



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GUILHERME EMANUEL FERREIRA FONTES

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA IMPLANTAÇÃO DE
UM BIODIGESTOR EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

PAU DOS FERROS – RN

2019

GUILHERME EMANUEL FERREIRA FONTES

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA IMPLANTAÇÃO DE
UM BIODIGESTOR EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, *Campus* Pau dos Ferros, em
cumprimento às exigências legais como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kyteria Sabina Lopes
de Figueredo

PAU DOS FERROS – RN

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

F683d Fontes, Guilherme Emanuel Ferreira .
 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA
 IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR EM UMA PROPRIEDADE
 RURAL / Guilherme Emanuel Ferreira Fontes. -
 2019.
 54 f. : il.

 Orientadora: Kyteria Sabina Lopes de
 Figueredo.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2019.

 1. Energias Renováveis. 2. Biogás . 3.
 Biofertilizante. 4. Atividade Rural. 5. Impacto
 Socioambiental. I. Figueredo, Kyteria Sabina
 Lopes de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GUILHERME EMANUEL FERREIRA FONTES

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA IMPLANTAÇÃO DE
UM BIODIGESTOR EM UMA PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido - UFERSA, *Campus Pau*
dos Ferros, como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO 18/03/2019

BANCA EXAMINADORA

Kytéria Sabina Lopes de Figueredo
Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de Figueredo – UFERSA

Presidente

Luiz Eduardo Vieira de Arruda
Prof. Dr. Luiz Eduardo Vieira de Arruda – UFERSA

Primeiro Examinador

Sharon Dantas da Cunha

Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha – UFERSA

Segundo Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Alda Nilda e ao meu pai Vones Fontes pelo apoio e formação do meu caráter, por me concederem essa oportunidade única de chegar até aqui e todo apoio e amor.

Aos amigos que possibilitaram a construção deste projeto, João Pedro, João Filho e Arthur que não mediram esforços para que alcançássemos o efetivo funcionamento do biodigestor.

A minha orientadora a professora Doutora Kytéria Sabina Lopes de Figueredo pela confiança, paciência e dedicação ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos que me deram força, esperança e apoio nos momentos que precisei, minha namorada Isadora e meus amigos Álvaro e Felipe e aos amigos que fiz durante essa jornada, especialmente a Turma do Meio.

A UFERSA pela estrutura fornecida e aos professores que me guiaram e repassaram conhecimentos que levarei para a vida.

.

RESUMO

O estudo partiu da implantação de um biodigestor do tipo indiano adaptado a uma pequena propriedade rural situada na cidade de Pau dos Ferros-RN, como forma de integrar as atividades agropecuárias ao desenvolvimento sustentável. Esse biodigestor aproveita o esterco bovino para produção de biofertilizantes e energia renovável na forma de biogás, dando destinação correta ao resíduo gerado e contribuindo com a preservação do meio ambiente. Algumas etapas foram adaptadas na sua construção objetivando o menor custo, e assim ser viável economicamente em pequenas propriedades rurais. Para identificar e analisar os impactos socioambientais elaborou-se uma matriz de interação das ações do biodigestor com os impactos relacionados a ele. Essa matriz avalia os impactos divididos nos campos ambiental, social e econômico com 6 atributos e 15 parâmetros que foram interpretados e indicaram predominância de impactos positivos em todos eles, como a produção de energia renovável e biofertilizantes, a diminuição da liberação de gás metano para atmosfera e eutrofização dos recursos hídricos. Em relação aos impactos negativos podemos afirmar que o gasto de água para manutenção do biodigestor apresenta magnitude fraca tendo em vista os impactos positivos que estão associados ao seu uso. Essas análises possibilitaram chegar à conclusão que a utilização do biodigestor proposto apresenta viabilidade socioambiental para implantação em propriedades de pequeno porte, pois supre as necessidades para o qual foi designado e apresenta impactos positivos associados a sua utilização.

Palavras-chave: Energias Renováveis, Biogás, Biofertilizante, Atividade Rural Impacto Socioambiental.

ABSTRACT

The study was based on the implantation of an Indian-type biodigester adapted to a small rural property located in the city of Pau dos Ferros-RN, as a way of integrating agricultural activities into sustainable development. This biodigester uses bovine manure to produce biofertilizers and renewable energy in the form of biogas, giving correct destination to the waste generated and contributing to the preservation of the environment. Some steps were adapted in its construction aiming at the lowest cost, and thus be economically viable in small rural properties. To identify and analyze the socio-environmental impacts, a matrix of interaction of the actions of the biodigester with the impacts related to it was elaborated. This matrix evaluates the impacts divided in the environmental, social and economic fields with 6 attributes and 15 parameters that were interpreted and indicated a predominance of positive impacts in all of them, such as the production of renewable energy and biofertilizers, the decrease of the release of methane gas to atmosphere and eutrophication of water resources. In relation to the negative impacts, it can be stated that the water consumption for the maintenance of the biodigester is weak due to the positive impacts associated with its use. These analyzes made it possible to reach the conclusion that the use of the proposed biodigester presents social and environmental feasibility for implantation in small properties, as it supplies the needs for which it was designated and presents positive impacts associated with its use.

Keywords: Renewable Energies, Biogas, Biofertilizer, Rural Activity Socioenvironmental Impact.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Materiais utilizados na construção do biodigestor	34
Quadro 2: Matriz de correlação dos impactos de instalação e utilização do biodigestor	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corte frontal de um biodigestor modelo indiano.....	18
Figura 2: Visão 3D de um biodigestor modelo indiano	18
Figura 3: Corte frontal de um biodigestor modelo chinês.....	19
Figura 4: Visão 3D de um biodigestor tipo chinês	20
Figura 5: Biodigestor canadense.....	21
Figura 6: Processo de digestão anaeróbia	23
Figura 7: Área de interesse do estudo	31
Figura 8: Plantação de palma	32
Figura 9: Fachada da residência	33
Figura 10: Currais	33
Figura 11: Valas do encanamento.....	35
Figura 12: Escavação do tanque digestor.....	36
Figura 13: Placas prontas para produção do tanque digestor	37
Figura 14: Piso e primeira fiada do tanque digestor	38
Figura 15: Parede do tanque digestor totalmente levantada.....	38
Figura 16: Tanque digestor rebocado	39
Figura 17: Tanque de mistura rebocado.....	39
Figura 18: Tanque de descarga.....	40
Figura 19: Gasômetro.....	40
Figura 20: Gasômetro instalado no tanque digestor	41
Figura 21: Buraco do dreno.....	41
Figura 22: Vala da encanação.....	42
Figura 23: chama proveniente do biogás	43
Figura 24: Corte transversal do BIODIGEP.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 GERAL	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO TEÓRICA.....	15
3.1 ORIGEM DO BIODGESTOR.....	15
3.2 BIODIGESTOR	16
3.3 MODELOS DE BIODGESTORES.....	16
3.3.1. Modelo indiano	17
3.3.2 Modelo chinês.....	19
3.3.3 Modelo canadense.....	20
3.4 PROCESSO DE FUNCIONAMENTO DO BIODGESTOR	22
3.4.1 Biogás	23
3.4.2 Biofertilizante	24
3.5 FATORES QUE AFETAM A DIGESTÃO	25
3.6 ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DE UM BIODIGESTOR	26
3.7 ASPECTOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR	27
3.8 MÉTODOS DE ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAL	28
3.8.1 Matriz de interação.....	28
4. METODOLOGIA.....	30
4.1 ÁREA DE ESTUDO	30
4.2 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR	34
4.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR:.....	45
5.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	46

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
7. REFERÊNCIAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e os hábitos de vida da sociedade moderna resultaram em um maior consumo de energia e à dependência de energias não renováveis, que estão se tornando mais caras e obsoletas. Nos últimos anos o Brasil apresentou aumento nos preços de energias destinadas ao consumo domiciliar (elétrica e gás), o que atinge com maior intensidade as famílias de baixa renda, como as que vivem da agricultura familiar, que muitas vezes procuram uma fonte alternativa de energia para suprir suas necessidades, como no caso da substituição do gás de cozinha pela lenha.

A utilização da lenha como fonte de energia térmica causa impactos socioambientais como desmatamento e geração de gases de efeito estufa, além disso, a exposição diária à fumaça produzida pela queima de lenha pode causar uma doença pulmonar obstrutiva crônica, como explica o estudo de Moreira *et al.* (2013).

Novas tecnologias em energias renováveis surgem como alternativa para diminuição da dependência dos combustíveis fósseis e redução dos custos e de impactos socioambientais da geração de energia. Algumas já são realidades, tais como: a energia eólica, hidráulica, maremotriz, ondomotriz, geotérmica, hidrogênio e os biocombustíveis.

O biogás é um biocombustível que tem ganhado cada vez mais espaço no cenário das energias renováveis, graças ao seu alto potencial energético e ser uma fonte limpa. O biogás é constituído basicamente por gás metano, parte combustível, e dióxido de carbono, uma parte não combustível, tendo origem na decomposição de biomassa em meios anaeróbios através de bactérias metanogênicas. Depois da purificação do biogás obtemos o biometano, que pode substituir o gás natural em todas as suas utilizações comuns (MONTEIRO, 2011).

Na União Europeia, a produção de biogás vem se expandindo nos últimos anos, em 2011 produziram 10,1 Mtoe (megatonelada de óleo equivalente) em energia primária na forma de biogás, que contribuíram para produção de 35,9 TWh (terawatt-hora) (Biogas Barometer, 2012). Já no ano de 2016 essa produção subiu para 16,6 Mtoe em energia primária na forma de biogás, na qual, parte converteu-se em energia elétrica, gerando 62,6 TWh (Biogas Barometer, 2017).

A utilização do biogás como tecnologia da biodigestão anaeróbia tem sido comprovada como uma das mais eficientes uma vez que um biodigestor é composto basicamente de uma câmara fechada na qual a biomassa é fermentada anaerobicamente (GASPAR, 2003). O biodigestor proporciona condições adequadas para que as bactérias metanogênicas atuem sobre a biomassa para produção desse combustível (COLDEBELLA, 2006).

A propriedade conta com um rebanho de cerca de 30 cabeças de gado entre vacas, novilhas, bezerros e touros, criados em regime de semiconfinamento, que gerarão os resíduos orgânicos utilizados como biomassa no estudo. Nesse contexto esse estudo visa à construção de um biodigestor para fins de produção de biogás e biofertilizantes e análise dos fatores socioambiental resultantes, em uma propriedade rural de pequeno porte, com área de 165,7 hectares, situada no município de Pau dos Ferros - RN.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver e instalar um biodigestor do tipo indiano adaptado utilizando os dejetos orgânicos de um rebanho bovino para a produção de biogás e biofertilizante, visando analisar seu desempenho quanto as variáveis socioambientais para o desenvolvimento sustentável de uma propriedade rural de pequeno porte.

2.2 ESPECÍFICOS

- Desenvolver e instalar um protótipo de Biodigestor com material de baixo custo;
- Analisar a viabilidade da utilização de um biodigestor em uma propriedade rural de pequeno porte;
- Verificar a qualidade do gás produzido e potencial de queima;
- Experimentar a utilização das frações líquidas e sólidas como insumos agrícolas;
- Analisar os impactos socioambientais da instalação do biodigestor na propriedade.

