em um pequeno intervalo de tempo, além de observar melhores taxas de sucesso, encontra-se os biodigestores, que se apresentam de maneira acessível preenchendo os requisitos dos pontos explanados (GTZ, 2006).

As necessidades de novas tecnologias acessíveis na região do semiárido brasileiro também é uma realidade, fazendo-se necessárias as implantações delas de maneira a melhorar a qualidade de vida dos moradores desta região, bem como trazer benefícios ao meio ambiente. Pensando nisto, a implantação de biodigestores, que produzem o gás metano (CH₄) através de

dejetos de animais (suíno, gado e frango) e que podem substituir o gás GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) na cozinha aparecem como uma das principais alternativas das tecnologias de baixo impacto (OLIVER, 2008).

A implantação dos biodigestores no Brasil não é nenhuma novidade, mas vem ganhando um grande papel como fonte de economia financeira nas comunidades rurais e o modelo mais utilizado no Brasil é o indiano (MARTINS, 2011).

Para a produção do biogás, é preciso esterco de animal ou resto de comida matéria-prima do biodigestor. Por meio da digestão anaeróbica, onde um tipo de bactéria denominada metanogênicas atua sobre os materiais orgânicos (BEZERRA, et al., 2014). O biogás possui uma mistura de vários tipos de gases, sendo o metano o seu principal componente, no qual não possui cheiro, sabor ou cor. Porém, os outros gases possuem um odor que é eliminado através de um processo de filtragem para a composição do biogás (JUNQUEIRA, 2014).

De fácil instalação e manejo, o biodigestor pode ser considerado uma técnica eficiente que contribui para a diminuição do efeito estufa, pois transforma o esterco em matéria prima não poluente.

Perante o exposto, o presente trabalho busca apresentar uma análise de viabilidade econômico-financeira na implantação de um biodigestor a partir do aproveitamento de dejetos bovinos em uma comunidade rural no município de Aurora/CE. Este por sua vez justifica-se pelo fato de que a utilização do biodigestor traz a autonomia financeira aos proprietários e o descarte adequado aos dejetos bovinos, o que leva uma relação intrinsecamente ligada à preservação do meio ambiente. O trabalho busca ainda evidenciar o quão o sistema de biodigestor pode ser efetivo e funcional em pequenas propriedades, dando ênfase nos custos e viabilidade de instalação, além de determinar o dimensionamento, aquisição e avaliação do período de retorno econômico-financeiro com a construção do biodigestor através do método *Payback* simples.

O sistema de *Payback* simples é um método financeiro que algumas empresas utilizam para calcular o tempo necessário de retorno do valor investido no projeto.

De acordo com Gitman (2004), é importante salientar que o *Payback* é um método usado para calcular o retorno de pequenos investimentos em período curto, pois é um método simples de avaliação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de um biodigestor caseiro a partir do aproveitamento de dejetos bovinos em uma comunidade rural no município de Aurora/CE.

2.2 Objetivo Específico

- Verificar a viabilidade de instalação de um biodigestor;
- Determinar o dimensionamento e construir um biodigestor;
- Estimar os custos com aquisição e instalação do biodigestor;
- Avaliar a operação do biodigestor e o período de retorno do investimento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo discorre sobre os biodigestores e suas características, os modelos de biodigestores mais utilizados, os produtos adquiridos como o biogás e o biofertilizante, e um estudo de avaliação financeira através do método *Payback* simples.

3.1 Biodigestores

No ano de 1936 um biodigestor foi inventado pelos os chineses. Outro modelo também surgiu inventado pelos os indianos, esse último sendo mais utilizado na região do semiárido brasileiro através de um sistema de adaptação. Após alguns anos, outros modelos foram desenvolvidos em todo mundo. Nascia, então, o famoso processo de biodigestão de matéria orgânica da qual derivava o biogás metano e resíduos decompostos, utilizados para fazer fertilização no solo para as plantações (PALHARES, 2008). Até hoje essa tecnologia apropriada é utilizada por grande parte da população rural.

Em 1979 a Embraer implementou o primeiro biodigestor modelo chinês no Brasil, esse biodigestor foi implementado na Granja do Torto em Brasília, isso aconteceu porque nessa época o País passava por uma crise energética e começou a procurar soluções através de energias renováveis (PALHARES, 2008).

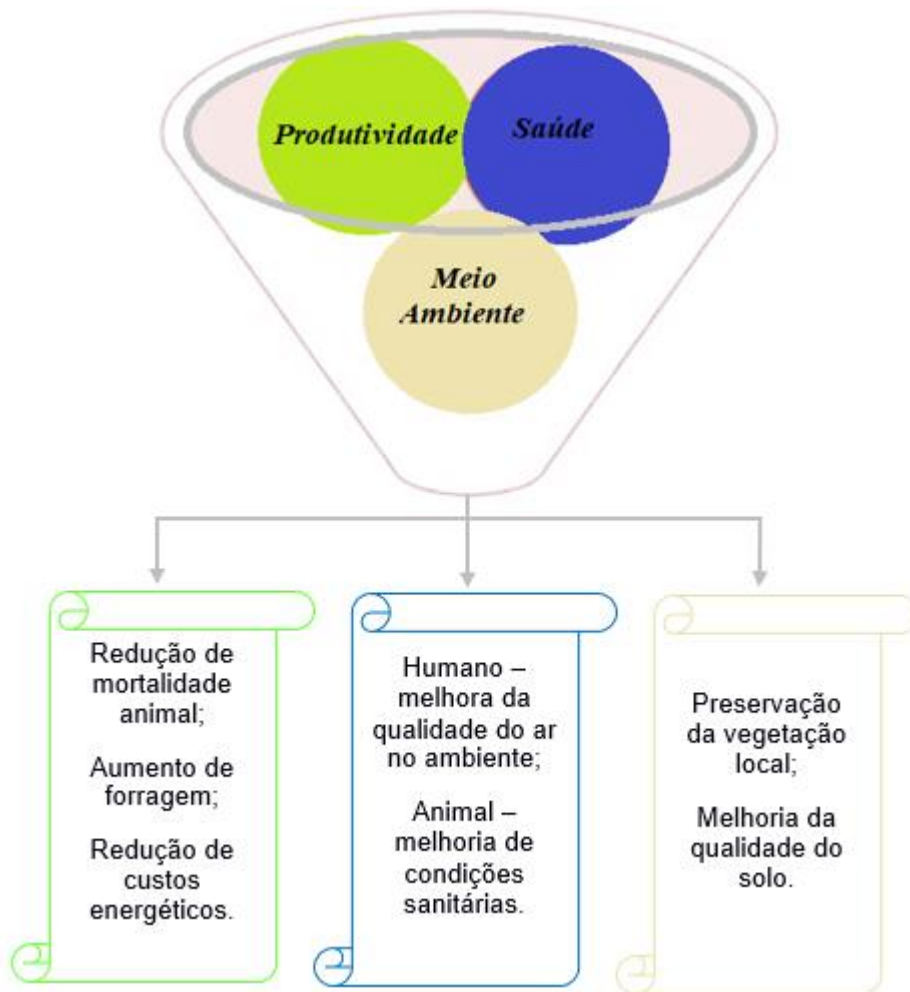
O biodigestor é uma alternativa para a produção de energia limpa, e que hoje é utilizado em pequenas propriedades rurais. Existe cerca de dois mil biodigestores no Brasil, número pequeno em relação ao total de propriedades rurais existente no país (RITTER, et al., 2013).

O biodigestor é constituído por uma câmara fechada, dentro desse compartimento coloca-se um volume de esterco de animal em solução aquosa, esse material sofre uma decomposição através de uma digestão anaeróbica, não podendo haver existência de ar atmosférico no seu interior e assim com a temperatura mais elevada e constante, ocorrendo a produção de biogás (ECYCLE, 2017).

Os biodigestores são muito utilizados nas propriedades rurais devido o espaço ocupado, a facilidade de obtenção da matéria prima, que é o esterco do animal e pelas vantagens que os produtos finais podem proporcionar no meio rural.

Na Figura 1 são apresentados alguns benefícios que os biodigestores geram.

Figura 1 - Benefícios do biodigestor.



Fonte: Adaptado de Oliver (2008).

A figura 1 mostra que a biomassa sólida é empregada como biofertilizante beneficia o aumento da produtividade, preservação do meio ambiente, a saúde humana e animal.

Entre os benefícios adquiridos com a utilização dos biodigestores estão à geração de biogás e energia limpa e renovável (OLIVER, 2008).

