



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO BAIXO TOCANTINS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL

RAFAEL TRINDADE DA SILVA

VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E BIOFERTILIZANTE COM UTILIZAÇÃO DE DEJETOS BOVINOS

Abaetetuba - PA

2015

RAFAEL TRINDADE DA SILVA

VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E BIOFERTILIZANTE COM UTILIZAÇÃO DE DEJETOS BOVINOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, *Campus* Universitário do Baixo Tocantins, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial, sob orientação do Prof. Dr. Bruno Rafael Dias de Lucena.

Abaetetuba - PA

2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

Silva, Rafael Trindade da.

Viabilidade econômica para um sistema de geração de energia elétrica e biofertilizante com utilização de dejetos bovinos / Rafael Trindade da Silva. — 2015.

68 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Bruno Rafael Dias de Lucena  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Curso de Engenharia Industrial, Abaetetuba, 2015.

1. Análise Econômica. 2. Biodigestores. 3. Biofertilizante.  
4. Biogás. 5. Geração Distribuíd. I. Título.

CDD 620

---

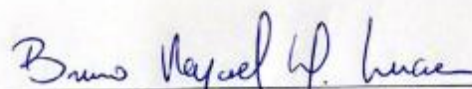
RAFAEL TRINDADE DA SILVA

VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E BIOFERTILIZANTE COM UTILIZAÇÃO DE DEJETOS BOVINOS

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado e aprovado, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial pelo corpo docente da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, *Campus* Universitário do Baixo Tocantins.

Abaetetuba, 15 de Setembro de 2015

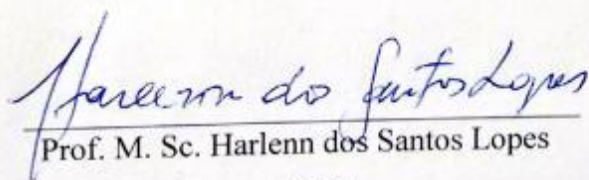
Conceito: EXC



Prof. Dr. Bruno Rafael Dias de Lucena

UFPA

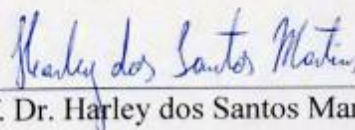
Orientador



Prof. M. Sc. Harlenn dos Santos Lopes

UFPA

Examinador



Prof. Dr. Harley dos Santos Martins

UFPA

Examinador

## DEDICATÓRIA

A Deus, pela incalculável bondade em conceder-me vida todos os dias e a minha família pelo apoio incondicional.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me nunca me desamparou e me permitiu alcançar mais uma realização em minha vida.

A minha família, filha Milena Rafaelly Silva e esposa Josiane Silva, que me foram à base para romper com todas as barreiras impostas ao decorrer da trajetória deste trabalho e em todos os momentos importantes de minha vida. A elas, agradeço também pelo companheirismo e compreensão nos momentos em que sorrimos e choramos juntos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bruno Rafael Dias de Lucena, que acreditou em meu potencial e foi de extrema paciência na busca por resultados. Agradeço pelos conhecimentos a mim transmitidos pela efetiva participação em meu amadurecimento acadêmico e profissional.

Agradeço a Universidade Federal do Pará, em especial ao Campus Universitário de do Baixo Tocantins, que me oportunizou, por meio de sua estrutura física e humana, a possibilidade de evolução crítica, científica e social. A todos os mestres que contribuíram para a evolução da minha caminhada acadêmica.

A empresa em que os dados foram levantados, pela paciência e confiança que me foram confiadas.

Aos meus familiares, amigos e a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização dessa etapa importante de minha vida.

## RESUMO

As pesquisas relacionadas a buscas pela utilização de fontes renováveis de energia estão merecendo cada vez mais atenção, visando melhorias que possibilitem soluções para os problemas gerados pelo mundo moderno. Tais problemas estão relacionados à crise energética e ao aumento da poluição devido emissão de gases nocivos ao ciclo natural do planeta. Entre este último o gás metano gerado na bovinocultura. O presente trabalho tem por finalidade o desenvolvimento de uma análise de viabilidade econômica do uso de biogás para geração de energia elétrica pelo sistema de compensação de energia elétrica (Resolução Normativa nº 482/2012) e a comercialização de biofertilizante para fins agrícolas; a partir da utilização de dejetos bovinos em uma propriedade privada do município de Abaetetuba, no estado do Pará. Para isso, desenvolveu-se uma pesquisa de cunho exploratório e seus objetivos específicos consistiram em caracterizar uma unidade geradora a base de biogás, realizando o levantamento dos custos relacionados à implantação, manutenção e operação, bem como as possibilidades de receitas para a aplicação de indicadores (VPL, TIR e *Payback*) de análise financeira com o auxílio do software Excel. Como resultados, observou-se que o modelo proposto possui condições favoráveis, uma vez que os indicadores obtiveram resultados positivos e com grau de atratividade maior do que a taxa mínima proposta para análise. Através de análises de sensibilidade, observou-se que mesmo com um cenário crítico, com a diminuição das receitas, o projeto comportou-se dentro dos limites aceitáveis. Entretanto, ao se realizar uma a análises de cenário para produção de energia elétrica apenas, observou-se que os indicadores financeiros obtiveram valores muito inferiores ao desejado, mostrando desta forma a dependência do projeto quanto à comercialização de biofertilizante. Com isso, concluiu-se que o projeto inicial é economicamente viável possibilitando economia com o consumo de energia elétrica e beneficiando o meio ambiente ao contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Análise Econômica. Biodigestores. Biofertilizante. Biogás. Geração Distribuída.