3. REVISÃO TEÓRICA

3.1 ORIGEM DO BIODGESTOR

Uma substância inflamável de composição química desconhecida foi identificada em regiões pantanosas em meados de 1600. Com a evolução dos estudos descobriu-se que o odor estava relacionado á decomposição da matéria orgânica a descoberta desse gás foi atribuída a Shirley em 1667 (CLASSEN, 1999), no entanto em 1776 o pesquisador italiano Alessandro Volta descobriu o metano incorporado no que era chamado de “gás dos pântanos”, que surgia da decomposição de restos vegetais em ambientes confinados. A primeira instalação de biodigestor para produção de gás combustível foi em Bombaim, Índia, em 1857, para abastecer um hospital de hansenianos, enquanto isso, pesquisadores na Alemanha e na França buscavam estabelecer bases teóricas e experimentais para a digestão anaeróbia. Já em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para cidade de Exeter, Inglaterra, onde o gás obtido era utilizado na iluminação da cidade (GASPAR, 2003, *apud* NOGUEIRA, 1986).

Em 1900 o primeiro biodigestor em batelada foi posto em funcionamento regular também em Bombaim. Os povos mais atingidos pela segunda grande guerra desenvolveram técnicas para obter biogás através de dejetos e resto de culturas. Gaspar (2003) aponta que os estudos para desenvolvimento de biodigestores foram muito difundidos na Índia, que em 1939, o Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola, em Kanpur, desenvolveu a primeira usina de biogás. Para dar continuidade nas pesquisas, a Índia formou o Gobar Gas Institute, em 1950, comandado por Ram Bux Singh, onde os estudos resultaram na difusão dos biodigestores como forma de tratar os dejetos animais, obter biogás e conservar o efeito fertilizante do produto final, esse trabalho pioneiro permitiu a construção de quase meio milhão de unidades de biodigestão no interior do país (COUTO, 2011).

A China também adotou a tecnologia a partir de 1958, instalando 7,2 milhões de biodigestores até o ano de 1972 na região do Rio Amarelo. O interesse da China pela utilização do biogás se tornou questão vital quando o país de tamanho continental e com excesso de população. Um ataque nuclear era temido no auge da guerra fria, buscava-se então uma alternativa para descentralização energética do país, pois um ataque a grandes matrizes energéticas, como uma hidrelétrica, deixaria os grandes centros sem energia, inviabilizando as atividades econômicas, entretanto, nos pequenos centros os biodigestores seriam fontes energéticas ideais (BARREIRA, 1993).

3.2 BIODIGESTOR

O biodigestor é o equipamento constituído por uma câmara fechada onde é depositado material orgânico em solução aquosa. Após o material orgânico sofrer a biodegradação pelo processo de digestão anaeróbia ocorre à liberação de biogás e a produção de biofertilizante (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

Existem vários tipos de biodigestores, que em geral são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da matéria orgânica (biomassa), e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás. Em relação ao abastecimento do material orgânico, o biodigestor pode ser classificado como contínuo abastecimento diário, com descarga proporcional à entrada de matéria orgânica, ou intermitente, quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de matéria orgânica, retendo-a até a complexa biodigestão. Então, retirasse os restos da digestão e faz-se nova recarga. O modelo de abastecimento intermitente é mais indicado quando da utilização de materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção, como no caso de palha ou forragem misturada a dejetos animais.

A implantação de biodigestores para beneficiamento de biogás nas propriedades rurais aproveitando os dejetos de bovinos e suínos é uma forma de minimizar os impactos ambientais e trazer benefícios para as pessoas que vivem no local, tais como; utilizar o biogás em fogão doméstico, lampião, geladeira e combustível para funcionamento de motores de combustão interna, chocadeira, secadores de grãos e ainda promoverá a devolução de produtos vegetais ao solo através de biofertilizante (BARREIRA, 2011).

As condições locais e fatores como a disponibilidade de biomassa, experiência e conhecimento do construtor são cruciais para a escolha do modelo que mais se adeque a situação (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

3.3 MODELOS DE BIODGESTORES

Os tipos de biodigestores podem diferir entre si quanto ao fornecimento de gás, podendo ser classificados em contínuos e descontínuos. O biodigestor do tipo descontínuo fornece biogás durante certo período até que se interrompa a sua produção para a descarga do material fermentado, então uma nova carga de material orgânico é feita para que seja digerido (OLIVEIRA, 2009). Esse tipo de abastecimento é mais indicado quando há utilização de

matérias orgânicas de decomposição lenta e com longo período de produção, como quando há palha ou forragem misturada a dejetos animais (GASPAR, 2003).

Os biodigestores contínuos são ideais para uso constante do biogás, pois quando operados corretamente fornecem gás de forma permanente. Se enquadram nessa categoria os modelos chinês, indiano e o canadense (OLIVEIRA, 2009). Villela e Silveira (2005) destacam que esses modelos são interessantes para o uso de diferentes resíduos orgânicos animais e vegetais, no entanto, requerem abastecimentos periódicos, geralmente diários.

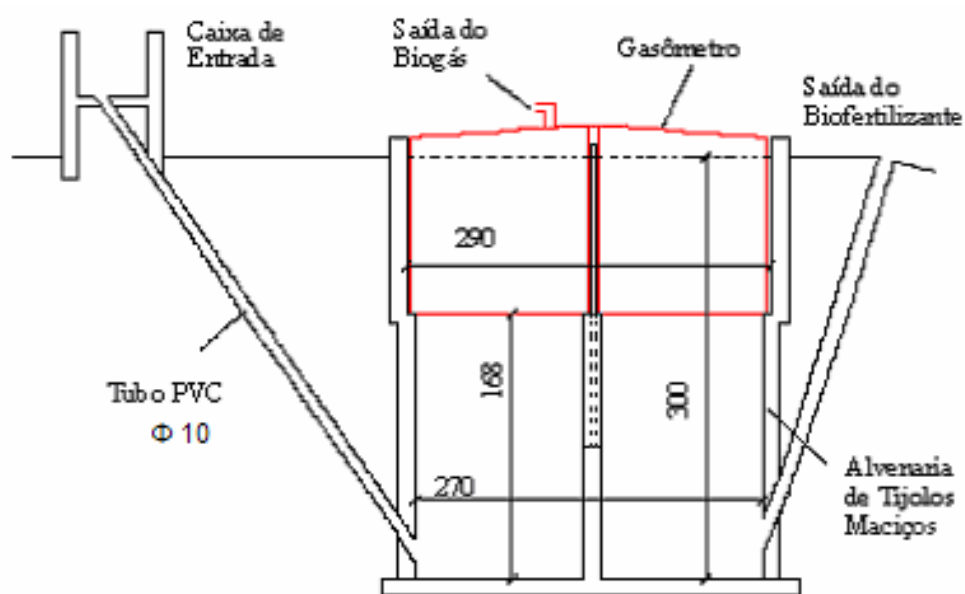
3.3.1. Modelo indiano

Este modelo é construído geralmente abaixo do nível do solo, e é caracterizado por uma campânula móvel acoplada em sua parte superior, sendo ela responsável pelo armazenamento do biogás (gasômetro). O gasômetro pode ser construído em chapas de ferro ou zinco como também de fibra de vidro ou polietileno e está afundado sobre a biomassa ou em um selo d'água externo, que proporcionam o movimento vertical de acordo com o consumo de gás, que abaixa a campânula ao ser consumido e levanta ao ser produzido. O selo proporciona uma pressão constante e a redução das perdas de biogás durante o processo anaeróbio. Para que se alcance uma maior pressão, pesos podem ser colocados acima da campânula. (OLIVEIRA, 2009)

O tanque digestor é construído em alvenaria e possui uma parede divisória interna que contribui para circulação do material orgânico na câmara de fermentação. Este modelo deve ser abastecido continuamente com dejetos animais (suínos ou bovinos) com concentração de sólidos totais não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo e evitar o entupimento dos canos de entrada e saída (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

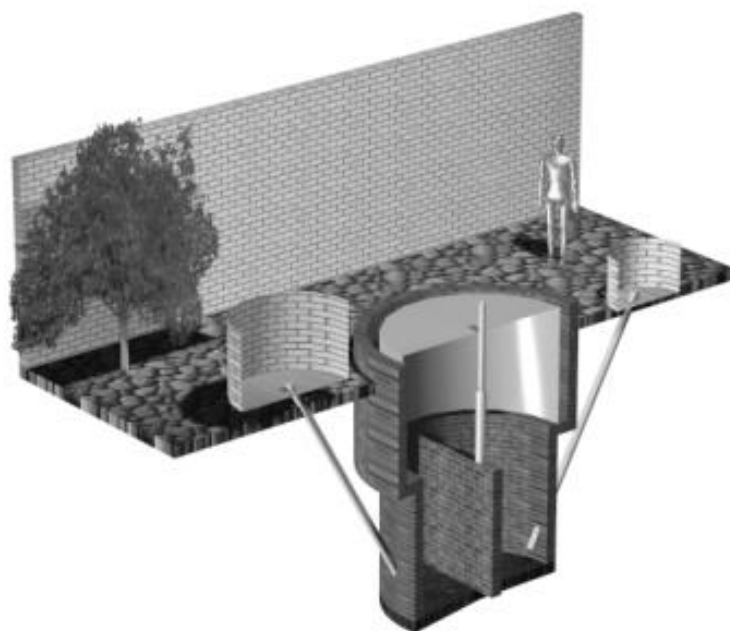
As Figuras 1 e 2 demonstram as representações de um biodigestor modelo indiano:

Figura 1: Corte frontal de um biodigestor modelo indiano



Fonte: ESPERANCINI *et al*, 2007

Figura 2: Visão 3D de um biodigestor modelo indiano



Fonte: DEGANUTTI *et al*., 2002

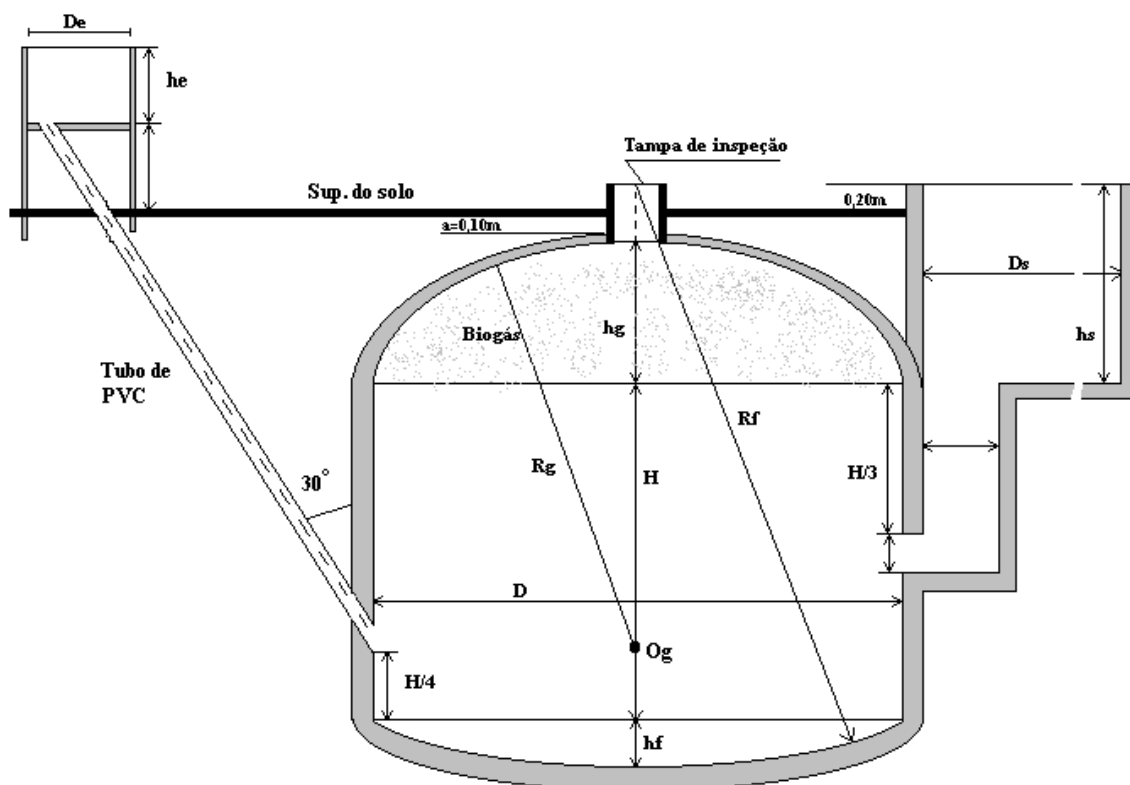
3.3.2 Modelo chinês

Este modelo é formado por uma câmara cilíndrica feita em alvenaria, onde acontece a fermentação. O teto tem formato abobado, impermeável e serve para armazenar o gás, deste modo, não apresenta partes móveis, e por isso é feito abaixo do nível do solo. Por dispensar o gasômetro móvel este modelo apresenta custo menor em relação ao modelo indiano, entretanto, alguns cuidados devem ser tomados na sua construção, prevenindo a estrutura de futuras trincas por onde o biogás possa escapar (OLIVEIRA, 2009).

Seu funcionamento tem base no princípio de prensa hidráulica, onde o aumento de pressão no interior da câmara de fermentação resulta no deslocamento do efluente para caixa de saída, e em sentido contrário quando há descompressão. O acúmulo de material na caixa de saída produz gás que é lançado para atmosfera, o que inviabiliza a construção deste tipo de biodigestor em instalações de grande porte. Assim como no modelo indiano, a concentração de sólidos totais para ideal funcionamento deve ser de 8%, para evitar entupimentos na tubulação e facilitar a circulação do material (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

As Figuras 3 e 4 ilustram o corte e a visão em 3D do biodigestor tipo chinês.

Figura 3: Corte frontal de um biodigestor modelo chinês

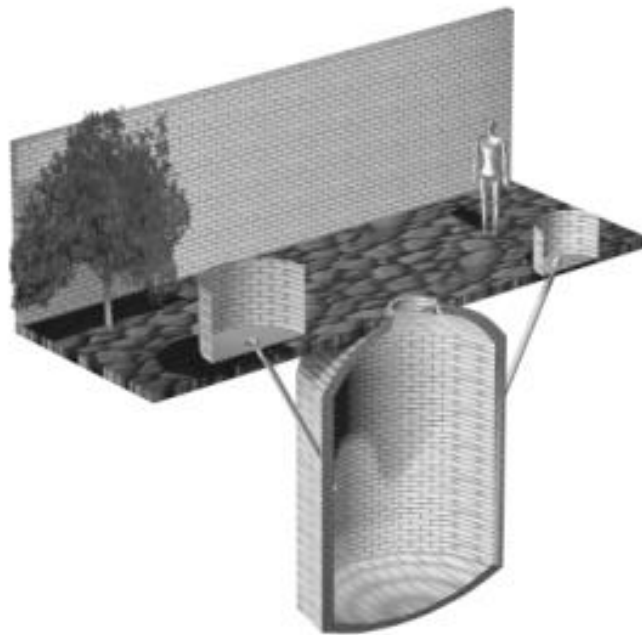


Fonte: DEGANUTTI *et al.*, 2002

As cotas na Figura 2 são definidas como:

- **D:** diâmetro do corpo do cilindro;
- **H:** altura do corpo do cilindro;
- **Hg:** altura da calota do fundo;
- **Of:** centro da calota esférica do fundo;
- **Og:** centro da calota esférica do gasômetro;
- **he:** altura da caixa de entrada;
- **De:** diâmetro da caixa de entrada;
- **hs:** altura da caixa de saída;
- **Ds:** diâmetro da caixa de saída;
- **A:** afundamento do gasômetro.

Figura 4: Visão 3D de um biodigestor tipo chinês



Fonte: OLIVEIRA JUNIOR, 2013

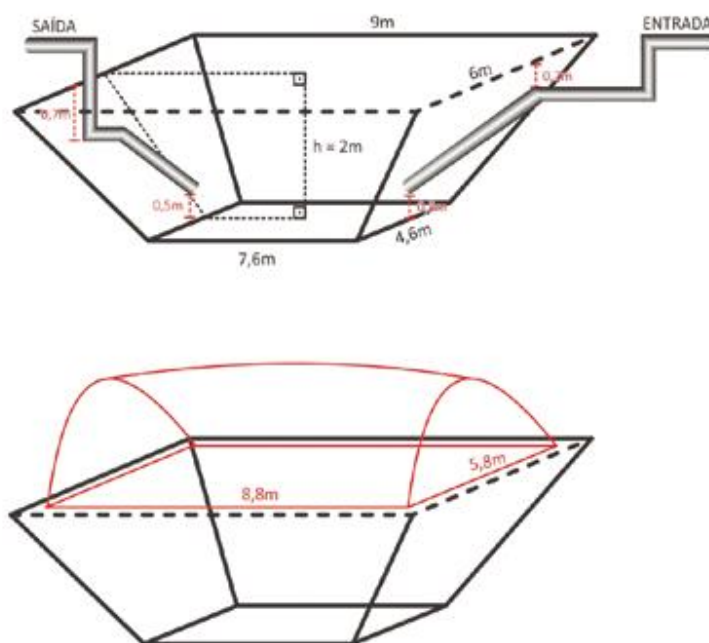
3.3.3 Modelo canadense

Este modelo é bastante difundido no Brasil, onde também leva o nome de modelo da marinha, podendo ser utilizado em pequenas e grandes propriedades. Possui menor custo e sua instalação é mais simples do que os outros formatos aqui citados (OLIVEIRA JUNIOR, 2013). Sua estrutura consiste em um tanque retangular feito em alvenaria e impermeabilizado

com manta de PVC, onde os dejetos serão armazenados e processados pelas bactérias anaeróbias. O tanque conta com duas tubulações que servirão para executar a carga e a descarga dos resíduos que serão trabalhados, sendo coberto por outra manta de PVC que armazenará o biogás. É recomendada a construção do tanque abaixo do nível do solo para evitar as mudanças bruscas de temperatura, assim, além de aproveitar o calor da terra para otimizar o processo, a manta exposta ao sol garante uma temperatura ideal para o funcionamento do biodigestor e consequentemente uma maior produção de biogás com otimização na concentração de metano. A construção deste equipamento necessita de uma quantidade razoavelmente maior de espaço físico, pois tem uma profundidade menor, sendo necessário uma grande área superficial para armazenar um grande volume de resíduo orgânico.

É o mais indicado para projetos industriais e agroindustriais de pequeno, médio e grande porte, pois é capaz de comportar grandes quantidades de vários tipos de dejetos passíveis de fermentação anaeróbia, sendo assim um grande produtor de biogás e estabilizador de matéria orgânica para utilização de biofertilizante. O aperfeiçoamento dos materiais da manta impermeável possibilitara uma viabilidade ainda maior, tendo em vista a característica da resistência a corrosão provocada pela água e pelo ácido sulfúrico da mistura gasosa (OLIVEIRA, 2009). É possível observar na Figura 5 a estrutura de um biodigestor do tipo canadense.

Figura 5: Biodigestor canadense



Fonte: AGROPECUÁRIA CATARINENSE, 2017

3.4 PROCESSO DE FUNCIONAMENTO DO BIODGESTOR

A digestão anaeróbia também conhecida como biogaseificação, ou ainda biometanização, dos resíduos sólidos orgânicos, é o processo que ocorre na ausência de oxigênio molecular, em que os micro-organismos degradam o material orgânico e produz biogás, composto em sua maior proporção por metano e dióxido de carbono e o biofertilizante (LEITE *et al*, 2009).

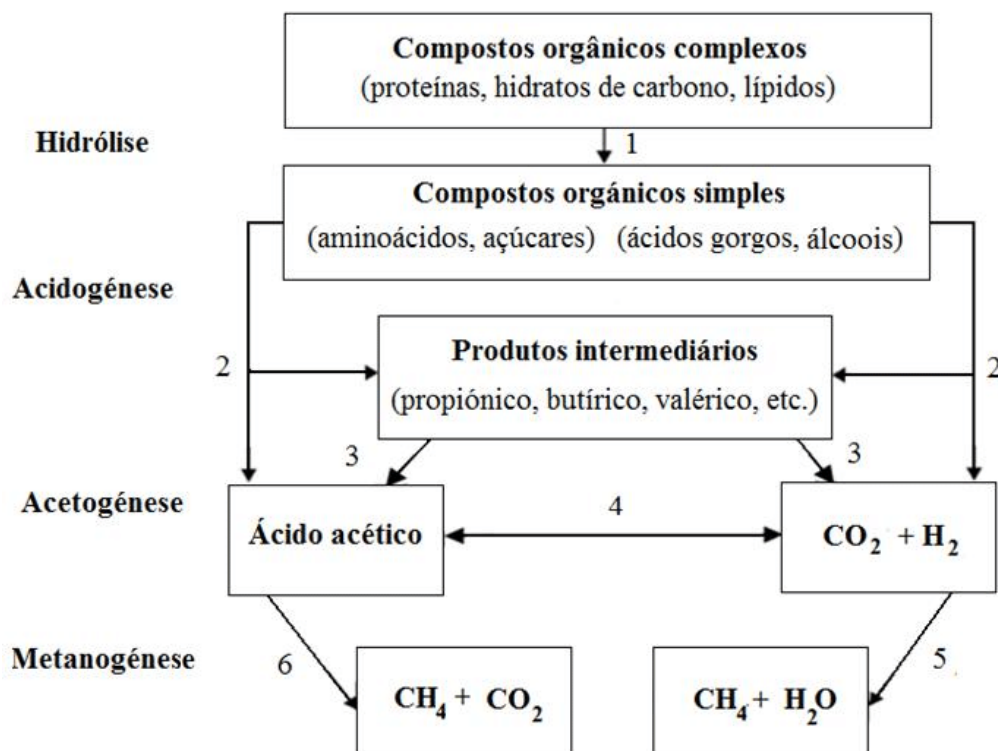
São muitos os modelos possíveis de biodigestores, mas o processo biogênico de degradação da matéria orgânica é o mesmo. Siqueira (2008) simplifica a biodigestão anaeróbia em 4 fases (Figura 6). Uma quinta fase pode acontecer dependendo da composição química do material orgânico tratado. As fases de biodigestão são as seguintes:

- Hidrólise: as bactérias liberam no meio anaeróbio enzimas extracelulares, que promovem a hidrólise dos materiais particulados complexos em materiais dissolvidos mais simples que são solúveis no meio, podendo atravessar as paredes celulares dos microrganismos fermentativos (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).
- Acidogênese: os produtos solúveis advindos da hidrólise são metabolizados no interior das células das bactérias fermentativas, que os convertem em diversos compostos mais simples, que então são excretados pelas células. Estes compostos incluem ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido lático, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, além de novas células bacterianas. Ácidos graxos voláteis são os principais produtos dos organismos fermentativos, por isso, são usualmente chamados de bactérias fermentativas acidogênicas (OLIVEIRA, 2009).
- Acetogênese: as bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas. Elas produzem hidrogênio, dióxido de carbono e acetato (SIQUEIRA, 2008).
- Metanogênese: é a etapa final do processo de degradação anaeróbia da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono, feito pelas arqueas metanogênicas. Pode-se dividir as bactérias metanogênicas em dois grupos principais em função da sua afinidade com o substrato e magnitude de produção de metano (OLIVEIRA JUNIOR, 2013):
 - Metanogênicas acetoclásticas: formam metano através do ácido acético ou metanol. São responsáveis pela produção de 60 a 70% de toda produção de metano.