3.2 Tipos de Biodigestores

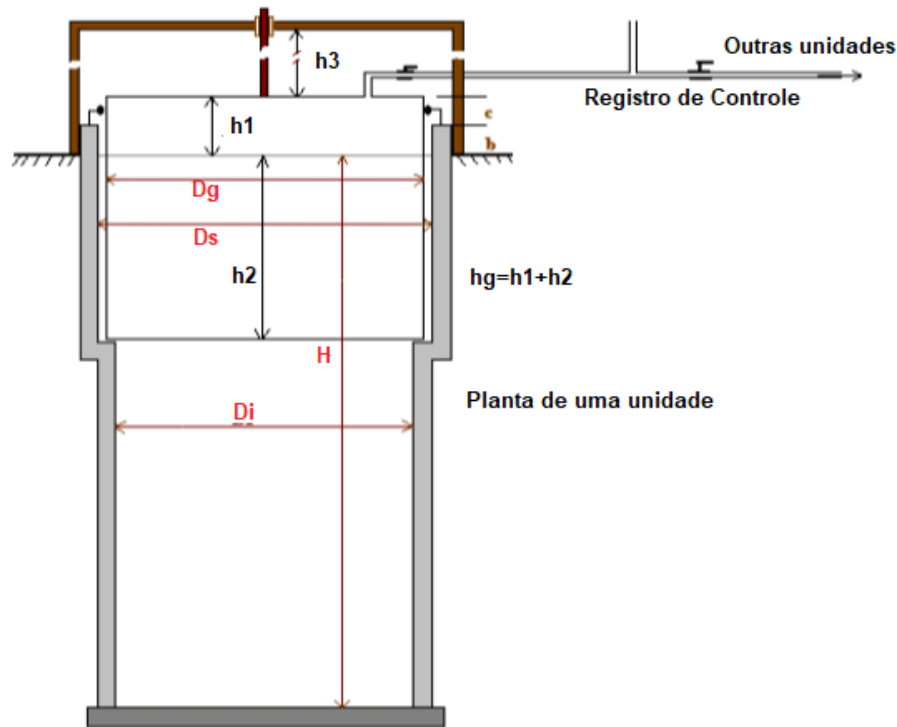
A seguir será visto os tipos de biodigestores utilizados nos dias atuais e suas principais características.

3.2.1 Biodigestor Batelada

Os biodigestores batelada como mostra a Figura 2, são compostos por uma grande quantidade de dejetos que são inseridos de uma só vez, logo após é fechado por um certo período de tempo e só é aberto após a produção do biogás. Após 40 a 60 dias a produção do

biogás cai, indicando que a matéria orgânica já foi decomposta, com isso pode se retirar o biofertilizante e um novo ciclo é iniciado (BONTURI, DIJK, 2012).

Figura 2 - Biodigestor tipo Batelada.



Fonte: Deganutti et al. (2002).

Sendo:

- D_i : diâmetro interno do biodigestor;
- D_s : diâmetro interno da parede superior;
- D_g : diâmetro do gásômetro;
- H : altura do nível do substrato;
- h_1 : altura ociosa do gásômetro;
- h_2 : altura útil do gásômetro;
- h_3 : altura útil para deslocamento do gásômetro;
- b : altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato;
- c : altura do gásômetro acima da parede do biodigestor.

3.2.2 Biodigestor Contínuo

Os biodigestores contínuos são compostos por uma caixa de carga, um recipiente de digestão e uma caixa de descarga (RIZZONI, 2012). É colocada uma carga de dejetos diariamente na caixa de descarga, essa matéria orgânica passa para a câmara, ocorrendo ali a

fermentação da biomassa. A retirada do subproduto como o biofertilizante é feito através da caixa de descarga, sem precisar abrir o biodigestor e a produção do biogás é feito continuamente. Os biodigestores contínuos mais conhecidos são o indiano, o chinês e o canadense. No Brasil, esses biodigestores são os mais utilizados, sendo que o canadense é o mais utilizado em grandes fazendas e também tem um maior custo para a construção. Já os biodigestores: indiano e o chinês são mais produzidos no país por ter um baixo custo, fácil manuseio e alto rendimento (GASPAR, 2003).

O biodigestor deve ser montado levando em consideração a relação custo x benefício, tipo de resíduos e principalmente as condições locais (NEVES, 2010).

Existem vários modelos de biodigestores, todos com detalhes construtivos muito importantes, visando satisfazer as determinadas demandas de quem irá possuir a tecnologia apropriada, podendo ser essa para demanda energética, utilização do material biodegradado (biofertilizante), o saneamento ou o uso do biogás para a substituição do gás de cozinha (GRANATO, 2003).

3.3 Modelos de Biodigestores

Alguns dos modelos de biodigestores mais utilizados na digestão anaeróbia serão apresentados a seguir.

3.3.1 Biodigestor Indiano

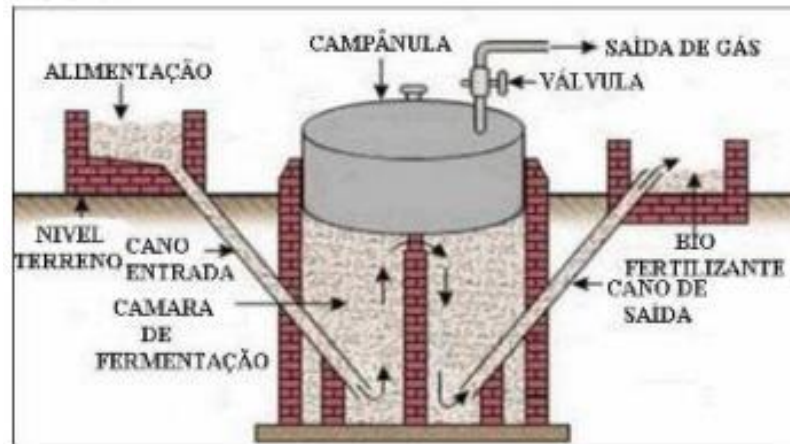
Este tipo de modelo é caracterizado porque possui uma campânula que é uma espécie de tampa conhecida como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou pode estar em um selo d'água externo. Sua estrutura é composta de uma parede central que serve para dividir o tanque de fermentação de duas câmaras, para assim permitir que o material possa circular pelo interior da câmara de fermentação (TARRENTO, 2006).

O biodigestor indiano é característico por possuir pressão de operação constante, isso significa que o volume de gás produzido não é consumido de imediato e faz com que o gasômetro tende a se deslocar verticalmente aumentando o volume do mesmo mantendo a pressão no interior (DEGANUTTI et al., 2002).

Para a alimentação do biodigestor indiano o resíduo deverá apresentar uma concentração de sólidos totais não superior a 8% pois há a necessidade da circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação para assim evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. A alimentação geralmente é por dejetos de bovinos e/ou suínos e o abastecimento

deverá ser contínuo (TARRENTO, 2006). A Figura 3 ilustra um biodigestor rural modelo indiano.

Figura 3 - Biodigestor Modelo Indiano.



Fonte: Lucas Junior, 1987.

Quando se pensa em construir um biodigestor do modelo indiano é preciso levar em consideração que uma das vantagens desse modelo é o fato de sua campânula flutuante permite manter a pressão de escape de biogás estável, não há necessidade de regulação constante dos aparelhos que utilizam o metano. Porém como já foi observado anteriormente uma das desvantagens é o preço da construção da campânula que normalmente é moldada em ferro (SGANZERLA, 1983 apud GASPAR, 2003).

Segundo Gaspar (2003), o modelo indiano oferece algumas vantagens em relação ao modelo chinês pois o mesmo pode ser adaptado ao clima local e ao tipo de solo não tendo a necessidade de se estabelecer medidas fixas para o diâmetro e a profundidade, apenas a necessidade que se observe a relação de capacidade do tanque digestor e da campânula.