## ABSTRACT

Related to search by using renewable energy research is deserving more and more attention, for improvements that enable solutions to problems generated by the modern world. Such problems are related to the energy crisis and the increase in pollution due to emission of harmful gases to the natural cycle of the planet. Among the latter methane gas generated in cattle. This study aims to develop an economic feasibility analysis of biogas use for electricity generation by power compensation system (Normative Resolution No. 482/2012) and the marketing of bio-fertilizer for agricultural purposes; from the use of cattle manure on a private estate in the city of Abaetetuba, Pará State. To this end an exploratory research was developed and its specific objectives consisted in characterizing a unit generating biogas base, carrying out the survey costs related to the implementation, maintenance and operation as well as the possibilities of revenue for the applicable indicators (VPL, TIR and Payback) financial analysis with the help of Excel software. As a result, it was observed that the model has favorable conditions, since the indicators were positive and degree of attraction greater than the minimum rate proposal for analysis. Through sensitivity analyzes, it was observed that even with a critical stage, with the drop in revenue, the project behaved within acceptable limits. However, when you perform a scenario analysis to produce electricity only, it was noted that the financial indicators achieved much lower than the desired values, thus showing the dependence of the project on the commercialization of bio-fertilizer. Thus, it was concluded that the initial project is economically viable enabling the economy to the consumption of electric energy and benefiting the environment by contributing to the reduction of greenhouse gases.

**Keywords:** Economic Analysis. Biodigesters. Biofertilizers. Biogas. Distributed generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Utilização de biodigestor .....	24
Figura 2 - Biodigestor Modelo Canadense .....	26
Figura 3 - Esquema de funcionamento do Modelo Canadense .....	26
Figura 4 - Representação tridimensional em corte do biodigestor chinês .....	27
Figura 5 - Biodigestor Chinês.....	28
Figura 6 - Representação tridimensional em corte do biodigestor indiano .....	29
Figura 7 - Modelo de biodigestor indiano .....	30
Figura 8 - Porcentagem de metano e gás carbônico do biogás.....	33
Figura 9 - Sistema de compensação de energia elétrica .....	39
Figura 10 - Estrutura analítica do projeto .....	47
Figura 11 - Gráfico da análise de sensibilidade do projeto .....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efetivo do rebanho bovino nacional (2012).....	16
Tabela 2 - Efetivo do rebanho bovino no Estado do Pará (2013).....	18
Tabela 3 - Comparação entre os principais tipos de biodigestores.....	31
Tabela 4 - Composição do biogás.....	33
Tabela 5 - Comparativo de produção entre espécies diferentes .....	35
Tabela 6 - Equivalência energética.....	36
Tabela 7 – Estimativo da produção de biogás para a fazenda “Boi Vivo”.....	48
Tabela 8 - Produção de energia elétrica a partir do biogás.....	49
Tabela 9 - Demanda por energia elétrica.....	50
Tabela 10 - Custos de instalação do sistema .....	51
Tabela 11 - Custos com operação do sistema.....	52
Tabela 12 - Custos com manutenção do sistema.....	52
Tabela 13 - Depreciação de componentes do sistema .....	53
Tabela 14 - Investimentos, entradas e saídas anual para o projeto.....	55
Tabela 15 - Fluxo de caixa do projeto do 1° ao 5° ano .....	56
Tabela 16 - Fluxo de caixa do projeto do 6° ao 10° ano .....	56
Tabela 17 - Fluxo de caixa do projeto do 11° ao 15° ano .....	56
Tabela 18 - Análise de sensibilidade para o projeto utilizando a receita como variável.....	58
Tabela 19 - Cenários com variação de receita e tempo de vida do projeto .....	59
Tabela 20 - Cenário para produção de energia elétrica .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CH<sub>4</sub> - gás metano  
CO<sub>2</sub> - dióxido de carbônico  
EAP - Estrutura Analítica do Projeto  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
GD - Geração Distribuída  
GEE – Gases de Efeito Estufa  
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo  
H.D – Homem vezes Dia  
H<sub>2</sub>S - Gás Sulfídrico  
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Análise Estatística  
K - Potássio  
Kw - Quilowatts  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
M.D.O – Mão de Obra  
MS - Matéria Seca  
N - Nitrogênio  
P - Fósforo  
PB - Payback  
PROESCO - Programa de Eficiência Energética  
ST - sólidos totais  
SV - Sólidos Voláteis  
TIR - Taxa Interna de Retorno  
TJLP - Taxa de Juros a Longo Prazo  
TMA - Taxa de Mínima de Atratividade  
TRH - Tempo de Retenção Hidráulica  
U.C - Unidades Consumidoras  
VPL - Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA .....	14
1.2. OBJETIVO GERAL .....	15
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1. PECUÁRIA .....	16
2.2. SISTEMAS DE CONFINAMENTO BOVINOS .....	18
2.3. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	19
2.4. BIOMASSA .....	20
2.5. BIODIGESTORES .....	22
2.5.1. Histórico .....	22
2.5.2. Definição de Biodigestor .....	23
2.5.3. Tipos de biodigestores .....	25
2.5.3.1. Modelo Canadense .....	25
2.5.3.2. Modelo Chinês .....	27
2.5.3.3. Modelo Indiano .....	28
2.5.4. Produção e utilização de Biogás .....	32
2.5.5. Produção e utilização de Biofertilizantes .....	36
2.5.6. Financiamentos para implantação de biodigestores .....	37
2.6. SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	38
2.7. INDICADORES PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS .....	40
2.7.1. Valor Presente Líquido (VPL) .....	40
2.7.2. Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	41
2.7.3. Método do Payback (PB) .....	42
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
3.1. ESTUDO DE CASO .....	44
3.2. ESCOPO DO PROJETO .....	45
3.3. FONTES DE DADOS PRIMÁRIOS .....	47
3.3.1. Caracterização do sistema .....	47
3.3.2. Levantamento de custos .....	50
3.3.3. Levantamento de receitas .....	53
3.4. ANÁLISE ECONÔMICA .....	54
3.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	57
3.6. ANÁLISE DE CENÁRIOS .....	59