- Metanogênicas hidrogenotróficas: praticamente todas as espécies conhecidas de bactérias metanogênicas são capazes de produzir metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono.
- Sulfetogênese: processo onde os sulfatos, sulfitos e outros compostos sulfurados são reduzidos a sulfeto, através de microrganismos anaeróbios estritos, denominadas bactérias redutoras de sulfato (SIQUEIRA, 2008).

A figura 6 exemplifica o processo de digestão anaeróbia:

Figura 6: Processo de digestão anaeróbia



Fonte: Adaptado de SUÁREZ, 2014.

3.4.1 Biogás

O processo de geração de biogás é de grande importância para o êxito da utilização dele, pois esses processos são complementares, visto que, se não houver os devidos cuidados em sua produção, a utilização será comprometida. A composição do biogás varia de acordo com a matéria decomposta, mas sua composição característica apresenta aproximadamente 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de outros gases, o metano, principal componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor de alho ou de ovo podre e uma característica corrosiva como os sulfetos,

por isso é um dos componentes principais a serem retirados no processo de filtragem (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

A quantidade de metano é primordial a qualidade do biogás, é ele o responsável pela propriedade combustível do gás, desse modo, quanto maior for a quantidade de metano, maior será sua capacidade calorífica. Gaspar (2003) diz que o biogás tem poder calorífico de 5 a 7 mil kcal por metro cúbico, mas quando purificado pode chegar até a 12 mil kcal por metro cúbico.

Segundo Souza et. al. (2005) o biogás pode ser obtido de resíduos agrícolas, ou mesmo de excrementos de animais e de seres humanos, tem sido usado com frequência, principalmente na Europa, em substituição ao gás natural que tem se tornado de difícil obtenção. Na Índia tem atualmente mais de 10.000 biodigestores em operação, dentro dessas estruturas, bactérias fermentam a matéria orgânica sob condições estritamente anaeróbias, isto é, sem a presença de oxigênio, e produzem o gás.

O biogás por ser extremamente inflamável, oferece condições para o uso em fogão doméstico, lampião, uso como combustível para motores de combustão interna, em geladeiras, chocadeiras, secadores de grãos ou secadores diversos, geração de energia elétrica, aquecimento, balanço calorífico, entre outros (CORGOZINHO, 2010).

3.4.2 Biofertilizante

As frações de líquidos e sólidos de matéria orgânica resultante do processo de digestão apresentam diversas aplicações, bem como fonte de nutriente em culturas hidropônicas, adubo orgânico para tanques de piscicultura e o mais comum, como biofertilizante com grande poder de fertilização. A aplicação desse material melhora as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, sendo um ótimo substituto aos adubos químicos (GASPAR, 2003).

A utilização da matéria orgânica na adubação do solo contribui para otimização das propriedades físicas do solo, transformando-se em húmus agregando valor microbiológico, o que resulta em melhor aproveitamento dos nutrientes do próprio solo de maneira gradativa e contínua, resultando em um maior equilíbrio nutricional para a cultura (GALBIATTI *et al*, 2011 *apud* PRIMAVESI, 1990). A aplicação do biofertilizante também deixa o solo mais poroso, facilitando a entrada de ar até as zonas das raízes, auxiliando na respiração dos vegetais, melhorando a sua produtividade (COLDEBELLA, 2006).

Na forma líquida o biofertilizante é associado com maior rapidez, sendo de grande utilidade para as culturas que necessitam de grandes quantidades de nutrientes em um ciclo curto (GALBIATTI *et al*, 2011 *apud* BARROS & LIBERALINO FILHO, 2008).

O biofertilizante genericamente possui alta concentração de nitrogênio e a baixa concentração de carbono. Este fato é devido à biodigestão a qual ocorre dentro de um biodigestor, que libera o carbono em forma de CO₂ e CH₄, deixando-o rico em nutrientes. Deste modo, obtém-se uma melhora em suas condições para fins agrícolas, sem contar com o baixo custo, um dos grandes motivos para a sua utilização em lavouras (GUSMÃO, 2008).

3.5 FATORES QUE AFETAM A DIGESTÃO

Condições relacionadas ao substrato e ao próprio digestor e sua operação afetam diretamente o processo de digestão anaeróbia, podendo acelerar ou cessar a fermentação. Oliveira (2009) destaca entre esses fatores a concentração de nutrientes, pH, temperatura interna do biodigestor, tempo de retenção, presença de substâncias tóxicas e relação carbono/nitrogênio como é explicado com maiores detalhes a seguir:

- Concentração de nutrientes: macroelementos como o carbono, nitrogênio, potássio, e enxofre, além de alguns macronutrientes minerais, vitaminas e aminoácidos são essenciais para o desenvolvimento das bactérias metanogênicas (OLIVEIRA, 2019).
- pH: a faixa de operação está entre 6,0 e 8,0, sendo o ponto ideal de trabalho o pH 7,0. Valores fora dessa faixa diminuem a produção de biogás, podendo chegar a total paralização quando o pH atinge valores menores que 6,0 (SIQUEIRA, 2008).
- Temperatura interna do biodigestor: o processo de biodigestão é diretamente influenciado pela temperatura, agilizando o processo e otimizando a porcentagem de gás metano quando trabalha com temperaturas mais elevadas. Manter a temperatura constante dentro do reator é indispensável, uma vez que as bactérias metanogênicas são mais sensíveis a mudanças bruscas de temperatura (JUNQUEIRA, 2011).
- Tempo de retenção: se refere ao tempo que o material permanece dentro do biodigestor. Este varia de acordo com o substrato utilizado em conjunto com os outros fatores, podendo ser de 4 a 60 dias. Para o esterco bovino o tempo de retenção ideal é de 30 a 45 dias, pois em 45 dias a carga orgânica já sofreu grande redução e a produção de biogás já atingiu seu máximo e depois disso começa a decair, como demonstrado no experimento de Galbiatti *et al*, 2010.
- Presença de substâncias tóxicas: toda matéria que entra no digestor deve estar livre de desinfetantes fortes, bactericidas, combustíveis derivados do petróleo e outras substâncias que possam contaminar o substrato, podendo ser fatal as bactérias envolvidas no processo biológico da formação do biogás (GASPAR, 2003).

- Relação carbono/nitrogênio: para que haja o desenvolvimento ótimo do processo biológico de fermentação é necessário que esta relação seja de 20 a 30:1, ou seja, 20 a 30 partes de carbono para uma de nitrogênio (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

3.6 ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DE UM BIODIGESTOR

O aumento do preço do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) contribui para a diminuição do consumo do mesmo, que passa a ser substituído nos domicílios por fontes alternativas de energia, contribuindo para o aumento do consumo da lenha, sobretudo no setor rural. O aumento do consumo da lenha implica no desmatamento das matas e na emissão de CO₂ (ESPERANCINI *et al*, 2007).

Este tipo de exposição direta a combustão de biomassas (lenha, carvão, esterco de animais e restos de lavouras) que são utilizados para aquecimento e fins de cocção de alimento em fogões rústicos é um fator de risco, levando a doenças pulmonares crônicas. Cerca de 1,5 a 2 milhões de mortes, mundialmente, são atribuídas à poluição pela combustão de biomassas (MOREIRA *et al*, 2013 *apud* TORRES-DUQUE, 2008).

Levando esses fatores em consideração, Gaspar (2003) *apud* USP (2001) explicita que a utilização de biogás reduz, quando não extingue, a retirada de lenha das matas próximas à residência rural, poupando o residente de pesadas tarefas domésticas, de mobilizar lenha e carvão para cozinha. Desse modo, os problemas como a erosão do solo, a proliferação de pragas da lavoura em virtude do desaparecimento dos predadores naturais que vivem na mata, destruição da fauna e da flora são reduzidos.

Outro problema ambiental está ligado aos dejetos dos animais, que quando armazenados em condições anaeróbias produz o gás metano, o que ocorre comumente nas criações de animais confinados (bovinos, suínos e aves), onde os dejetos são dispostos em sistemas baseados em líquidos (ZANETTE, 2009 *apud* IPCC, 2006). O lançamento de dejetos sem prévio tratamento em corpos hídricos, ocasiona o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na água, provocando a redução do oxigênio dissolvido na água e a eutrofização dos corpos hídricos, além da proliferação das doenças veiculadas pela água (OLIVEIRA BATISTA *et al*, 2014 *apud* MATOS, 2007). Uma ação combinada de fatores como pH, temperatura, umidade e teor de nitrogênio sob os dejetos bovinos pode favorecer a formação de amônia (NH₃) e amônio (NH₄⁺), sendo este último solúvel em água, podendo contaminar corpos hídricos (JUNQUEIRA, 2011).

A digestão anaeróbia se destaca no que se refere ao tratamento de resíduos gerados na atividade de criação de animais confinados, pois além de degradar os dejetos produz biogás e biofertilizante, possibilitando a sua valorização energética e econômica, já que o gás produzido pode ser utilizado como fonte de energia para diferentes fins, possibilitando a substituição de combustíveis fósseis e diminuindo os prejuízos ambientais por eles causados (OLIVEIRA JUNIOR, 2011 *apud* MOREIRA, 2011).

3.7 ASPECTOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR

A utilização de biogás resulta em pelo menos uma das seguintes formas de energia: elétrica, térmica ou mecânica. Quando for possível utilizar ao menos uma dessas formas de energia de maneira útil, o biogás proporcionará economia de recursos, com importante valor econômico associado. O uso do biogás gera renda e economias, o que desperta um crescente interesse por essa tecnologia (COLDEBELLA, 2006 *apud* SANTOS, 2000).

A elevação do custo da energia são sentidas com maior rigor no setor rural de baixa renda, que em geral é menos capitalizado e tem menos condições de arcar com essa elevação de custo, tanto no que é direcionado ao consumo doméstico quanto para as atividades de produção. Segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) a média de preço do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) envazado em botijões de 13 kg no Brasil passou de R\$ 42,44 em dezembro de 2013 para R\$ 69,35 em dezembro de 2018, o que representa um aumento de 63% no período. Deste modo, a utilização da tecnologia do biodigestor passa a ser uma alternativa para produção de biogás, pela sua facilidade de implantação e operação e por seu produto de grande valor agregado (ESPERANCINE *et al*, 2007).