3.3.2 Biodigestor Chinês

O biodigestor chinês é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria onde ocorre um processo de fermentação, ele tem um teto abobado onde fica armazenado o biogás. No seu interior ocorre um aumento de pressão devido ao acúmulo do biogás, fazendo com que haja um deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída em sentido contrário quando ocorre descompressão. (JORGE, OMENA, 2012)

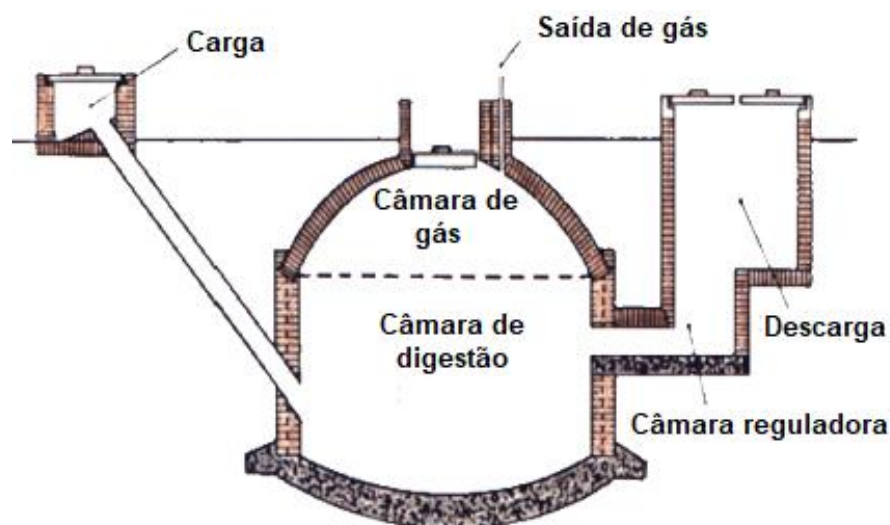
Este tipo de modelo é quase todo construído por alvenaria, dispensando assim o uso de gasômetro em chapa de aço. A vantagem desse tipo de biodigestor é que ele é de baixo custo, porém a desvantagem é que pode haver problemas como o vazamento de biogás, caso não seja realizada uma vedação e uma boa impermeabilização. Outra desvantagem é que uma parcela

de gás que é formado na caixa de saída escapa para atmosfera, fazendo com que a pressão interna reduz parcialmente. (ANDRADE, et al., 2012).

O substrato do biodigestor chinês deve se apresentar uma concentração de sólidos totais em torno de 8% com fornecimento contínuo, pois, deve evitar entupimentos no sistema de entrada e assim facilita a circulação do material (DEGANUTTI, et al., 2002).

Esse tipo de biodigestor não é indicado para instalações de grande porte. A Figura 4 ilustra um biodigestor rural (DEGANUTTI, et al., 2002).

Figura 4 - Modelo de Biodigestor Chinês.



Fonte: Deganutti, et al (2002).

3.3.3 Biodigestor Canadense

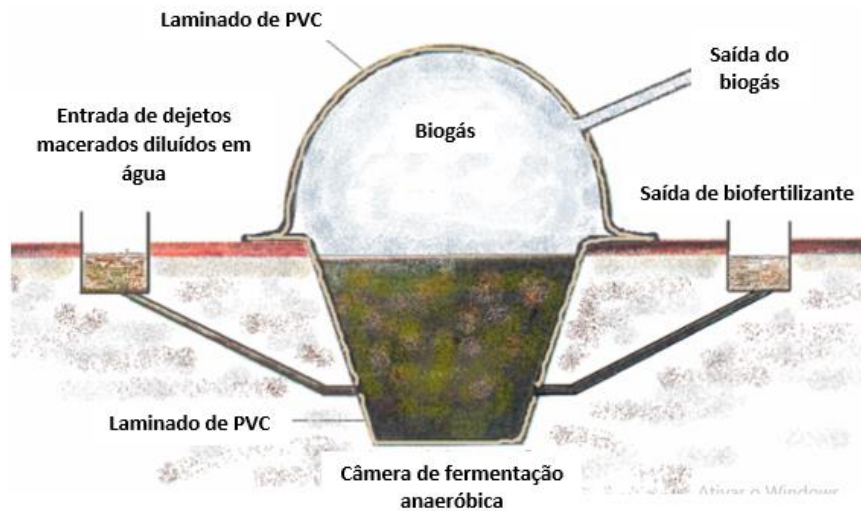
O modelo canadense se destaca por ser do tipo horizontal, com sentido de fluxo tubular, apresenta-se de forma retangular, construído de alvenaria com profundidade menor que a largura, dessa forma uma grande área de exposição ao sol, contribuindo para uma grande produção de biogás (CASTANHO, ARRUDA, 2008).

O biodigestor possui uma câmara de fermentação subterrânea no qual é revestida com lona plástica. Para armazenar o biogás produzido, usa-se uma manta superior de modo a formar uma campânula de armazenamento. Existe também uma caixa de saída onde o efluente é liberado e também um registro par a saída do biogás e um queimador, no qual esse fica conectado ao registro de saída do biogás (PEREIRA, et al., 2009).

No Brasil, o modelo mais utilizado atualmente é o biodigestor Canadense (HAACK, 2009; KARQUÍDIO, 2009). Esse modelo usando com cobertura a lona de PVC, vem sendo implantado e comparado com os outros modelos. Esse tipo de modelo é usado por grandes

produtores e é indicado para grandes volumes de dejetos (LINDEMEYER, 2008). Esse tipo de biodigestor não é indicado para pequeno porte. A Figura 5 ilustra um biodigestor modelo canadense (DEGANUTTI, et al., 2002).

Figura 5 - Biodigestor modelo Canadense.

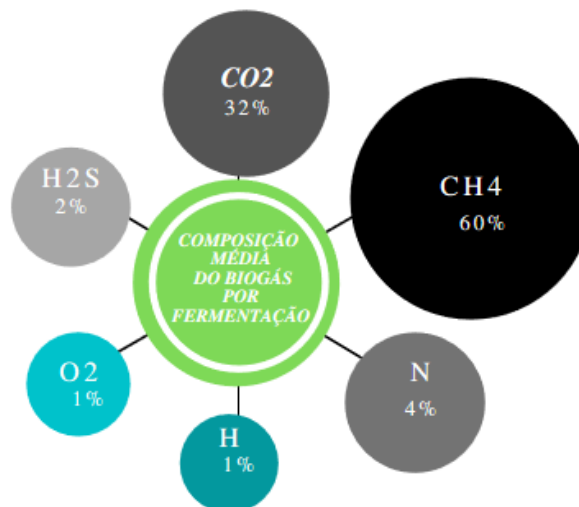


Fonte: Deganutti, et al (2002).

3.4 Biogás

O biogás é um produto originário da degradação biológica da matéria orgânica sem a presença do oxigênio, chamada de fermentação anaeróbica. Ou seja, tem-se um resíduo em um lugar fechado e as bactérias se encarrega de produzir esse biogás. O biogás é composto pelos os seguintes gases como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Composição do biogás por fermentação



Fonte: O autor, 2020.

Cerca de 50% a 70% o biogás é formado por um gás metano (CH_4) o que dá o poder de queima, e o restante formado pelo o dióxido de carbono (CO_2), oxigênio (O_2), Hidrogênio (H), Nitrogênio (N) por causa da matéria orgânica e o sulfeto de hidrogênio (H_2S) que é o responsável pelo o odor típico do ovo podre (SOUZA, 2010).

O biogás é produzido através da matéria prima orgânica, matérias como esterco de animais ou humanas, as fezes e urina são diluídas em água essa mistura vai para um tanque e logo após vai para um biodigestor. A Figura 7 mostra como o biogás é produzido.

Figura 7 - Esboço do processo de produção do biogás



Fonte: O autor, 2020.

Contudo, o biogás é um dos principais poluentes do meio ambiente, podendo ser 21 vezes mais poluente que o gás carbônico, pois o mesmo contribui para o aumento do efeito estufa, devido sua alta concentração de metano cerca de 50% e de dióxido de carbono acima de 30%. De acordo com Baird (2002), o metano produz cerca de um terço de todo o aquecimento global produzido pelo dióxido de carbono.

Com o uso do biogás é possível gerar energias elétrica e térmica, além de biocombustível (biometano). Durante o processo, também há produção de biofertilizante. Ele tem sido utilizado por meio da combustão em fogões, aquecedores, incubadoras e pequenos motores, normalmente equipamentos de uso estacionário. Em motores estacionários, pode-se utilizar o biogás diretamente produzido nos biodigestores, sem purificação, para o acionamento de bombas hidráulicas e geradores de energia, sendo, assim, uma grande vantagem a sua utilização no meio rural (SOUZA, 2010).

O biogás, pode ser diretamente obtido de resíduos agrícolas, ou mesmo de excrementos de animais e das pessoas. O mesmo não compete com a produção de alimentos em busca de terras disponíveis. Assim, ao contrário de ser fator de poluição, transforma-se em auxiliar do saneamento ambiental. Os dejetos dos animais constituem-se no substrato mais indicado, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbicas (OLIVER, 2008).

Em relação aos termos ambientais a utilização do biogás representa uma melhoria global no rendimento do processo. Em geral, o biogás é um resíduo do processo de tratamento de efluentes. Os benefícios impostos ao uso do biogás estão vinculados ao tipo de aproveitamento a que ele será destinado (POHLMANN, 2000).