<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

O homem, com o auxílio das tecnologias, sempre procurou várias formas de aumentar sua qualidade de vida através da modificação do meio em que vive. A dependência por combustíveis fósseis para produção de energia, por exemplo, vem acompanhando durante décadas. Segundo Lindemeyer (2008), o crescimento da demanda por este tipo de combustível irá superar as possibilidades de oferta, o que ocasionará perspectivas de crise nas próximas décadas na economia mundial, ocasionado a elevação das fontes convencionais de energia.

No Brasil, a crise do petróleo na década de 70 despertou o interesse pela busca de alternativas energéticas inesgotáveis (SANTOS e NARDI JR, 2013). Nos anos 80 com grande apoio dos Ministérios da Agricultura e Minas e Energia, cerca de 8.000 unidades de biodigestores foram construídas (LINDEMEYER, 2008). Este tipo de tecnologia, por meio de um tratamento anaeróbio, acelera a decomposição da matéria orgânica em busca da utilização do gás que é gerado nesse processo para a aplicação em várias atividades, inclusive a geração de energia elétrica.

As mudanças climáticas resultantes da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) são focos de discussão da comunidade mundial. Uma evidência disso, foi a 3ª Conferência das Partes, realizada entre 1 e 12 de dezembro de 1997, na cidade de Quioto – Japão, reuniu 160 países para delimitação de metas e prazos para redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa (LINDEMEYER, 2008).

Os resultados da emissão de GEE causam alterações nas características físico-químicas da atmosfera, acarretando efeitos contrários ao equilíbrio natural da Terra e a qualidade de vida no Planeta (SANTOS e NARDI JR, 2013).

Outra questão preocupante à sociedade atual está relacionada ao manejo de resíduos e a sua disposição final ambientalmente adequada. Entre estes, os resíduos gerados por animais em propriedades rurais, que podem causar efeitos negativos ao meio ambiente com a contaminação do solo, lagoas e rios, a infiltração de águas residuárias no lençol freático, e a emissão de gases de mal odorante; são alguns desses problemas (DOTTO e WOLFF, 2012), (MONTORO *et al*, 2012).

Ainda segundo os autores, diante desses problemas, a biodigestão anaeróbica de resíduos orgânicos é uma técnica que pode ser utilizada com intuito de reciclar a matéria orgânica desintegrando-a em compostos mais simples para obtenção de produtos como o

biogás e o biofertilizante que podem ser utilizados na cadeia agropecuária ou mesmo na autossuficiência de uma propriedade rural por meio de sistemas de produção de energia elétrica com a implantação de biodigestores e o aproveitamento do efluente residual como fertilizantes agrícolas.

Considerando as questões apresentadas, o presente trabalho pretende contribuir para a proposição de uma alternativa viável para a redução dos efeitos causados pelo depósito de material orgânico de uma empresa rural, ao mesmo tempo que contribui para a redução de seus custos de utilização de energia.

## **1.2. OBJETIVO GERAL**

Analisar a viabilidade econômica preliminar para a implantação de um sistema de produção de energia elétrica e biofertilizante por intermédio da utilização de biodigestor para uma empresa rural de criação de bovinos em confinamento.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os parâmetros técnicos e financeiros que compõe a estrutura do biodigestor em um sistema de confinamento bovino;
- Avaliar estrutura de custos de implantação, manutenção e operação de unidade geradora de energia a partir do biogás.
- Ponderar o retorno econômico-financeiro das alternativas disponíveis para os produtos e subprodutos oriundos da unidade de biogás;
- Realizar análise de sensibilidade nas variáveis do modelo financeiro para garantir ou descartar a viabilidade do investimento em situação de incerteza.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são abordados assuntos relacionados com o tema em estudo, para melhor entendimento e conhecimento do leitor através de citações e referências bibliográficas que darão embasamento teórico e respaldo à pesquisa.