A utilização dos biofertilizantes agrega lucro a produção das atividades agrícolas, uma vez que envolvem pouco custos na sua utilização tendo em vista os benefícios associados a sua utilização. Silva *et al*, (2011) identificaram que as plantas que tem inibição do crescimento inicial, a redução da fotossíntese e da transpiração causadas pelo aumento dos níveis salinos na irrigação, são menos afetadas que as plantas que estão na presença do biofertilizante bovino. Nas plantações de feijão o biofertilizante bovino pode agir como agente mitigador dos efeitos da salinização do solo, muito presente nas regiões do semiárido.

Galbiatti *et al*, (2011) também aponta para maiores índices de produtividade no cultivo do feijão que recebe adubo orgânico proveniente do efluente do biodigestor à base de esterco bovino, não havendo diferenças estatísticas entre o uso do biofertilizante em conjunto com adubação mineral e o tratamento com apenas adubação mineral por completo

3.8 MÉTODOS DE ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAL

Os instrumentos que visam identificar, avaliar e sintetizar os impactos ambientais de um determinado programa são intitulados métodos ou técnicas de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) que atualmente são, em sua maioria, resultantes da evolução de outros métodos existentes, que surgiram de técnicas de planejamento e de estudos econômicos ou ecológicos. De maneira geral, estas técnicas tem em comum a característica de disciplinarem os raciocínios e os procedimentos para a identificação dos agentes causadores de impactos e as respectivas modificações decorrentes de uma ação ou de um conjunto de ações (MARIANO, 2017).

Na literatura sobre métodos para análise de impactos ambientais são encontradas várias técnicas, cada uma com características voltadas para cada realidade local e de execução do estudo. Podemos citar entre os mais usados: Método Espontâneo; Lista de Controle; Superposição de Mapas; Sistema Battelle-Collumbus; Modelos de simulação; Análise Multicritério; Sistemas Especiais; Modelo Fuzzy; Diagrama de Fluxo e Projeção de Cenários. Independentemente do método escolhido, a avaliação dos impactos deve abranger todos os fatores ou componentes do meio ambiente, incluindo os recursos naturais, estéticos, históricos, naturais, sociais e de saúde pública. (OLIVEIRA E MEDEIROS, 2007).

3.8.1 Matriz de interação

Matriz de interação é um método de avaliação de impacto bidimensional que relacionam ações com fatores ambientais, podendo incorporar métodos de avaliação ou somente como método de identificação de impacto, sendo ótimas opções para quando se deseja encontrar e prever os impactos diretos e as ações que o causaram em qualquer fase de implantação de um projeto (OLIVEIRA E MOURA, 2009).

Uma das primeiras ferramentas no formato de matrizes proposta para avaliação de impactos ambientais data de 1971, e resulta do trabalho de Leopold *et al*, (1971), do serviço Geológico dos EUA. A Matriz de Leopold, é uma das mais conhecidas e utilizadas mundialmente, sendo que a mesma foi projetada com o intuito de avaliar os impactos associados a quase todos os tipos de implantação de projetos (BECHELLI, 2010). A referida Matriz é composta por uma lista de 100 ações humanas que podem causar impactos ambientais e outra lista com 88 componentes ambientais que podem ser afetadas por ações humanas, sendo um total de 8.800 Interações possíveis (FINUCCI, 2010).

Uma matriz de interação consiste em analisar os efeitos que causam uma ação de um determinado projeto em um meio (antrópico, físico e biológico) através atributos e parâmetros que classificam os impactos. A definição destes atributos e parâmetros dependerá das características ambientais da área de influência do projeto, do tipo de projeto e da especialização da equipe envolvida, que seguindo critérios científicos pode propor o método que mais se adeque a análise do impacto.

Apesar de incorporar parâmetros de avaliação são meramente métodos de identificação, importantes em atividades que possam causar impactos de maior intensidade e, portanto, devem ser monitorados com bastante atenção (MOTA e AQUINO, 2002). A metodologia aplicada a matrizes de interações teve início a partir da tentativa de suprir as falhas observadas nas listagens de controle (check-list). Portanto é necessário, inicialmente, distinguir todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para que posteriormente se estabeleça a magnitude e a importância de cada impacto em uma escala. A partir disto, é possível identificar e avaliar se o impacto em questão é positivo ou negativo (OLIVEIRA E MOURA, 2009).

Os valores da magnitude é relativamente objetivo ou empírico, referindo-se ao grau de alteração provocado por determinada ação sobre o fator ambiental, a atribuição da pontuação para a importância de cada impacto é subjetiva ou normativa, visto que envolve atribuição de peso relativo ao fator afetado no âmbito do projeto. Além disso, por não estabelecer o princípio da exclusão e não relacionar os fatores segundo seus efeitos finais, um mesmo impacto pode estar em duplicidade. Também não há distinção dos efeitos a curto e médio prazo (CREMONEZ, 2014).

No entanto, o método é muito eficiente na identificação de impactos diretos (alteração do ambiente que entra em contato com a ação transformadora), visto que tem por objetivo relacionar as interações entre os fatores ambientais e os componentes do projeto e permite uma fácil compreensão do público em geral, aborda fatores sociais, acomoda dados qualitativos e quantitativos, fornece boa orientação para a realização de estudos e introduz a multidisciplinaridade.

4. METODOLOGIA

Esse estudo foi realizado a partir de uma pesquisa de campo qualitativa na qual desenvolveu-se com a construção de um biodigestor do tipo indiano adaptado, e da observação e análise dos aspectos socioambientais da instalação desse sistema em uma propriedade rural. Em seguida são descritos os métodos utilizados em cada etapa do estudo: Descrição da área de estudo, método de construção e instalação do biodigestor, identificação e análise dos impactos socioambientais.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de execução do estudo está localizado na zona rural no município de Pau dos Ferros – RN, na região do Alencar de baixo, nas coordenadas 6°04'46.0"S 38°13'50.9"W. Localizada na região do semiárido, apresenta a estação chuvosa no primeiro semestre do ano, com pico em abril, mês que concentra 90% da precipitação anual, enquanto a estação seca decorre no segundo semestre com precipitações mínimas nos meses de setembro e outubro. A temperatura média do ar é mais fria nos meses de junho (25,5 °C) e julho (25,6 °C) e mais quente nos meses de outubro (27,9 °C), novembro (28,1 °C), dezembro (28,3 °C) e janeiro (27,9 °C) (GURGEL e MEDEIROS, 2018).

A propriedade tem área aproximada de 200 hectares, onde estão contidos uma residência, três currais, dois açudes, dois cacimbões, uma barragem, áreas preservadas e de plantio.

A Figura 7 representa a área de interesse da propriedade para este estudo. Na imagem o curral dos bovinos é representado no ponto 1, ponto 2 curral dos ovinos e ponto 3 o curral dos caprinos. O biodigestor foi instalado no ponto número 4, e a residência está localizada no ponto 5. Por fim o açude está representado no ponto 6.

A criação dos rebanhos bovinos, caprinos e ovinos segue o regime de semiconfinamento, onde os animais pastoreiam durante o dia e recebem o suplemento mineral ao final da tarde, passando a noite no curral. Dessa forma, os dejetos da criação bovina, composta por 27 animais, geram aproximadamente 150 kg de resíduo por noite.

A residência é local de morada de um trabalhador que cuida da propriedade, onde ele mesmo prepara suas refeições. Essa residência também é utilizada aos finais de semana e feriado para atividades de lazer e descanso da família do proprietário.

Figura 7: Área de interesse do estudo



Fonte: Adaptado do google maps, 2019

Os recursos hídricos utilizados são oriundos de reservatórios superficiais e subterrâneos (açudes e cacimbões), utilizados para suprir as necessidades domésticas e das criações. O açude está situado em uma área de depressão em frente das imediações da residência e currais, o que facilita o escoamento dos dejetos animais nos períodos de chuva.

Nos períodos chuvosos, comumente a partir do mês de março, inicia-se o plantio das culturas de feijão, milho e sorgo que são para consumo próprio da família e a parte que não é para consumo humano também são aproveitados como forragem e ração para o gado. Também é cultivada uma plantação de palma, planta comum em regiões semiáridas, que possui alto teor de fibras, vitamina A e ferro, que serve para a nutrição dos animais na maior parte do ano, durante os períodos de estiagem. Esta plantação está localizada próxima as

imediações da residência em um solo que não recebe nenhuma outra cultura por ser considerado pobre. A Figura 8 mostra a plantação de palma, ao fundo o curral. As Figuras 9 e 10 retratam a fachada da casa e o anexo dos currais, respectivamente.

Figura 8: Plantação de palma



Fonte: autores, 2019

Figura 9: Fachada da residência



Fonte: autores, 2019

Figura 10: Currais



Fonte: autores, 2019

4.2 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

O modelo de biodigestor escolhido para ser construído foi adaptado do modelo Indiano. O modelo desenvolvido priorizou um processo construtivo mais simples, o que possibilitou a sua síntese sem que houvesse a necessidade de mão-de-obra especializada em biodigestores e consequentemente a redução do custo para realizar a implantação, fatores que foram preponderantes para a escolha do modelo.

Para construção do biodigestor utilizou-se os materiais descritos conforme o Quadro 1. Este apresenta informações de quantidade e custo dos materiais empregados na construção.

Quadro 1: Materiais utilizados na construção do biodigestor

QUANTIDADE	MATERIAL	UNITÁRIO	TOTAL
1	CAIXA D'AGUA 1000L POLIURETANO	R\$ 199,00	R\$ 199,00
4 m	ZINCO 30 cm DE LARGURA	R\$ 14,00	R\$ 56,00
10 un	CIMENTO 40kg	R\$ 22,00	R\$ 220,00
1 un	FORMA PARA OS BLOCOS	R\$ 50,00	R\$ 50,00
3 un	DIÁRIAS PEDREIRO	R\$ 80,00	R\$ 240,00
3 m	CANO GUIA DE AÇO 40mm	R\$ 22,00	R\$ 66,00
1 kg	ARAME GALVANIZADO 12	R\$ 18,00	R\$ 18,00
2 un	CARROS DE MÃO COM BRITA 01	R\$ 00,00	R\$ 00,00
200 un	TIJOLOS DE 6 FUROS	R\$ 02,50	R\$ 80,00
4 m	CANO PVC 100mm	R\$ 10,00	R\$ 40,00
3 m	CANO PVC 50 mm	R\$ 10,00	R\$ 30,00
3 m	CANO PVC 150mm	R\$ 25,00	R\$ 75,00
5 un	BARRAS DE CANO PVC 20 mm	R\$ 10,00	R\$ 50,00
1 un	M ³ AREIA	R\$ 50,00	R\$ 50,00
1 m	CANO PVC 60mm	R\$ 10,00	R\$ 10,00
1 un	COLA PVC GRANDE	R\$ 5,00	R\$ 5,00
4 un	ADAPTADOR SOLDÁVEL	R\$ 0,80	R\$ 3,20
2	CAP PVC 50 mm	R\$ 3,00	R\$ 6,00
1 un	T PVC 20 mm	R\$ 0,50	R\$ 0,50
1 un	LUVAS DE UNIÃO 20 mm	R\$ 3,00	R\$ 3,00
8 un	JOELHO PVC RIGIDO 20 mm	R\$ 0,50	R\$ 4,00
1 un	FLANGE 60X60 mm	R\$ 12,00	R\$ 12,00
3 un	FLANGE 20X20 mm	R\$ 8,00	R\$ 24,00
2 un	REGISTROS DE ESFERA 20 mm	R\$ 7,00	R\$ 14,00

3 m	MANGUEIRA CRISTAL TRANÇADA 20 mm	R\$ 3,50	R\$ 10,50
4 un	ABRAÇADEIRAS ROSCA SEM FIM 1/2"	R\$ 1,50	R\$ 6,00
1 un	VASILHAME DE ÁGUA MINERAL	R\$ 00,00	R\$ 00,00
2 m	MADEIRA PARA COLOCAR NA CAIXA	R\$ 8,50	R\$ 17,00
3 un	AD P/ MANGUEIRA	R\$ 1,00	R\$ 3,00
	TOTAL		R\$ 1297,20

Fonte: Autores, 2018

O processo de construção do biodigestor teve início com a escavação do buraco onde para a instalação do tanque digestor e a vala onde para instalação dos encanamentos de carga e descarga. O dimensionamento do buraco do tanque do biodigestor foi de dois metros de diâmetro por dois de profundidade (2 m x 2 m), para que fosse possível trabalhar por fora da estrutura a ser construída. A vala do encanamento de carga iniciou-se a 2 metros do tanque e a do encanamento de descarga começou a 3 metros do tanque, como mostram as Figura 11 e 12.