Portanto, é muito importante encontrar meios que evite que grandes quantidades de metano seja emitida no ar. Uma das tecnologias que vem sendo muito utilizada é o uso do biodigestor, no qual esses dejetos vêm sendo aproveitado como produção de biogás que pode ser utilizado como combustível, energia elétrica e gás de cozinha. Outra vantagem é que esses dejetos estão sendo tratados, assim evitando a poluição na água, ar e solo.

3.5 Biofertilizante

A tecnologia está sempre revolucionando o mercado agrícola, o adubo biológico é a prova disso, esse produto vem sendo utilizando alguns anos e mostrando bons resultados. Os microrganismos vivos ajudam a melhorar a qualidade do solo e das plantas e o resultado é o aumento da produtividade (GASPAR, 2003).

O biofertilizante ele é formulado através de insumos que são fermentados, eles podem ser produzidos por meios aeróbicos (com oxigênio) e anaeróbicos (sem oxigênio) a partir de uma mistura de materiais orgânicos e água. O biofertilizante é um material rico em matéria orgânica bioestabilizado e que possui todos os nutrientes que se apresentava antes do processo com pequenas perdas na quantidade, porém apresenta vantagens de não competir com as plantas e de possuir os nutrientes mais disponíveis, de não ser poluente e de não possuir o odor característico dos dejetos (POHLMANN, 2000).

Portanto, é um material adequado usado como fertilizantes nas lavouras, um bom fertilizante também tem a característica de não atrair moscas e de se apresentar livre de microrganismos patogênicos que são causadores de doenças (HOUSE, 2007).

Este subproduto é uma excelente opção de adubo para as plantas, pois apresenta um baixo custo comparado aos fertilizantes químicos, além de apresentar em sua composição nutrientes necessários para o desenvolvimento das lavouras e não causa danos ao meio ambiente (OLIVER et al, 2008).

Complementa Gaspar (2003), o biofertilizante, ao contrário dos adubos químicos, melhora a estrutura e a textura do solo deixando-o mais fácil de ser trabalhado e facilitando a penetração de raízes, que conseguem absorver melhor a umidade do subsolo, podendo resistir mais facilmente a longos períodos de estiagem.

O biofertilizante tem condições de alimentar e proteger a planta, ajuda a planta obter mais resistência propiciando condições de se defender do ataque de insetos, fungos, bactérias etc., pois o biofertilizante é considerado um produto final de toda reação, e não somente um subproduto.

3.6 Método *Payback* Simples

O método *Payback* simples é utilizado como uma avaliação financeira usada para julgar a atratividade relativa das opções de investimento. Esse método é um cálculo que avalia quanto tempo levará para seu investimento se pagar. Esse cálculo mostra o tempo que o investidor levará para recuperar sua aplicação inicial, ou seja, o tempo que será preciso para que os rendimentos acumulados se igualem ao investimento inicial (SOUZA; CLEMENTE, 2004).

De acordo Assaf Neto (2010), esse método funciona da seguinte forma: o investimento será recuperado quando o lucro gerado pelo o projeto igualar o valor do investimento realizado, os fluxos de caixa positivo é somando com os valores de fluxos de caixa negativo até que essa soma resultar em zero. Com isso é possível realizar quanto tempo levará para ter retorno do investimento do projeto.

Segundo Damondaran (2004), projetos atraentes são aqueles em que o investimento tem um retornado rápido, esses sim são considerados os mais relevantes.

A fórmula possui procedimentos bem simples. Só basta dividir o investimento inicial pelo valor do fluxo de caixa conforme e mostrado na equação 1.1.

$$\mathbf{Payback} = \frac{\mathbf{Investimento}}{\mathbf{Valor\ do\ Fluxo\ de\ Caixa}} \quad \mathbf{[Eq.\ 1.1]}$$

Para a tomada de decisão na aplicação no *Payback* simples tem como fundamento na vida útil do projeto. Através dessa análise, se recomenda se aceita ou não o projeto. Se o retorno do investimento for menos que cinco anos, é viável usar o método *Payback* simples, caso contrário usa-se outro método (DAMONDARAN, 2004).

4 METODOLOGIA

Este trabalho trata de um estudo de caso, o qual analisa viabilidade econômica na implantação de um biodigestor anaeróbico para produção de gás através do uso de dejetos bovinos gerados na propriedade rural. O modelo de biodigestor escolhido para a aplicação neste trabalho foi o caseiro.

O desenvolvimento deste trabalho seguiu as etapas metodológicas descritas na Figura 8, onde inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico, logo após feita a escolha do local onde o biodigestor seria implantado, após tal etapa escolheu-se o modelo de biodigestor e o tipo de matéria orgânica que seria usada. E por fim, fez-se uma análise financeira e operacional do biodigestor.

Figura 8 - Fluxograma com as fases da metodologia do trabalho.



Fonte: O autor, 2020.

De acordo com as etapas metodológicas, a revisão bibliográfica abordou os principais assuntos relacionado ao tema através de livros, artigos periódicos, revistas e sites especializados nessa área. Após tal etapa escolheu-se o uma pequena propriedade rural localizada no município de Aurora/CE.

A próxima etapa foi a escolha do modelo de biodigestor, que para este foi o modelo caseiro, pois ele é de baixo custo, fácil e rápida construção. Ideal para pequenas demandas de biogás como o consumo de um botijão de gás.

Atendo-se a Figura 8, foi pensado na alimentação de matéria orgânica do biodigestor como algo acessível aos pequenos produtores rurais, sendo o esterco bovino algo comum nas pequenas propriedades e acessível aos produtores. Escolhido o material de carregamento para o funcionamento do biodigestor, realizou-se a alimentação uma vez com uma quantidade de 1:1, sendo que 90kg de matéria esterco bovino e 90 litros de água, depois totalmente fechado, após o período de 45 dias começou a produção do biogás. Para a análise financeira os dejetos bovinos, matéria prima, não foram considerados no cálculo. Pois, o proprietário escolhido para esse estudo de caso tem em sua propriedade de forma gratuita.

Para uma análise operacional, é preciso observar como esse biodigestor vai se comportar a partir da sua implantação. Durante o seu funcionamento, é preciso observar se ele vai precisar de adaptações, inserções de equipamentos, se há vazamentos, ou seja, atentar para todos os detalhes.

A análise financeira será feita através do método *Payback*. Esse método é ideal para avaliar investimento com o período de retorno curto. Essa análise é feita da seguinte maneira: o valor investido no biodigestor é dividido pelo o valor que o proprietário quer economizar, que neste caso é o valor de um botijão de gás, assim o proprietário vai conhecer em quantos meses ele pode ter o retorno do seu investimento.

4.1 Local da Pesquisa

Este trabalho se deu no contexto da Vila Varzantes que faz parte do município de Aurora, estado do Ceará, situado na mesorregião do Sul Cearense.

Geograficamente, a cidade se caracteriza por integrar a região do semiárido brasileiro com clima tropical semiárido e baixo índice pluviométrico. A economia local é baseada em produtos agrícolas. No setor de comércio e serviços, o município merece destaque o setor moveleiro. A Figura 9 ilustra a localização da cidade de Aurora no mapa do estado do Ceará.

Figura 9 - Localização do Município de Aurora/CE.



Fonte: O autor, 2020.

4.2 Construção do biodigestor caseiro

O modelo proposto busca estimular os produtores rurais para o uso de dejetos de animais para produção do biogás, através da informação técnica aliada ao homem do campo. Este estudo tem como objetivo aproveitar os dejetos bovinos que são descartados, gerando novas atividades econômicas desde a coleta até geração de gás, além de estar contribuído para a preservação do meio ambiente.

Para a construção do biodigestor em questão foi utilizado os seguintes materiais apresentados no Apêndice A. Para um melhor entendimento no Apêndice B apresenta o projeto executivo do biodigestor.

Destacam-se as seguintes etapas na construção do biodigestor:

- a) Construção do armazenador da biomassa;
- b) Construção da câmara de armazenamento do biogás;
- c) Construção do primeiro filtro;
- d) Construção do segundo filtro.

Nos tópicos seguintes serão apresentados os componentes de cada etapa da construção do biodigestor caseiro, sua montagem e seus respectivos materiais. Todos materiais relacionado a conexão são todos de PVC.

4.2.1 Construção do armazenador da biomassa

O armazenador da biomassa é a parte onde fica armazenada os dejetos dos animais, onde é gerado o biogás. Para a construção do armazenador utilizou-se os seguintes materiais:

Tabela 1 - Materiais utilizado para a construção do armazenador da biomassa.