### 2.1. PECUÁRIA

No Brasil, a atividade agropecuária tem uma parcela importante na economia do país, sendo bastante relevante na composição do Produto Interno Bruto (PIB). Segundo o IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Análise Estatística (IBGE, 2015), o país vem mantendo e desenvolvendo significativos avanços na bovinocultura, partindo de 207.157 milhões de cabeças no ano de 2005 para 211.764 milhões no ano de 2013. A região Centro-Oeste possui a maior parcela desse total, cerca de 72,385 milhões no ano de 2012, conforme a tabela a seguir:

Tabela 1 - Efetivo do rebanho bovino nacional (2012)

<i>“ranking”</i>	Brasil e Grande Região	Cabeças
	Brasil	211.279.082
1	Centro-Oeste	72.385.029
2	Norte	43.815.346
3	Sudeste	39.206.257
4	Nordeste	28.244.899
5	Sul	27.627.551

Fonte: Adaptado de IBGE (2015)

De acordo com a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB), o panorama do efetivo da bovinocultura de corte, em termos de quantidade efetiva por região, vem mudando devido a fatores ligados a boa rentabilidade no cultivo de produtos agrícolas como o milho, a soja e a cana-de-açúcar em regiões nobres do país como o Centro-oeste, Sul e Sudeste. Aliado a isso, os altos custos da produção pecuária nessas regiões impulsionaram os produtores a mudar de atividade, transformando suas áreas de pastagens em lavouras e interrompendo o ciclo de reprodução bovina. Diante desse cenário, muitos pecuaristas mudaram seus investimentos no setor pecuarista para a região Norte, atraídos pelas boas condições de criação de bovinos, o baixo preço das terras, incentivo do governo local e o acesso facilitado a linhas de crédito.

No Estado do Pará, a primeira introdução de bovinos ocorreu no ano 1644, oriundos das ilhas de Cabo verde, afirma a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA,

2015). A produção pecuária no Estado do Pará encontra-se em evidência no cenário econômico do Estado. No ano de 2012 o mesmo alcançou 18.605.051 cabeças, obtendo assim o 5º lugar no *ranking* nacional, com a participação em 8,8% da produção geral do país, segundo o relatório de atividades de 2013 da Federação da Agricultura e Pecuária do Pará (FAEPA, 2015). Uma atividade crescente no Estado é a exportação de bovinos vivos para países da América do Sul, Oriente Médio e Europa.

Segundo o levantamento de efetivo bovino no Pará, realizado pelo IBGE no ano de 2013, São Félix do Xingu é município que possui o maior rebanho de bovinos do Estado, seguido pelos municípios de Altamira e Redenção. Na tabela a seguir é possível visualizar algumas regiões que compõem o potencial pecuário do Estado.

Tabela 2 - Efetivo do rebanho bovino no Estado do Pará (2013)

"ranking"	Microrregião Geográfica	Cabeças
1	São Felix do Xingu	3.766.176
2	Altamira	2.396.218
3	Redenção	2.009.101
4	Tucuruí	1.647.717
5	Conceição do Araguaia	1.637.882
6	Parauapebas	1.355.582
7	Paragominas	1.341.230
8	Itaituba	1.286.411
9	Marabá	995.500
10	Santarém	803.525
11	Guamá	756.472
12	Óbidos	357.458
13	Arari	232.256
14	Gragantina	169.346
15	Tomé-Açu	164.238
16	Castanhal	77.073
17	Cametá	72.263
18	Almerim	45.590
19	Salgado	23.836
20	Portel	14.044
21	Belém	7.497
22	Furos de Breves	5.613

Fonte: Adaptado de IBGE (2015)

## 2.2. SISTEMAS DE CONFINAMENTO BOVINOS

Segundo a EMBRAPA (2015), o sistema de “confinamento” bovino caracteriza-se pelo encerramento de animais em piquetes ou currais com área restrita, onde alimentos e água necessários são fornecidos em cochos. As dietas para bovinos confinados incluem alimentos volumosos, concentrados e suplementos. Os alimentos volumosos possuem teor de fibra bruta superior a 18% na matéria seca (capins verdes, silagens, fenos, palhadas *etc.*). Por outro lado, os alimentos concentrados são aqueles que possuem menos de 18% de fibra bruta da matéria seca, estes são classificados como proteicos (torta de algodão e de soja) ou energéticos (milho, trigoilho, farelo de arroz).

No Brasil, o confinamento é conduzido principalmente em época seca do ano, ou seja, em período de entressafra da produção de carne. Outro fator motivador e relevante para a atividade de confinamento está ligado ao preparo dos animais por meio de um trato específico

e intensivo na busca de ganho de peso em curto período de tempo. Os custos desta atividade são altos, quando comparados à produção a pastos, o que necessita a aplicação de tecnologias que proporcionem a redução dos custos de produção para que haja viabilidade do sistema (MONTORO *et al*, 2012).