Figura 11: Valas do encanamento



Fonte: autores (2018)

Figura 12: Escavação do tanque digestor



Fonte: autores (2018)

Para construção do tanque digestor foram produzidas placas com formato de arco de circunferência, feitas em concreto, com uma mistura de 3 partes de areia grossa, uma parte de cimento e uma de água. Foram confeccionadas 32 placas, para construção de 4 alinhamentos de 8 placas. Em duas delas foram deixados buracos feitos com canos de 100mm e 150mm para que sejam acoplados encanamentos de carga e descarga do biodigestor. A Figura 13 mostra as placas prontas.

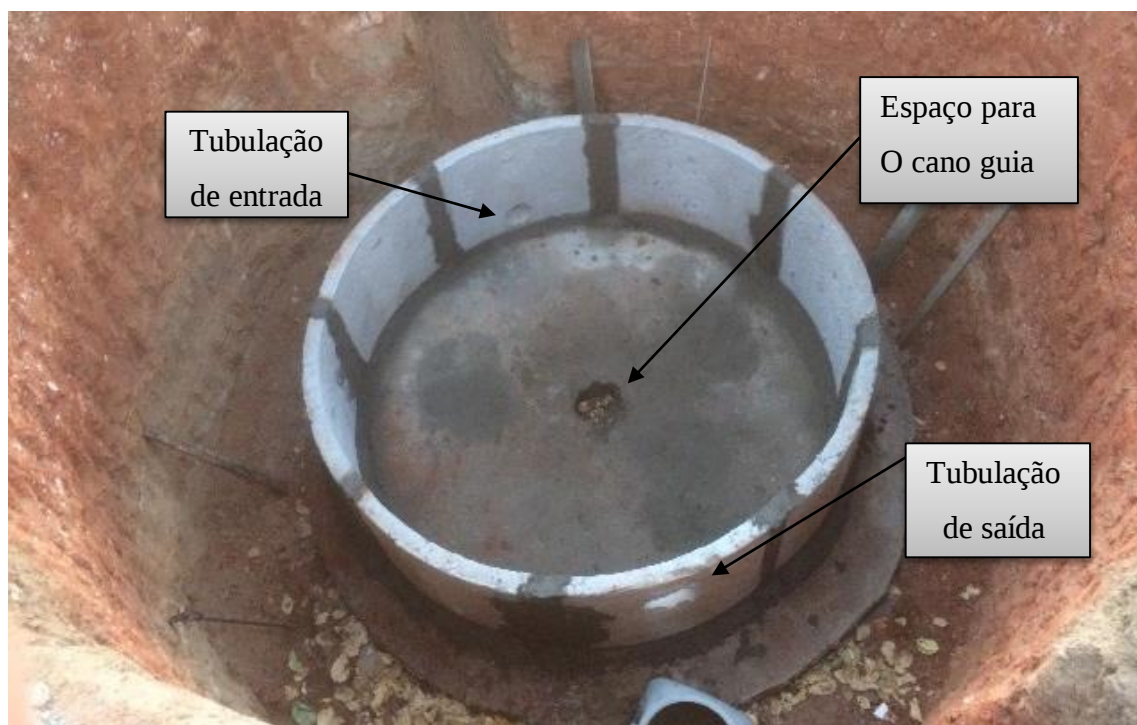
Figura 13: Placas prontas para produção do tanque digestor



Fonte: Autores (2018)

Logo após foi dado início ao piso do tanque, nivelado e feito em concreto, deixando o espaço no centro para que seja instalado o cano guia do gasômetro. Depois de concluído o piso; foram erguidas as fiadas com as placas de concreto obedecendo a alternância das placas para erguer as paredes do tanque. Ao passo que eram construídos em alvenaria os tanque de mistura e de descarga, com as seguintes dimensões: tanque de mistura (80 cm de diâmetro por 50 cm de altura) e o tanque de descarga (150 cm de comprimento por 50 cm de largura e 40 cm de profundidade para a fração sólida e 50 cm de comprimento por 50 cm de largura e 70 cm de profundidade para a fração líquida). As Figuras 14 e 15 exibem, respectivamente, o tanque com a primeira fiada e com todas as demais assentadas, antes de serem rebocadas.

Figura 14: Piso e primeira fiada do tanque digestor



Fonte: autores, 2018

Figura 15: Parede do tanque digestor totalmente levantada



Fonte: autores, 2018.

A finalização se deu com o reboco e instalação dos batentes de sustentação da caixa e do cano guia no centro do tanque digestor. O tanque digestor, o tanque de carga e o de descarga foram rebocados, como observa-se nas Figuras 16, 17 e 18, respectivamente.

Figura 16: Tanque digestor rebocado



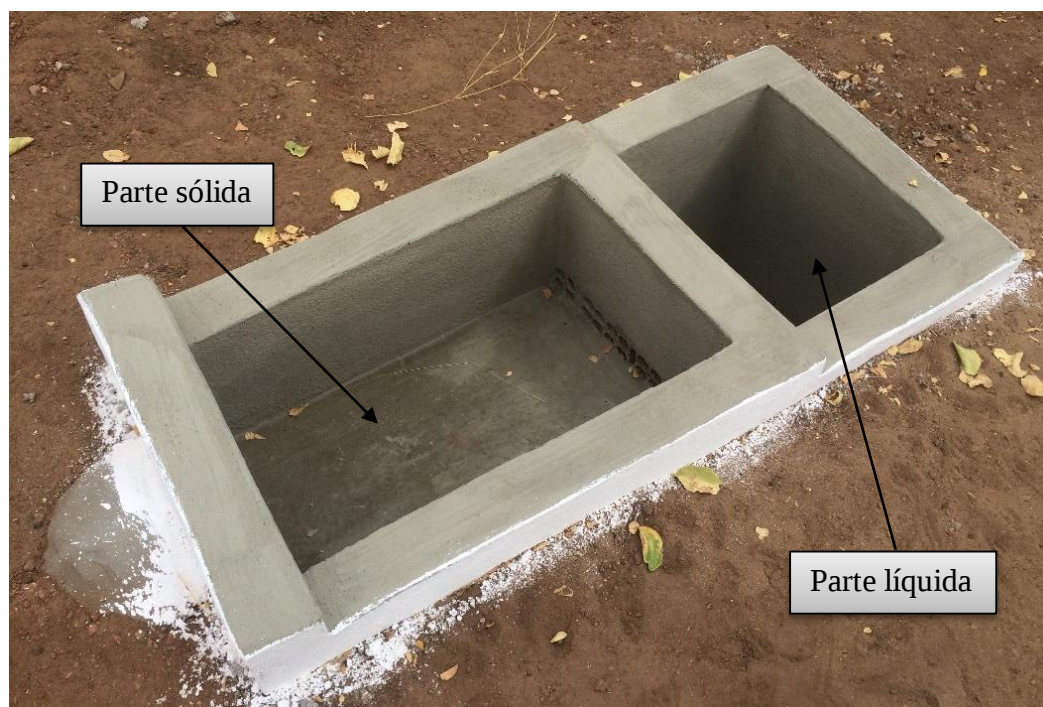
Fonte: autores, 2018

Figura 17: Tanque de mistura rebocado



Fonte: autores, 2018.

Figura 18: Tanque de descarga



Fonte: autores, 2018.

O gasômetro foi feito com uma caixa d'água de polietileno de 1000 L, onde foi instalado um registro para escape do gás que passará pelo filtro e será canalizado para a residência. A Figura 19 mostra a caixa preparada para ser instalada no tanque digestor.

Figura 19: Gasômetro



Fonte: autores, 2018.

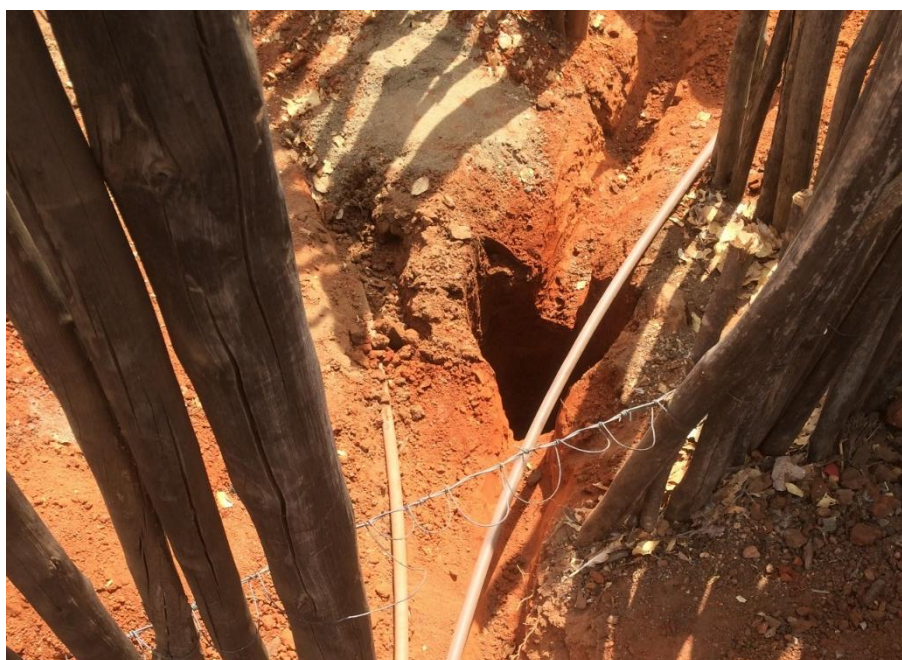
Após a instalação do gasômetro foi desenvolvido um filtro com o garrafão de 20 L que filtra o gás por aborbulhamento em uma solução de água e cal, trocada a cada 15 dias, seguido da escavação do buraco que acomoda o dreno, responsável por evitar o entupimento do encanamento por água condensada do gás, como retratado nas Figuras 20 e 21:

Figura 20: Gasômetro instalado no tanque digestor



Fonte: autores, 2018

Figura 21: Buraco do dreno



Fonte: autores, 2018

A valeta da encanação de biogás foi escavada de forma que tivesse o nível mais baixo coincidindo com o dreno, para que toda água condensada seja drenada. A Figura 22 mostra a escavação que vai até a casa.