01	Bombona de 250 litros
01	Flange de ½ (20mm)
01	Flange de ¾ (25mm)
02	Flanges de 50mm
1,50 m	Tubo soldável de 50mm;
01	Registros de PVC esférico com rosca de ¾ que servirá como válvula;
01	Niple para água fria de ¾;
01	Espigão macho para mangueira de ¾ para ½
02	Curvas de 50mm
02	Adaptadores soldáveis de 50mm com rosca
01	Torneira de jardim
01	Cap de 50mm
01	Cap de 100mm
01	Fita veda rosca
01	Redução excêntrica 100mm x 50mm branca
01	Luva simples branca de 40mm
01	Cola para tubo
01	Cola silicone para tubo

Fonte: O autor, 2020.

4.2.2 Montagem do armazenador da biomassa

Na bombona de 240 litros, fez-se dois furos na tampa, um para colocar o flange de 50mm, esse será responsável pela alimentação do biodigestor de matéria prima, que nesse caso será o esterco do animal bovino.

Depois da flange de 50mm, coloca-se o adaptador de 50mm, em seguida a luva simples branca de 40mm, depois a redução excêntrica 100mm x 50mm e o cap de 100mm, esse cap

pode ser removido quando for alimentar o biodigestor, por isso ele não será colado. Na parte inferior do flange coloca-se um tubo com 80cm e na ponta faz se um corte franchado para facilitar a chegada no esterco com menos impacto como mostra a Figura 10.

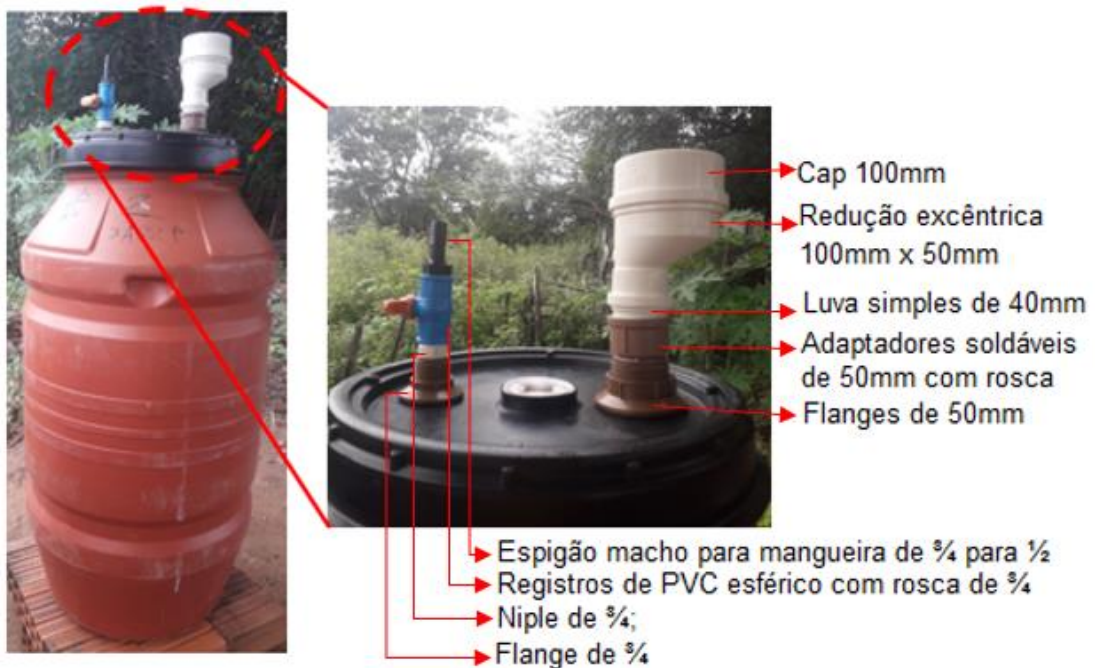
Figura 10 - Detalhamento do tubo alimentador do biodigestor.



Fonte: O autor, 2020.

O segundo furo será responsável pela a saída do gás que será gerado através do esterco do animal bovino, então coloca-se um flange de 25mm com o lado que possui a rosca para fora da bombona, logo após o niple, em seguida o registro e depois o espigão macho para mangueira de $\frac{3}{4}$ com redução para $\frac{1}{2}$. Na Figura 11 mostra como fica a montagem.

Figura 11 - Detalhamento da tampa do armazenador da biomassa do biodigestor.



Fonte: O autor, 2020.

A Figura 11 ilustra as etapas da saída do biofertilizantes que poderá ser usado como adubo para as plantas.

Na bombona de 240 litros faz-se dois furos como mostra a Figura 12A, a 80cm do fundo com o diâmetro para o flange de 50mm e outro a 5cm do fundo para o flange de 20mm. No primeiro furo coloca-se um flange de 50mm com o lado que possui rosca para fora da bombona, em seguida o adaptador de 50mm, depois 10cm de tubo de 50mm, uma curva de 50mm, 20cm de tubo e um cap de 50mm (Figura 12B).

É importante observar, que o cap não será colado, pois sempre que precisar ele será retirado para que possa sair o material grosseiro que será utilizado como adubo para as plantas como hortaliças. Na parte inferior da bombona, coloca-se 5 cm de tubo de 50mm no Flange de 50mm, depois uma curva de 50mm e 35cm de tubo 50mm (Figura 12C).

No segundo furo usa-se um flange de 20mm com a parte roscável para fora da bombona, depois coloca-se uma torneira de jardim (Figura 12D). Através dessa torneira vai sair o biofertilizante líquido que deverá ser utilizado na proporção de 1:5, ou seja, diluir 1 litro de biofertilizante em 5 litros de água, depois é só pulverizar as plantas.

Figura 12 - Etapas da saída do biofertilizante.

A.



B.



C.



D.



Fonte: O autor, 2020.

4.2.3 Construção da câmara de armazenamento do biogás

A câmara é onde fica armazenado o biogás para posteriormente ser utilizado. Para a construção da câmara utilizou-se os seguintes materiais:

Tabela 2 - Materiais utilizados para a construção da câmara de gás.

01	Bombona de 200 litros
01	Bombona 100 litros
02	Flanges de $\frac{3}{4}$ (25mm)
02	Registros de PVC esférico com rosca de $\frac{3}{4}$ que servirá como válvula;
02	Nipples para água fria de $\frac{3}{4}$;
02	Espigão macho para mangueira de $\frac{3}{4}$ para $\frac{1}{2}$
01	Fita veda rosca
01	Cola para tubo
01	Cola silicone para tubo

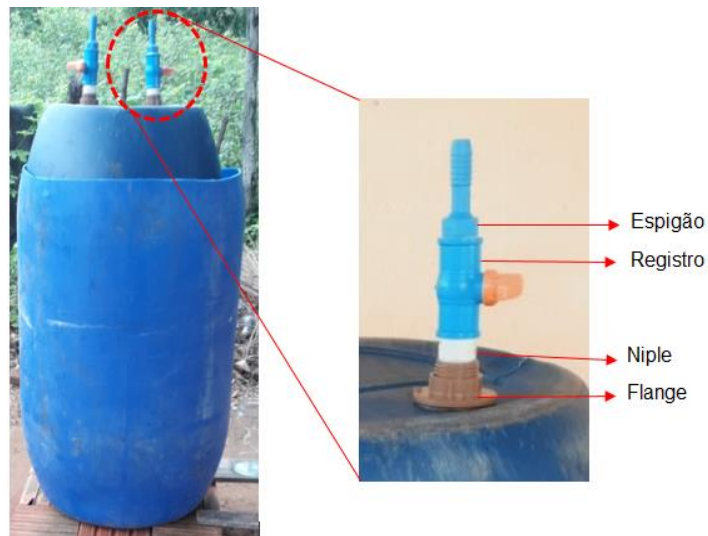
Fonte: O autor, 2020.

4.2.4 Montagem da câmara onde ficará armazenado o gás

Na bombona de 200 litros faz-se um corte na altura de 90cm, tirando a parte de cima que não servirá para o projeto, essa bombona é maior porque a bombona menor será encaixada dentro dela para que possa ter movimentação.

A bombona de 100 litros será colocada de boca para baixo sem tampa dentro da bombona de 200 litros, a bombona de 200 litros será preenchida de água até uns 20cm da borda, essa água será usada como tipo de vedação para que o gás não escape.

Na bombona de 100 litros faz-se dois furos no fundo, com o diâmetro igual o diâmetro dos flanges, que nesse caso é $\frac{3}{4}$ (25mm). Feito os dois furos coloca-se os flanges com o lado que possui a rosca para fora da bombona, logo após os nipples, em seguidas os registros e depois os espigões machos para mangueira de $\frac{3}{4}$ com redução para $\frac{1}{2}$, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Câmara para o armazenamento do gás.

Fonte: O autor, 2020.

Na parte do fundo da bombona menor, onde foram colocados os flanges e o restante do material agora está para cima, dá para ver a posição que foram colocados, como se vê os dois flanges servem para entrada e saída do gás metano.