Para Manso e Ferreira (2015), de acordo com os conceitos de poluição, a atividade de confinamento bovino é uma atividade potencialmente impactante, em virtude dos resíduos orgânicos gerados por esta atividade. Segundo Peixoto (1986 *apud* MANSO, FERREIRA, 2015), a possibilidade de contaminação de lagos e rios pelos dejetos, a contaminação do lençol freático, a proliferação de moscas e gases nocivos ao meio ambiente, são exemplos de poluição ambiental provocada pelos diversos sistemas de confinamento.

Definem-se como dejetos o conjunto de fezes, urina, água desperdiçadas em bebedouros, água de higienização e resíduos de ração, resultantes do processo de criação (MANSO, FERREIRA, 2015).

Por outro lado, as significativas quantidades de matéria orgânica e nutrientes presentes nos dejetos dos bovinos apresentam um grande de utilização como substrato para os processos biológicos de reciclagem (JUNQUEIRA, 2011).

### **2.3. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

O agravante de problemas relacionados às mudanças climáticas é um assunto que vem tomando repercussões significativas a nível global, em decorrência aos grandes desastres que trazem consigo uma série de problemas causados a princípio pelo impacto gerado do próprio homem à natureza.

Neste cenário, a sociedade organiza-se de várias formas em busca da redução de emissões de gases poluentes, a adequações ao descarte de resíduos sólidos, entre outros. A adoção da sociedade a normas que visam estabelecer limites à poluição, incentivo a reciclagem através do emprego da engenharia reversa, por exemplo, são algumas alternativas em busca de melhorias para equilíbrio natural.

Visando estabelecer condições para tratar sobre o assunto, o Brasil, entre outras ações tomadas, instituiu em 2010, na forma de lei, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da Lei Nº 12.305 de 02 de agosto do mesmo ano. Tal lei reúne um conjunto de objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações, visando uma Gestão Integrada e o Gerenciamento Ambiental Adequado dos Resíduos Sólidos, isoladamente ou em regime de cooperação entre Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares. Entre os objetivos

almeçados com esta lei, destacam-se a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Os resíduos sólidos de que trata a Lei Nº 12.305, o Art. 13, classifica-os quanto a origem em:

- a) Resíduos domiciliares;
- b) Resíduos de limpeza urbana;
- c) Resíduos sólidos urbanos;
- d) Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços;
- e) Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;
- f) Resíduos industriais;
- g) Resíduos de serviços de saúde;
- h) Resíduos da construção civil;
- i) Resíduos agrossilvopastoris;
- j) Resíduos de serviços de transportes, e
- k) Resíduos de mineração.

Dentre os tipos de resíduos sólidos classificados anteriormente, este trabalho abordará a implantação de tecnologias que possibilitem reduções de impactos ambientais com o tratamento de resíduos agrossilvopastoris, em particular, os dejetos de bovinos. Iniciativas desse gênero visam colaborar para o cumprimento dos princípios e objetivos da lei em questão.

#### **2.4. BIOMASSA**

Para Catapan et al (2012), biomassa é a matéria orgânica, morta ou viva, presente nos organismos de uma determinada comunidade. Do ponto de vista energético, biomassa é o nome dado à matéria orgânica que pode ser utilizada para geração de energia, abrangendo tanto os biocombustíveis, etanol e o biodiesel, como a bioenergia proveniente de resíduos orgânicos (LINDEMEYER, 2008). Pode-se obtê-la da forma natural, ou seja, produzida pela natureza sem a intervenção do homem, através do processo de fotossíntese; através da forma residual gerada pelos processos de produção humana, oriundos dos setores industriais, urbanos e agrícolas; e ainda por meio do cultivo de plantações, como a cana-de-açúcar, com objetivo de produzi-la para posterior utilização na transformação de biocombustíveis.

O aproveitamento da biomassa é de suma importância para a redução dos impactos socioambientais em seu processo de produção. O aumento de sua utilização pode estar relacionado à diminuição da necessidade de utilização de combustíveis fósseis, como o petróleo e seus derivados, que além de serem fontes de energia não renováveis, podem causar danos ao meio ambiente, afirma o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2015). A biomassa é considerada uma das maiores fontes de produção de energia do mundo, com perspectivas de grandes crescimentos nos próximos anos, colaborando assim para diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência de combustíveis fósseis (ANEEL, 2015).

A projeção para maior participação da biomassa na geração de energia no futuro pode ser explicada não só a partir da possibilidade de substituição dos atuais combustíveis fósseis pelos biocombustíveis, como também, pela utilização de dejetos animais, aterros sanitários, sobras de processos industriais para a produção de gás e energia elétrica. Além disso, o intenso crescimento populacional, a urbanização e a busca pela melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento, demandam um ritmo acelerado na produção de energia. No Brasil, no ano de 2007, a biomassa apresentou participação significativa na produção de energia, sendo considerada a segunda principal fonte de energia, superada apenas pelo petróleo e seus derivados (ANEEL, 2015).

Uma vez que o objeto de estudo deste trabalho empenha-se a analisar a viabilidade de implantação de biodigestores que utilizam como matéria prima a biomassa de dejetos bovinos, estas serão consideradas a matéria prima a ser utilizada pelos equipamentos de biodigestão ao longo desta pesquisa. Entretanto, comparações com outros tipos de biomassa serão realizadas para maior entendimento dos objetivos da pesquisa.