Figura 22: Vala da encanação



Fonte: autores, 2018

Depois de todas etapas de instalação foi feita a adaptação a um fogão a gás comum, onde aumentou-se o diâmetro do furo do giclê e ajustado as entradas e ar para compensar a baixa pressão do biogás até conseguirmos uma chama azul que queime por inteiro, com um

leve barulho de maçarico e inodora. A Figura 23 demonstra a chama proveniente do biogás no fogão adaptado:

Figura 23: chama proveniente do biogás



Fonte: autores, 2019

4.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS.

Para avaliar os impactos socioambientais da instalação e funcionamento de um biodigestor em uma propriedade rural de pequeno porte utilizou-se uma matriz de interação que correlacionou cada ação do biodigestor a um impacto gerado por ele nos três seguintes campos: ambiental, social e econômica. Para isso, cada impacto foi identificado e separado em uma desses campos, depois avaliado em relação a 6 atributos que possibilitam uma melhor análise qualitativa desses impactos para conduzir a uma análise mais palpável dos resultados.

A avaliação de cada impacto foi feita de acordo com o que propõe Oliveira e Medeiros (2007), utilizando 6 atributos e 15 parâmetros para cada impacto.

- **Caráter:** positivo (+) quando há melhoria de um fator ambiental, negativo (–) quando algum dano é causado a um fator ambiental e indefinido ($\pm$) quando a alteração ambiental é incerta.

- **Ordem:** direto (D) é o impacto primário e resulta de ação direta da atividade impactante. Indireta (I) resulta de uma ação secundária em resposta à ação anterior.
- **Magnitude:** fraco (1) quando os fatores impactantes são inexpressíveis. Moderado (2) quando os impactos são medianamente elevados. Forte (3) quando os fatores impactantes são suficientes para causar profunda descaracterização geral dos constituintes ambientais.
- **Duração:** curta (C) quando o impacto cessa imediatamente após o final da ação. Média (M) quando há necessidade de decorrer razoável período de tempo para a dissolução do impacto. Extensa (E) quando ao fim da ação geradora de impacto, este ainda permanece por um longo período de tempo.
- **Escala:** local (L) quando o impacto se restringe apenas a área de influência direta e uma porção pequena de área atingida. Regional (R) quando o impacto abrange além da superfície delimitada da aplicação do projeto.
- **Reversibilidade:** reversível (R) quando o ambiente atingido pelo impacto tem chances de voltar à sua condição inicial. Irreversível (I) quando o objeto ambiental atingido não pode alcançar as suas condições ambientais iniciais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR:

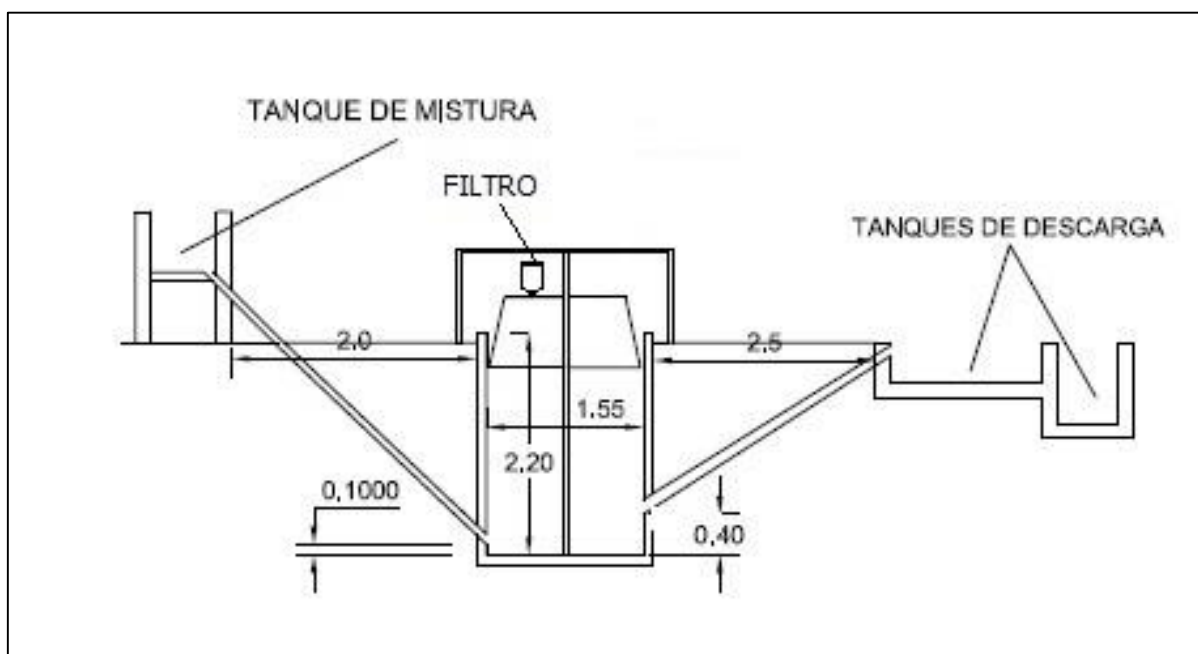
Neste trabalho desenvolveu-se um biodigestor segundo Oliveira Junior, 2013, adaptado do modelo indiano, o prototipo priorizou a diminuição dos custos de instalação e manutenção, e utilizou materiais de baixo custo, método simples de construção e as dimensões de largura e comprimento foram reduzidas para adequar as especificidades da propriedade.

O modelo construído denominou-se de BIODIGEP (Biodigestor de Popular), é composto de uma câmara de digestão e de um depósito de gás móvel, caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro de polietileno, no modelo Indiano essa campânula é metálica que entra facilmente em corrosão resultando uma vida útil curta, em torno de cinco anos. No BIODIGEP outro diferencial é a não existência da parede divisória dentro do tanque digestor, no modelo Indiano a função da parede divisória se limita a segregação do material orgânico antigo do recém colocado. Então uma vez que essa parede não compromete a função estrutural da forma cilíndrica do tanque do biodigestor optou-se por não inserir no BIODIGEP, que possui a característica de ocupar pouco espaço por sua construção subterrânea e que dispensa o uso de reforços, tais como cintas de concreto.

Para garantir a força, pressão e perda de carga distribuída as tubulações do tanque digestor no BIODIGEP foram projetadas com uma diferença de nível de altura sendo a tubulação do tanque de mistura considerada entrada do sistema inserida a 0,10m de altura do piso do tanque e a tubulação do tanque de descarga a 0,40 m. Essa diferença dos níveis das tubulações dentro do digestor foram suficientes para movimentação do material orgânico e segregação do material antigo do recém colocado. O modelo também contém um filtro, para remoção de impurezas porque, o biogás, produzido por microorganismos na ausência de oxigênio a partir da biodegradação de matéria orgânica, é um excelente combustível de alto poder calorífico, no entanto, como impureza o biogás apresenta em sua composição a presença do sulfeto de hidrogênio (H_2S) substância com ação fortemente corrosiva sobre peças e equipamentos. A remoção do sulfeto de hidrogênio no BIODIGEP se deu pelo processo de lavagem do gás em contracorrente num meio alcalino, o filtro introduzido com capacidade para 20L foi empregado com uma solução de água e óxido de cálcio (CaO).

A Figura 24 ilustra o corte transversal do BIODIGEP construído com as suas respectivas dimensões.

Figura 24: Corte transversal do BIODIGEP



Fonte: autores, 2019

As etapas de desenvolvimento e implantação deste biodigestor envolveram dificuldades intrínsecas ao seu dimensionamento e ao local de instalação, como ocupar todo tanque digestor e ter aproveitamento máximo da sua capacidade, que devido a pequena quantidade de animais e seu curto período de confinamento demorou cerca de 10 dias e demandou aproximadamente 1.500 Kg de esterco bovino (em média 150 Kg por dia) misturados com água em mesma quantidade. A escolha do local designado para construção do biodigestor apresentou características rochosas depois de escavados 1,5 m de profundidade, o que dificultou o trabalho feito de maneira manual. Evidenciando a necessidade de realizar, antes da instalação, uma avaliação geológica e da disponibilidade dos resíduos para comprovar a viabilidade do projeto.

5.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A utilização do biodigestor culminou em impactos que subdividimos em ambientais, sociais e econômicos.

Ambientais: foi observado que parte dos dejetos produzidos tiveram destinação adequada, onde passaram por estabilização química e biológica, o que auxilia na diminuição das contaminações de solo, água e ar geradas por estes dejetos caso não fossem tratados. A geração de biogás, usado no fogão devidamente adaptado, contribuiu para a redução do

desmatamento destinado ao uso da lenha. Por outro lado, no caso analisado a manutenção do biodigestor não usa todos os dejetos produzidos pelos bovinos, pois a quantidade de material gerado é maior que a quantidade que o tanque consegue fermentar, dessa maneira, o material excedente continua sendo depositado no solo sem nenhum tratamento, o que pode levar a contaminações. A utilização da água, fator indispensável para o processo de biodigestão, pode afetar a utilização nos períodos de estiagem, quando os recursos hídricos são limitados e com qualidade comprometida.

Sociais: A utilização do biogás extingue a necessidade do manuseio da lenha, desde sua extração até o manejo para sua utilização em fogões rústicos, que além do trabalho envolvido para sua utilização é fonte de fumaça e gases prejudiciais à saúde. A diminuição da probabilidade de doenças ligadas aos resíduos bovinos, que podem atrair espécies que sejam vetores de doenças severas, tanto para os humanos quanto para as criações, para isso, deve-se manter o curral sempre limpo. O tempo de dedicação a manutenção do biodigestor para a geração de energia é menor do que o tempo gasto com o fogão a lenha, tendo em vista que é preciso cortar lenha todos os dias para fazer o fogo, enquanto o abastecimento de 100 a 150 kg de esterco no biodigestor rende por vários dias.

Econômicos: A implantação do biodigestor é de baixo custo e pode ser vista como investimento que promove melhor qualidade de vida e meio ambiente, tendo em vista a comparação entre um fogão que utiliza do botijão de gás de 13 kg, que custava cerca de R\$ 69,35 em dezembro de 2018, e o fogão à biogás. Podemos estabelecer que uma família que usa um botijão por mês gasta R\$ 832,20 por ano com gás de cozinha, enquanto a construção de um biodigestor no modelo implantado custa cerca de R\$ 1.300,00. Desta forma, o tempo de recuperação do investimento seria de um ano e sete meses, quando já teria sido gasto R\$ 1.317,65 com o gás de cozinha.

A combinação de fatores como temperatura, concentração de nutrientes e o pH no tanque digestor possibilitou a síntese de um biogás de boa qualidade e eficiência que pode ser demonstrada através da cor da chama que ele produz, a chama de cor azul indica alto teor de metano que é altamente calorífico e principal composto do gás natural.