4.2.5 Construção do primeiro filtro

O primeiro filtro será utilizado para filtrar o gás sulfídrico, através das palhas de aço dentro do tubo, esse gás tem o efeito corrosivo e aquele cheiro de ovo podre, que serão eliminados após passarem por esse filtro. Para a construção do primeiro filtro utilizou-se os seguintes materiais:

Tabela 3 - Materiais utilizados para a construção do primeiro filtro.

0,50m	Tubo soldável de 50mm
02	Adaptadores soldáveis de 50mm com rosca
02	Cap's de 50mm;
01	Niple para água fria de 50mm;
02	Conexão união para mangueira ½;
04	Abraçadeira de ¾;
5m	Mangueira para gás;
01	Cola para tubo
01	Cola Epoxi
01	Pacote de bucha de aço

Fonte: O autor, 2020.

4.2.6 Montagem do primeiro filtro

No tubo de 50mm corta-se ao meio, em seguida coloca-se o adaptador soldável de 50mm com rosca em um lado do tubo cortado, faça um furo no meio dos cap no qual possa entrar a conexão união para mangueira, depois cola com a cola de tubo e com a cola Epoxi, observa-se que esteja bem colado, pois não pode existir vazamento de gás, após feito isso cola-se o cap na outra parte do tubo.

O mesmo ocorre para outra parte do tubo, com as duas partes executadas coloca-se a bucha de aço dentro do tubo e usa o niple para fazer a união das duas partes. Observou-se que dessa maneira seria mais fácil para a manutenção do filtro.

Filtro feito, agora corta-se 4m de mangueira e une uma parte na saída do gás da bombona que está com a biomassa e a outra no filtro, usa-se as abraçadeiras para apertar a mangueira, assim evitando que ela saia de lugar. O restante de mangueira será utilizado na ligação desse filtro para outro. Para uma melhor compreensão a Figura 14 mostra o detalhamento do primeiro filtro.

Figura 14 - Detalhamento do primeiro filtro.



Fonte: O autor, 2020.

4.2.7 Construção do segundo filtro

O segundo filtro tem a função de filtrar o gás carbônico e água deixando somente o gás metano, que é o gás que realmente interessa para a queima. Para a construção do segundo filtro utilizou-se os seguintes materiais:

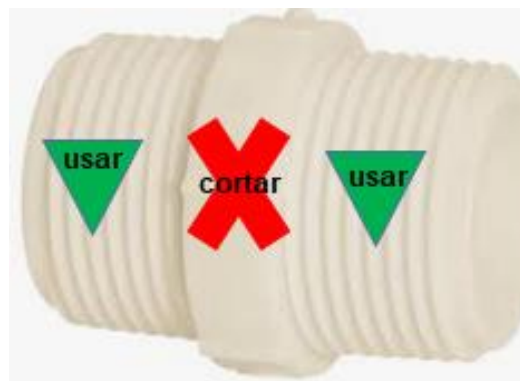
Tabela 4 - Materiais utilizados para a construção do segundo filtro.

01	Depósito de vidro
04	Espigões para mangueira 3/8
01	Niple para água fria de 3/4
02	abraçadeira de 3/4;
5m	mangueira para gás;
01	Cola para tubo
01	Cola silicone
02	Colher de sopa de Soda Cáustica

Fonte: O autor, 2020.

4.2.8 Montagem do segundo filtro

Na tampa do depósito de vidro faz-se dois buracos de diâmetro de 25mm, corta-se o niple deixando apenas a parte roscável como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Parte do niple que será utilizada.

Fonte: O autor, 2020.

Com os dois pedaços de niples na mão, coloca um em cada buraco, cola e depois com os dois espigões fêmeas rosqueia cada um no niple, cola tudo com cola para tubo e com a cola silicone, pois tudo tem que ficar muito bem vedado.

Em seguida corta-se 15cm de mangueira (isso vai variar pois depende do tamanho do depósito vidro, já que ele vai ser o borbulhador), conecta a mangueira em um dos espigões na parte inferior da tampa, pois essa mangueira vai ficar mergulhada em água com soda cáustica (coloca a água até o ombro do vidro e acrescenta duas colheres de sopa de soda cáustica). A mangueira que vem do primeiro filtro vai encaixar no espigão por o lado de fora da tampa do segundo filtro (Figura 16), no outro espigão encaixa a mangueira que irá para a câmara no qual

vai ficar armazenado o gás. Sempre lembrar de usar as abraçadeiras para apertar bem a mangueira.

Figura 16 - Detalhamento do segundo filtro.



Fonte: O autor, 2020.

4.3 Análise econômica

Os custos para a implantação do biodigestor são analisados objetivando indicar a sua viabilidade econômica. O investimento resume-se basicamente em custos com materiais.

Com isso, fez-se uma pesquisa de mercado dos valores dos materiais que foram utilizados para a construção do biodigestor. Os materiais orçados são apresentados no Apêndice A.

Os custos com mão-de-obra foram descartados, pois, o proprietário que foi beneficiado com o projeto e o autor deste trabalho que realizou a construção. Uma vez que se trata de alternativa acessível a construção pode ser realizada por qualquer pessoa, e ressalta-se que foram necessárias 5 horas de trabalho.

De acordo com Nogueira (2007) o método *Payback* é usado para determinar o número de períodos necessários para recuperar o capital investido. Esse método avalia a atratividade de um investimento. Conforme Marquezan (2006), o cálculo do *Payback* é dado pelo o valor do investimento dividido pelo o valor do fluxo de caixa.

O valor do investimento é considerado o que o proprietário gastou para construir o biodigestor, e o fluxo de caixa é o que ele quer economizar, nesse caso, o valor do botijão de gás.

Para esse estudo foi considerado apenas o valor econômico do biogás, mas poderia usar o valor do biofertilizante, isso com certeza diminuiria ainda mais o tempo de retorno.

Tirando como exemplo, poderia somar o valor econômico do biogás e o valor da venda com o biofertilizante, diminuiria a despesas com operação e manutenção, e mesmo assim, se pagaria o investimento muito mais rápido e com o período de retorno muito menor.

A análise econômica do empreendimento avalia em fazer estimativas de todo o gasto que foi empregado com o investimento inicial, como operação, manutenção e receitas geradas durante um determinado período de tempo.

O *Payback* mensura o tempo em que terá o retorno do investimento, ou seja, quanto tempo será necessário para que o capital investido inicialmente seja recuperado. O *Payback* pode ser calculado conforme a expressão:

$$\mathbf{Payback} = \frac{\mathbf{Investimento}}{\mathbf{Valor\ do\ Fluxo\ de\ Caixa}} \quad \mathbf{[Eq.\ 1.1]}$$

Onde:

Investimento = custo do investimento inicial, em R\$

Valor de fluxo de caixa = fluxo de caixa ao mês, em R\$

Payback = Período de retorno do investimento

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesse estudo sobre análise de viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de um biodigestor caseiro para o aproveitamento de dejetos bovinos em uma comunidade rural no município de Aurora/CE, estão apresentados neste capítulo.

5.1 Construção do biodigestor

O biodigestor caseiro custou R\$ 653,50 reais. Esse custo foi considerado apenas dos materiais (Apêndice A), já que a mão-de-obra foi do idealizador desse trabalho e do proprietário que adquiriu a tecnologia. Para deixar o biodigestor montado pronto para receber os dejetos bovinos levou apenas 5 horas, o que demonstra a praticidade do sistema. Na Figura abaixo mostra como o biodigestor ficou depois de montado.

Figura 17 - Biodigestor caseiro.



Fonte: O autor, 2020.

De acordo com Kunz (2006), baseado em situações experimentais, a tabela 5 apresenta para vários animais a produção média de dejetos por dia, o potencial de geração de biogás, o equivalente do biogás de cozinha (GLP) que pode ser utilizados para realizar o cálculo da produção de biogás.

Tabela 5 - Índices de produção de biogás e GLP.

Dejeto (kg/dia)	Dejeto (Kg/dia)	Biogás (m³/dia/animal)	GLP (kg/dia)
Suínos - terminação	7	0,08	0,03
Suínos - Matrizes	16	0,19	0,08
Bovinos de leite	25	0,54	0,22
Caprinos/ Ovinos	2,8	0,07	0,03
Equinos	10	0,36	0,14
Galinha	0,09	0,01	0,00
Cachorros	0,33	0,03	0,01
Humano	0,25	0,01	0,00

Fonte: KUNZ, (2006).

O biodigestor caseiro foi montado em maio de 2020, utilizou-se 90 kg de esterco, proveniente dos dejetos diários de quatro vacas leiteiras, esse esterco foi misturado a 90 litros de água para que ficasse uma massa homogênea, ou seja, uma proporção de 1:1 (BATTI (2018)).