No meio rural, o aproveitamento da biomassa gerada por dejetos bovinos por meio da biodigestão anaeróbia para fins energéticos, agrega as propriedades benéficas ambientais com a diminuição do potencial poluidor dos resíduos; e econômicas com a possibilidade da utilização do material proveniente da decomposição da biomassa na formação do biogás para produção de energia elétrica e utilização doméstica em substituição ao GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), são alguns dos benefícios. O processo de fermentação anaeróbia é comumente encontrado na natureza, porém, pode ser acelerado com a utilização de grande quantidade de dejetos e controlado com o auxílio de biodigestores (DOTTO; WOLFF, 2012). Suas funcionalidades serão mais bem detalhadas nos próximos tópicos deste trabalho.

## 2.5. BIODIGESTORES

No meio rural, o aproveitamento da biomassa gerada por dejetos bovinos por meio da biodigestão anaeróbia para fins energéticos, agrega as propriedades benéficas ambientais com a diminuição do potencial poluidor dos resíduos; e econômicas com a possibilidade da utilização do gás, proveniente da decomposição da biomassa, para produção de energia elétrica e gás para utilização doméstica. Esses produtos são provenientes da implantação de unidades de tratamento da biomassa por meio de biodigestores. O fato do Brasil ser um país com clima tropical se torna favorável a ciclos biológicos que garantem a degradação anaeróbia, gerando possibilidade no aumento do potencial de tecnologias como biodigestores (SANTOS e NARDI JR, 2013). Mais à frente serão apresentadas as características e as funcionalidades dos principais modelos de biodigestores.

### 2.5.1. Histórico

A produção de gás orgânico a partir de resíduos orgânicos é uma técnica conhecida há muito tempo. No ano de 1776 houve a descoberta da incorporação do gás metano ao chamado “gás dos pântanos” pelo pesquisador italiano Alessandro Volta (GASPAR, 2003). A Índia foi pioneira ao instalar em 1908 a primeira unidade de biodigestor para produção de biogás, motivados pela sua insuficiência de combustíveis fósseis e pela busca de soluções para alimentar as imensas populações marginalizadas pelos sistemas de castas (LINDEMEYER, 2008).

A utilização do biogás como fonte de energia motivou a China a adotar essa tecnologia a partir de 1958. Até o ano de 1972 a China já havia instalado 7,2 milhões de biodigestores. O interesse da China pela utilização de biodigestores foi, inicialmente, por questões militares. Em meio a sua preocupação, no auge da Guerra Fria, a mesma temia que um possível ataque nuclear pudesse abalar sua produção de energia, e como consequência as atividades econômicas. Logo, decidiu descentralizar sua produção energética para que algumas unidades pudessem escapar dos ataques inimigos, afirma Gaspar (2003).

No Brasil, a propagação dessa tecnologia foi notória a partir do ano de 1979, devido as consequências negativas com a valorização do petróleo e seus derivados. Isso fez com que o governo procurasse formas de incentivar a produção de energia por meios alternativos, através do lançamento de um programa de investimento focado a conservação e substituição dos derivados do petróleo. No período entre 1980 e 1984 o governo utilizou diversas

maneiras para estimular a instalação de biodigestores através de financiamentos e até doações de recursos para projetos dessa natureza (BONFANTE, 2010).

Uma série de dificuldades de ordem técnica e financeira como a falta de treinamento dos proprietários dos biodigestores sobre o seu sistema de funcionamento; a baixa qualidade dos materiais utilizados para a construção dos biodigestores; a ausência de equipamentos adequados para o uso do biogás; a ausência de subsídios em decorrência do corte de verbas que dariam continuidade ao programa foram responsáveis pelo fracasso do mesmo. Além disso, a oferta de energia elétrica rural e o comprometimento da viabilidade econômica devido a finalidade dada ao biogás apenas para aquecer animais jovens, chocar ovos, realizar iluminação de galpões e os altos custos logísticos e de processo industrial para o acondicionamento do biogás com finalidade de uso em transportes não tinham um retorno economicamente viável para a época (LINDEMAYER, 2008), (BONFANTE, 2010).

Ainda de acordo com Lindemeyer (2008), o Brasil está recobrando o interesse pelos biodigestores devido ao agravamento ambiental no espaço rural, o crescimento da demanda por energia e as discussões a cerca da sustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento do país. Aliado a isso, a difusão do biodigestor é reconhecida por vários especialistas como uma das principais ações a serem tomadas para amenizar os danos causados pelos dejetos.