A vazão do biogás foi testada com as quatro bocas do fogão queimando com toda intensidade durante aproximadamente 30 minutos, tempo em que foi utilizada toda capacidade usual do gasômetro, que demora cerca de 20 horas para ser restituído totalmente. Sendo essa uma situação pouco provável em sua aplicação diária, desse modo, podemos dizer que há vazão satisfatória para o uso o qual foi proposto.

Podemos destacar também o uso do biofertilizante como insumo agrícola, principalmente no cultivo da palma, sendo também utilizado em outras plantas como

coqueiro, cajarana, ciriguela e acerola, no entanto não foi observado melhorias na produção e desenvolvimento das plantas devido o curto prazo de aplicação.

A partir da matriz elaborada foi possível correlacionar os parâmetros associados a cada atributo. Quando observamos o atributo de reversibilidade percebemos que todos os impactos são reversíveis, o que indica que se paralisado o uso do biodigestor o ambiente atingido pelos impactos volta a sua condição inicial, perdendo os impactos positivos. O parâmetro de escala indica que todos os impactos são locais. Com exceção da diminuição da eutrofização dos corpos hídricos, que apresenta duração média por sua relação com o período de chuvas, todos os outros impactos apresentam duração curta, por se apresentarem logo após o funcionamento do biodigestor. O único impacto negativo de magnitude moderada está relacionado ao dimensionamento do biodigestor que não tem capacidade de aproveitar todo volume de esterco gerado, desse modo, apenas a implantação de um projeto maior supriria essa necessidade e neste caso proveria mais energia e impactos positivos, o outro impacto negativo está ligado ao consumo de água para manutenção do biodigestor e é considerado fraco, sendo necessário para que haja a manifestação dos impactos positivos. Observamos ainda que o biodigestor influencia ainda que indiretamente impactos positivos nos campos social e ambiental. Por fim, vale salientar a análise quanto ao caráter do impacto, onde dos 12 impactos relacionados 10 são positivos e apenas 2 são negativos. O Quadro 2 ilustra a matriz de interação dos impactos.

Quadro 2: Matriz de interação dos impactos de instalação e utilização do biodigestor

AÇÃO: UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR		IDENTIFICAÇÃO DO IMPACTO	ATRIBUTOS DOS IMPACTOS					
			CARÁTER	ORDEM	MAGNITUDE	DURAÇÃO	ESCALA	REVERSIBILIDADE
FASE DE OPERAÇÃO	AMBIENTAL	Redução do desmatamento pelo desuso da lenha.	+	I	2	C	L	R
		Destinação apropriada para os dejetos animais.	+	D	2	C	L	R
		Diminuição da eutrofização dos corpos hídricos.	+	I	2	M	L	R
		Diminuição do lançamento de gás metano na atmosfera.	+	I	2	C	L	R
		Consumo de água excessivo.	-	D	1	C	L	R
		Não suporta toda a quantidade de todos os dejetos gerados.	-	D	2	C	L	R
	SOCIAL	Manutenção esporádica.	+	D	1	C	L	R
		Extinção do manuseio de lenha para fins de cocção.	+	I	2	C	L	R
		Diminuição da possibilidade de doenças relacionadas ao esterco e queima de biomassa.	+	I	2	C	L	R
	ECONÔMICO	Produção de gás para fornecimento de energia térmica.	+	D	2	C	L	R
		Produção de biofertilizante para adubação orgânica das culturas.	+	D	2	C	L	R
		Baixo custo de implantação.	+	D	2	C	L	R

Desta forma, levando em consideração os impactos analisados, pode-se atestar que os impactos positivos se superam aos negativos e há a viabilidade da construção de um biodigestor em uma propriedade de pequeno porte.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade agropecuária está em constante crescimento e a intensificação em seus sistemas de produção tem como consequência o aumento das agressões ambientais, decorrente, muitas vezes, dos dejetos de animais, gerando graves problemas. Assim, a estabilização desses dejetos em biodigestores tem merecido destaque, em função dos aspectos sanitários e também como potenciais na geração de energia renovável.

Nesse contexto esse estudo desenvolveu um biodigestor adaptado do modelo indiano que foi construído com materiais de baixo custo, método construtivo simples e tamanho reduzido, o que possibilitou, em tese, uma construção menos dispendiosa em comparação a outros projetos que a literatura apresenta. Desde o planejamento até a síntese do projeto foi priorizado a utilização de materiais que estivessem em desuso na propriedade, fato esse que viabilizou economicamente a execução do projeto.

Ao atingir pleno funcionamento, sendo abastecido regularmente, o biodigestor atendeu de maneira eficaz as atividades propostas, sendo fonte de energia renovável que abastece um fogão de quatro bocas com biogás de boa qualidade que é capaz de suprir as necessidades impostas, sendo possível sua utilização como substituto da lenha para fins de cocção. E o biofertilizante produzido em frações líquidas foi aplicado em via pulverizações nas folhas das plantações. E a fração sólida foi utilizada como adubo para nutrição. Observou-se que a utilização do biofertilizante propiciou uma resposta mais rápida que os fertilizantes de solo e houve uma diminuição dos insetos.

Neste sentido, a identificação e análise dos aspectos socioambientais ora proposto com a elaboração da matriz de interação forneceu subsídios às discussões acerca do processo de avaliação de impactos Ambientais nos procedimentos em níveis locais, tornando-se mais um importante passo para aprofundamento das discussões acerca da viabilidade de instalação e utilização de um biodigestor em uma propriedade rural de pequeno porte.

Desta forma, conclui-se que, mesmo sendo necessário investimento financeiro para a construção, implantação e manutenção o BIODIGEP é um investimento bastante atrativo que agrega valores socioambientais a propriedade.

REFERÊNCIAS

Agencia nacional de gás e petróleo. **Evolução do preço do GLP**. 2019. Disponível em http://www.sindigas.org.br/novosite/?page_id=3020. Acesso em 12/02/2019.

Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.30, n.1, jan./abr. 2017

BARREIRA, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural. São Paulo: Ícone, 2011.

BARRERA, Paulo. Biodigestores - Energia, Fertilidade e Saneamento Para Zona Rural – São Paulo – Ícone, 1993.

Biogas Barometer 2012. EurObserv'ER, 2012. Available at: <https://www.eurobserv-er.org/biogas-barometer-2012/> . Acesso em: 27/08/2018.

Biogas Barometer 2017. EurObserv'ER, 2017. Disponível em: <https://www.eurobserv-er.org/biogas-barometer-2017/>. Acesso em: 27/08/2018.

CLASSEN, P. A. M.; LIER, J.B.; STAMRS, A. J. M. Utilization of Biomass for Supply of energy carrier. Applied Microbiology and biotechninology, v.52, p. 741- 755, 1999.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 74 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

CORGOZINHO, N. Biodigestores,2010. Disponível em: [www.ebah.com.br/ biodigestores-doc-a49507.html](http://www.ebah.com.br/biodigestores-doc-a49507.html). Acessado em: 16/01/2019

COUTO, R. A. de O. (IC) e MONTEIRO, W.(Orientador). **Geração de energia elétrica por meio da digestão de papel com o uso de biodigestores**. VII Jornada de Iniciação Científica – 2011. Disponível em: [http:// www.mackenzie.br/fileadmin/Pesquisa/pibic/ publicacoes/2011/pdf/fis/rafael_adolfo.pdf](http://www.mackenzie.br/fileadmin/Pesquisa/pibic/publicacoes/2011/pdf/fis/rafael_adolfo.pdf) Acesso em: 05/12/18.

CREMONEZ, F. E et al. Avaliação de impacto ambiental: Metodologias Aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**. REMOA v.13, n.5, 2014, p.3821-3830. e-ISSN 2236. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/272743003/Avaliacao-de-Impacto-Ambiental-Metodologias-Aplicadas-No-Brasil-2014> Acesso em: 10/01/2019.

DEGANUTTI, R. P. et al. **Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada**. Departamento de Arquitetura, Artes e Representações Gráficas, UNESP: (Universidade Estadual Paulista), Bauru, 2002

ESPERANCINI, M. S. T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**. 2007, vol.27, n.1, p.110-118. ISSN 0100-6916. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000100004>. Acesso em 10/01/2019.

GALBIATTI, J. A. et al. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 31, n. 1, p. 167-177, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/1956>. Acesso em: 15/01/2019.

GALBIATTI, João. A. et al. Estudo qualitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v. 14, n. 4, p. 432 – 437, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n4/v14n04a13.pdf> Acesso em: 20/01/2019.

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**. Florianópolis, 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003

GURGEL, A. L; MEDEIROS, J. F. de. Caracterização das condições climáticas de Pau dos Ferros-RN. **Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 8, n. 2, p. 100 – 115, 2018. Disponível em: <http://www2.uern.br/index.php/geotemas/article/download/3180/1847>. Acesso em: 05/02/2019.

JUNQUEIRA, J. B. **Biodigestão anaeróbia e compostagem com dejetos de bovinos confinados e aplicação do biofertilizante e do composto em área cultivada com *Panicum maxim*** JACQ., CV TANZÂNIA. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2011.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD. S.; Silva, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 190-196. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n2/v13n02a_13.pdf Acesso em: 10/01/2019.

MARIANO, J. B.; **Proposta de Metodologia de Avaliação Integrada de Riscos e Impactos Ambientais para Estudos de Avaliação Ambiental Estratégica do Setor de Petróleo e Gás Natural em Áreas Offshore**. 2007, 592 f. Tese de doutorado – UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

MONTEIRO, S. D. S. C. **Produção de Biometano: Análise de Mercado e Estudo da Separação por PSA**. Tese de mestrado – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. 2011.

MOREIRA, M. A. C. et al. Doença pulmonar obstrutiva crônica em mulheres expostas à fumaça de fogão à lenha. **Revista da associação médica brasileira**, Goiânia, v. 59, n. 6, p. 607-613. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramb.2013.09.001>. Acesso em: 22/10/2018.

BATISTA, O. R. et al. **Manejo De Águas Residuárias Da Bovinocultura De Leite Para Uso Em Cultivo De Plantas**. Boletim técnico. n 100, p 1- 29, 2014.

OLIVEIRA JUNIOR, F. A. **Ensino não formal da diminuição da carga poluidora de dejetos animais a partir da produção de biogás e biofertilizante em pequenas propriedades rurais**. 2013. 72 f. Dissertação (Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

OLIVEIRA, F. F. G.; MEDEIROS, W. D. A. Bases teórico-conceituais de métodos para avaliação de impactos ambientais em eia/rima. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, v.

6, n. 11, p. 79-92, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273620627009> Acesso em: 15/02/2019.

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. de. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **PRETEXTO**, v.10, n.4, p.79-98. 2009. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/3838/uso-das-metodologias-de-avaliacao-de-impacto-ambiental-em-estudos-realizados-no-ceara> Acesso em: 15/02/2019

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado do carbono**. 2009. 98 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Automação) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SILVA, F. L. B. Interação entre a salinidade e o biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v, 15. n. 4, p 383 – 389, 2011. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=3&script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000400009&lng=en&tlng=en Acesso em: 10/01/2019.

SIQUEIRA, L. M. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em reator de leito fluidizado**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

SOUZA, C. F. et al. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 530-539. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/eagri/v25n2/26516.pdf> Acesso em: 15/12/2018.

VILLELA, I. A., SILVEIRA, J. L. **Aspectos técnicos da produção de biogás em um laticínio**. janus, lorena, ano2, n. 2, 2005.

ZANETTE, A. L. **Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.