5.2 Operação do biodigestor

Depois do biodigestor montado e alimentado, começou a fase da observação da operação do biodigestor.

O primeiro passo foi observação da produção do biogás, observou-se que a produção do biogás é continua conforme a digestão da matéria orgânica, entretanto a sua utilização se deu apenas após atingida quantidade apreciável de biogás. Com isso, após 60 dias deu-se início o aproveitamento do gás. Nesta etapa foi realizada a ligação do biodigestor até o fogão tradicional, através de uma mangueira. Menciona-se, a realização de uma pequena adaptação no bico de passagem do gás no fogão, com uma furadeira fez-se um diâmetro maior, porque o biogás tem pressão menor do que o gás de cozinha, tradicionalmente utilizado.

Para que o biodigestor consiga sempre produzir gás, ele precisará ser sempre abastecido. Diante disso, o biodigestor foi abastecido a cada 2 dias por 7 litros de matéria orgânica diluída na água. É importante ressaltar que a quantidade de biofertilizante gerada é diretamente proporcional à quantidade de resíduos inserida no biodigestor caseiro, ou seja, se alimentar o biodigestor com o volume de um balde (7 litros) por dia, gerará 7 litros de biofertilizante (BATTI, 2018).

No início do mês de agosto começou-se a utilizar o biogás, até o final do mês de setembro o biodigestor supriu a necessidade do proprietário. Pois, a ideia era suprir o uso de

um botijão de gás por mês. Porém, no início do mês de outubro o biodigestor começou a apresentar alguns problemas.

Observou-se que a bombona que fica armazenada o gás não subiu de nível e a pressão do gás ficou menor, assim levantou-se a hipótese de que haveria algum vazamento. O provável motivo para justificar o vazamento foi: conexão do flange na saída do gás da bombona onde fica a biomassa.

Para confirmar a ocorrência de vazamento utilizou-se detergente e água na junção no flange de 25 mm (Figura 18), e com isso, formaram-se bolhas, o que confirmou o vazamento, possibilitando a identificação dos pontos mais críticos.

Figura 18 - Vazamento no flange.



Fonte: O autor, 2020.

Para solucionar o problema utilizou-se de cola de silicone para tubos (Figura 19). Feito isso, foram realizados os mesmos testes e nenhum outro vazamento foi identificado até a conclusão deste trabalho.

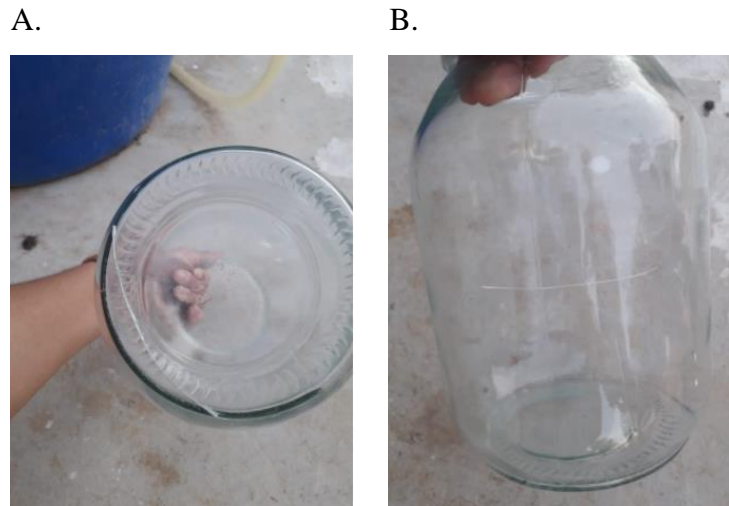
Figura 19 - Reparo com cola de silicone.



Fonte: O autor, 2020.

No final do mês de outubro o biodigestor parou de funcionar e a câmara do biogás baixou ficando no nível zero. Então, procurou-se saber qual era o problema desta vez, observou-se que o borbulhador (Figura 20 A e B) estava trincado no fundo e na lateral apresentando vazamento de água.

Figura 20 - Trinca no borbulhador



Fonte: O autor, 2020.

Imediatamente, fez-se a troca por um recipiente de plástico (Figura 21). O depósito de vidro pode ter trincado devido à pressão do gás, ou pela a alta temperatura climática, ou ele pode ter caído no chão, pois o depósito ficava em cima de uma tábua a uma altura de 20cm do chão.

Figura 21 - Recipiente de plástico.



Fonte: O autor, 2020.

Na metade do mês de novembro foi preciso deslocar o biodigestor de local, isso se deu porque choveu e a mata ciliar cresceu ocasionando sombra. Pois, sabe-se que para uma boa

fermentação é necessária uma temperatura ideal, e um lugar com muita sombra está totalmente descartado.

Feito a escolha do local no qual tem sol em maior parte do dia, foi preciso desmontar o biodigestor e montar no novo local (Figura 22). Com o biodigestor montado, alimentou o armazenador de biomassa, e aguardar todo processo novamente.

Figura 22 - Biodigestor no novo local.



Fonte: O autor, 2020.

5.3 Análise de viabilidade pelo método Payback

O *Payback* indica o período de recuperação do investimento, isso significa o prazo no qual os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor investido no projeto.

Como resultado da análise de *Payback* para a verificar o período de retorno, é preciso dividir o valor do investimento de R\$ 653,50 por R\$ 82,00 esse é o valor do botijão de gás cobrado no local, considerando que este atenderá ao consumo familiar mensal. Para um melhor entendimento a conta está em destaque na Eq. 1.1 e logo em seguida a tabela 6, apresenta a economia o acumulado.

$$\textit{Payback} = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Valor do Fluxo de Caixa}}$$

$$\textit{Payback} = \frac{653,50}{82,00}$$

$$\textit{Payback} = 7,97$$

$$\textit{Payback} = 8 \textit{ meses}$$

O período de retorno do investimento seria com oito meses, o que significa que o investimento é viável para o proprietário.

Tabela 6 - Resultados obtidos e período de retorno do investimento.

Período (mês)	Valor a economizar R\$	Despesas R\$	Acumulado R\$
26/07/2020	82,00	0,00	82,00
26/08/2020	82,00	0,00	164,00
26/09/2020	82,00	0,00	246,00
26/10/2020	82,00	2,50	325,50
26/11/2020	82,00	0,00	407,50
26/12/2020	82,00	0,00	489,50
26/01/2021	82,00	0,00	571,50
26/02/2021	82,00	0,00	653,50

*Valor a economizar: preço do gás GLP por mês

Fonte: O autor, 2020

Na tabela acima os R\$ 2,50 que aparece na quarta linha da tabela é referente a despesa gasta com o novo depósito de plástico. Pois, toda despesa que aparecer tem que ser diminuído do valor acumulado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados a implantação do biodigestor trouxe uma economia total em relação ao gás de cozinha, pois o botijão de GLP foi totalmente substituído durante o tempo que o biodigestor funcionou produzindo um gás limpo, atendendo ao consumo familiar.

A análise financeira da implantação do sistema biodigestor destacou um baixo investimento inicial, sem custos de operação, resultando, portanto, em um tempo de retorno de investimento de 8 meses, o qual advém da economia mensal de gás gerada. Para esse trabalho o período de retorno será maior devido aos problemas que surgiram no decorrer da operação do biodigestor.

Deste modo, o estudo verificou que a implantação do biodigestor caseiro em uma residência na zona rural mostrou-se economicamente viável, pois acomodaria grande potencial de economia de gás, ocasionando benefícios financeiros em curto prazo e benefícios ambientais imediatos por conservar os recursos ambientais.

Durante o período de levantamento de dados, surgiram dificuldades que impossibilitaram obter um levantamento mais preciso, tais como: Ausência de equipamentos próprios para medir a pressão e a temperatura do gás, além da mensuração da economia gerada.