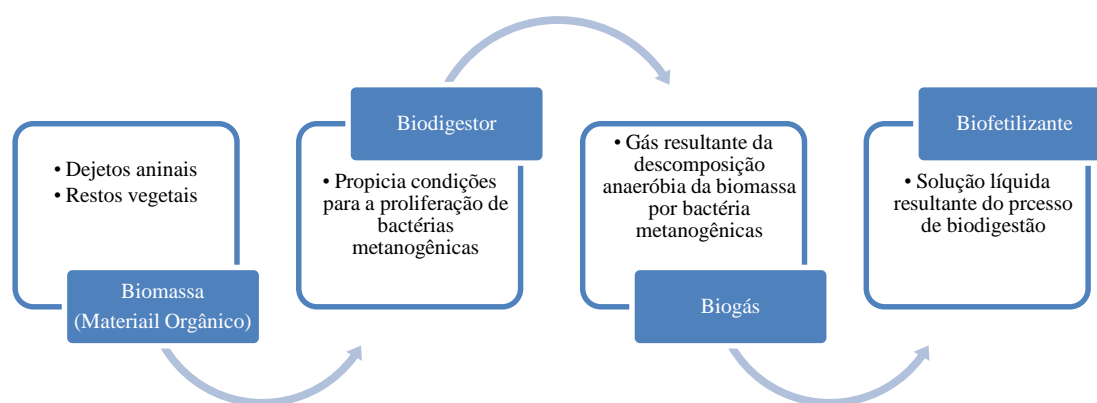
### 2.5.2. Definição de Biodigestor

Segundo Bonfante (2010), o biodigestor é uma câmara hermeticamente fechada construída de modo a realizar, por meio da fermentação, a degradação da biomassa residual através da digestão por bactérias anaeróbias que se desenvolvem em áreas com baixa concentração ou ausência total de oxigênio. Essas bactérias são altamente consumidoras e passam a predominar no meio e, por isso, provocam a aceleração na degradação da matéria (SANTOS e NARDI JR, 2013).

O processo de digestão que ocorre nos biodigestores compreende a transformação de compostos orgânicos complexos em outras substâncias mais simples, que, metabolizadas, resultam em uma mistura de gases que inclui o gás metano, o gás carbônico, a amônia, o gás sulfídrico e uma série de compostos reduzidos. A técnica da digestão anaeróbia pode ser utilizada para resíduos, tanto sólidos quanto líquidos, constituindo forma eficiente de tratamento, por trabalhar quantidades consideráveis de matéria orgânica, e produzir, como resultado, o biogás e o biofertilizante, ambos com várias aplicações (WALKER, 2009, p. 50).

A função do biodigestor é fornecer condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metanogênicas, realize a degradação do material orgânico, tendo como consequência a liberação do gás metano, também conhecido como biogás (GASPAR, 2003), (DOTTO, WOLFF, 2012). Além disso, o biodigestor gera uma carga de efluentes ao final do processo de biodigestão, estes por sua vez são conhecidos como biofertilizantes. A Figura 1 ilustra esse processo.

Figura 1 - Utilização de biodigestor



Fonte: Elaborado pelo autor

Os autores Dotto e Wolff (2012), dizem que existem vários tipos de biodigestores, porém, todos são compostos basicamente por um recipiente responsável por abrigar e permitir a digestão anaeróbia da biomassa (tanque), e o gasômetro para realizar a armazenagem do biogás gerado (campânula). Além disso, podem ser classificados como contínuo (que realizam abastecimento diário da biomassa) e intermitente (que utilizam a capacidade máxima de armazenamento de biomassa do biodigestor, retendo-a até a completa digestão, após isso, retiram-se os restos da digestão para que se possa realizar uma nova recarga).

O modelo contínuo utiliza a gravidade para alimentação e retirada de material orgânico, este termo “contínuo” não impõe uma alimentação constante, mas sim em intervalos regulares, é o mais difundido e se adapta à maioria das biomassas. Já o sistema intermitente é indicado para biomassa de decomposição lenta e de longo período de produção (LINDEMEYER, 2008).

Dois fatores muito importantes no funcionamento dos biodigestores estão atrelados à temperatura e ao período de fermentação. Segundo a EMBRAPA, é importante que a temperatura seja mantida a cerca de 35° C para que as bactérias, que realizam o processo de

biodigestão, tenham melhores condições de atuação sob o material orgânico. Se a temperatura baixar ou oscilar demasiadamente, a produção de biogás diminuirá de forma considerável, sendo que em casos no qual a temperatura encontre-se menor que 15°C a produção de biogás é interrompida. O período de fermentação é o tempo que as bactérias utilizam para a decomposição dos restos orgânicos, sendo a temperatura uma importante condição no ciclo de produção do biogás. Quanto mais elevada for à temperatura mais curto será o ciclo de produção, com isso, menor poderá ser o biodigestor, sendo que a quantidade máxima do potencial de biogás será alcançada em temperaturas entre 35 à 45°C (EMBRAPA, 2015).

Segundo os autores Walker (2009) e Montoro *et al* (2008), as vantagens oriundas da utilização de biodigestores, incluem-se, entre outras:

- a) Redução da quantidade de material residual acumulado sem destino final planejado;
- b) Transformação ou reaproveitamento da matéria orgânica sem poluir o ar;
- c) Adequada eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes;
- d) Não há consumo de energia elétrica, pois dispensa o uso de bombas;
- e) Baixo custo de implantação e de operação;
- f) Produção de metano, gás de alto teor calórico;
- g) Produção de biofertilizantes.