Ao fim deste estudo sugere-se para trabalhos futuros algumas recomendações, tais como:

- Uma análise mais detalhada considerando a disposição do biodigestor sobre uma área calçada e com espaçamento para retirada do biofertilizante, e o uso da tubulação de descarga do esterco de 100mm.
- Uma análise de viabilidade na implantação de um biodigestor para instituições públicas que ofereçam alimentação para alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BAIRD, Colin. **Química ambiental/ Colin Baird; trad. Maria Angeles Lobo e Luiz Carlos Marques Carrera**. 2. ed.- Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BATTI, J. C. B. **Digestão anaeróbia de esterco de vaca leiteira: um estudo do uso de cinzas de casca de arroz para aumentar a produção de biogás**. TCC (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Araranguá, SC, Brasil. 2018.
- BEZERRA, K. L. P.; FERREIRA, A. H. C.; CARDOSO, E. S.; MONTEIRO, J. M.; AMORIM I. S.; JÚNIOR, H. A. S. J.; SILVA, R. N. **Uso de biodigestores na suinocultura**. Nutritime, Viçosa, Mg, v. 11, n. 275, p.3714-3722, set/out. 2014. Bimensal. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO275.pdf. Acessado em: 27 ago. 2020.
- BONTURI, Guilherme de Luca; VAN DIJK, Michel. **Instalação De Biodigestores Em Pequenas Propriedades Rurais: Análise De Vantagens Socioambientais**. 2012. 2,3 p. Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP, São Paulo, 2012.
- CARON, Monica Filomena; LOPES, Gabriela Rosa. Identificando o tema sustentabilidade em textos jornalísticos: análise indiciária. **Revista Internacional Interdisciplinar Intherthesis**. Florianópolis, v. 11, n.1, p. 192-212, Jan/jun. 2014.
- CASTANHO, D., S.; ARRUDA, H., J. Biodigestores. **VI Semana de Tecnologia em Alimentos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 2008.
- DAMONDARAN, A. **Finanças Corporativas: Teoria e Prática**. 2. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.
- DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4, 2002, Campinas. **Anais eletrônicos**. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn. Acessado em: 15 abr. 2020.
- ECYCLE. **Biodigestão de resíduos é opção para grandes quantidades de lixo orgânico**. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/1338-biodigestao-e-uma-opcao-para-o-lixo-organico-rural-e-urbano.html>. Acessado em: 20 jun. 2020.

GASPAR, R., M., B., L. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais, com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Pós- Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira.** São Paulo: Addison Wesley, 2004.

GRANATO, Eder Fonzar. **Geração de energia através da biodigestão anaeróbica da vinhaça.** 2003. 124 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90820>. Acessado em: 15 abr. 2020.

GTZ. **At information, biogas digest: cost and benefits.** Disponível em: <http://gate.gtz.de/biogas/costben.html>. Acessado em: 15 abr. 2020.

HAACK, S. C. **Análise técnica e econômica para aproveitamento dos dejetos de caprinos em biodigestores no semiárido baiano.** 2009. 215f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

HOUSE, H. Alternative energy sources – biogas production. In: London Swine Conference – Today’s Challenges. Tomorrow’s Opportunities. **Anais.** v. 3-4. Londres, 2007. Disponível em: http://www.londonswineconference.ca/proceedings/2007/LSC2007_HHouse.pdf. Acessado em: 20 dez. 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Agropecuário de 2017.** Rio de Janeiro. Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acessado em: 17 out. 2020.

IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Perfil Municipal de 2012.** Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/01/Aurora.pdf>. Acessado em: 15 ago. 2020.

JORGE, L., H., A.; OMENA, E. Biodigestor. **Dossiê Técnico.** SENAI/ AM- Escola SENAI Antônio Simões. Março, 2012.

JUNQUEIRA, S. L. C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado.** 2014. Monografia, Universidade do Rio Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica DEM/POLI/UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011533.pdf>. Acessado em: 25 mai. 2020.

KARQUÍDIO, R. B. Estudo da viabilidade técnica da implantação de uma empresa prestadora de serviço de instalação e manutenção em biodigestores nas granjas de suínos do entorno da região do Distrito Federal. **Boletim Técnico.** Planaltina, 2009.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. de. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, Concórdia - SC, v. 3, n. 15, set. 2006.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica**. 2008. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LOPES, Vando Ferreira. **Método para avaliar a montagem de produtos com base no DFA no âmbito do tripé da sustentabilidade**. Dissertação de pós-graduação em engenharia mecânica da UFSC. Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/128979/328154.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 28 nov. 2020.

LUCAS JUNIOR, J. **Estudo comparativo de biodigestores modelos indianos e chineses**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 1987.

MARQUEZAN, Luiz Henrique Figueira; BRONDANI, Gilberto. Análise de investimentos. **Revista Eletrônica de Contabilidade (Descontinuada)**, v. 3, n. 1, p. 35, 2006.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. de. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011.

NEVES, V. L. V. **Construção de biodigestor para produção de biogás a partir da fermentação de esterco bovino**. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2010. Disponível em: Acessado em: 20 mai. 2020.

NOGUEIRA, E. Análise de investimento. In: BATALHA, M. O. (Coord). **Gestão agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 205-266.

OLIVER, André de Paula Moniz. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Salvador/Bahia: Instituto Winrock, fevereiro de 2008.

PALHARES, J.C.P. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro**. 2008. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Biodigestao/index.htm. Acessado em: 23 ago. 2020.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BUDIÑO, F. E. L. **Biodigestores- Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária**. 2009. Disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1255981651.pdf>. Acessado em: 30 jun. 2020.

POHLMANN, Marcelo. **Dissertação, Levantamento de Técnicas de Manejo de Resíduos da Bovinocultura Leiteira no Estado de São Paulo**, 2000.

RITTER, C.M.; SANTOS, F. R.; CURTI, S. M. Potencial de produção de biogás com dejetos da suinocultura: sustentabilidade e alternativa energética em Santa Catarina. **Revista Tópos**, v. 7, n. 1, p. 32-40, 2013.

RIZZONI, Leandro Beccateet al. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 18, p. 1-20, 2012.

RODRIGUES, P. H. F., et. al. Avaliação de empresas start-up por Opções Reais: o caso do setor de biotecnologia. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 511-523, 2013.

RODRIGUES, P. H. F., et. al. Avaliação de empresas start-up por Opções Reais: o caso do setor de biotecnologia. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 511-523, 2013.

SGANZERLA, E. **Biodigestores: uma solução**. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimento**. São Paulo, Atlas: 2009.

SOUZA, Rodrigo G.; SILVA, Fabio M.; BASTOS, Adriano C. **DESEMPENHO DE UM CONJUNTO MOTOGERADOR ADAPTADO A BIOGÁS**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 1, p. 190-195, jan./fev., 2010.

TARRENTO. G. E., MARTINES, J. C. Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. **In: SIMPEP**, 13. 2006. Bauru, SP, Brasil.

APÊNDICE A

MATERIAS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

ITEM	MATERIAIS	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	ABRAÇADEIRA 3/4	8	2,00	16,00
2	ADAPTADOR DE MAGUEIRA P/ 1/2	2	1,00	2,00
3	ADAPTADORE SOLDÁVEL DE 50MM COM ROSCA	4	3,00	12,00
4	BOMBONA DE 100L	1	100,00	100,00
5	BOMBONA DE 200L	1	100,00	100,00
6	BOMBONA DE 250L	1	150,00	150,00
7	CAP DE 100MM	1	5,00	5,00
8	CAP DE PVC 50MM	3	4,00	12,00
9	COLA P/TUBO DE PVC	1	4,00	4,00
10	COLA DE SILICONE PARA TUBO	1	9,00	9,00
11	COLA EPÓXI	1	5,00	5,00
12	CURVA DE 50MM	2	4,00	8,00
13	DEPÓSITO DE VIDRO	1	8,00	8,00
14	ESPIGÃO MACHO P/ MANGUEIRA DE ROSCA 3/4 C/REDUÇÃO P/ 1/2	3	1,00	3,00
15	ESPIGÃO FÊMEA P/ MANGUEIRA DE ROSCA 3/4 C/REDUÇÃO P/ 1/2	4	1,00	4,00
16	FITA VEDA ROSCA	2	1,00	2,00
17	FLANGE 20MM	1	6,00	6,00
18	FLANGE 25MM	3	7,00	21,00
19	FLANGE 50MM	2	12,00	24,00
20	LUVA SIMPLES BRANCA DE 40MM	1	2,00	2,00
21	MANGUEIRA P/ GÁS 1/2	10M	5,00	50,00
22	NIPLÉ COM ROSCA 3/4	4	1,00	4,00
23	NIPLÉ COM ROSCA 50MM	1	4,00	4,00
24	PACOTE DE BUCHA DE AÇO	1	1,50	1,50
25	REDUÇÃO EXCÊNTRICA 100MM P/50MM	1	5,00	5,00
26	REGISTRO PVC ESFÉRICO C/ROSCA 3/4	3	6,00	18,00
27	SODA CAÚSTICA 500G	1	7,00	7,00
28	TORNEIRA DE JARDIM 1/2	1	5,00	5,00
29	TUBO DE PVC 50MM	2M	8,00	16,00
30	DESPESAS EXTRAS	-	50,00	50,00
			Σ	653,50

Fonte: O autor, 2020

APÊNDICE B

BIODIGESTOR CASEIRO