Entre os modelos de biodigestores mais utilizados destacam-se: o modelo canadense ou da marinha, o modelo chinês e o modelo indiano. A seguir, estes modelos e suas funcionalidades serão apresentadas.

### 2.5.3. Tipos de biodigestores

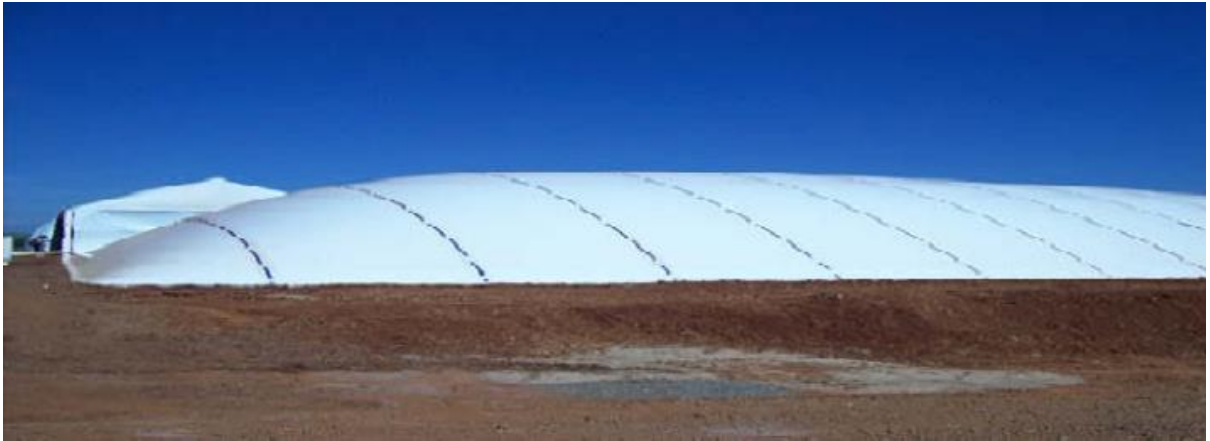
Existem vários modelos de biodigestores, entretanto, não existe um tipo ideal para cada situação. A simplicidade na construção e operação são fatores de grande relevância que proporcionam baixo custo e uma boa eficiência (LINDEMEYER, 2008). Os modelos canadense, indiano e chinês são os mais conhecidos e utilizados.

#### 2.5.3.1. Modelo Canadense

Este modelo de biodigestor, conhecido também como Modelo da Marinha (Figura 2), é um modelo do tipo horizontal, ao contrário dos modelos indiano e chinês que são verticais, por possuir largura maior que a sua profundidade. Em virtude disso, uma maior área ficará

exposta ao sol, o que possibilitará maior produção de biogás (BONFANTE, 2010), (LINDEMEYER, 2008), (WALKER, 2009), (MONTORO *et al*, 2012).

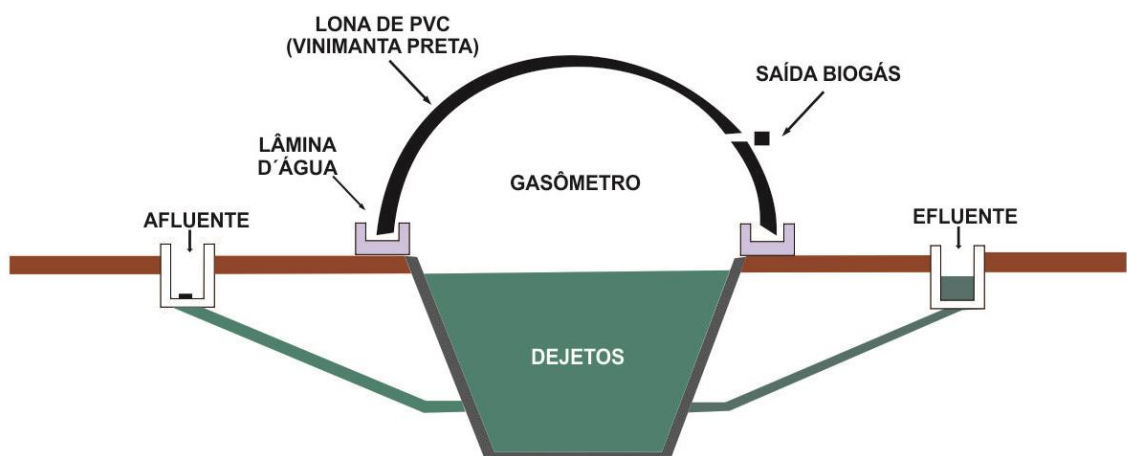
Figura 2 - Biodigestor Modelo Canadense



Fonte: Lindemeyer (2008)

A estrutura desse modelo possui uma câmara de digestão (parte inferior), responsável por abrigar os dejetos; acoplada a um gasômetro (parte superior), constituída por uma manta plástica maleável, tipo PVC, que infla de acordo com a produção de gás, como um balão (Figura 3). O custo médio de implantação do modelo canadense é de aproximadamente R\$ 150,00 por  $m^3$  de câmara de digestão (BONFANTE, 2010).

Figura 3 - Esquema de funcionamento do Modelo Canadense

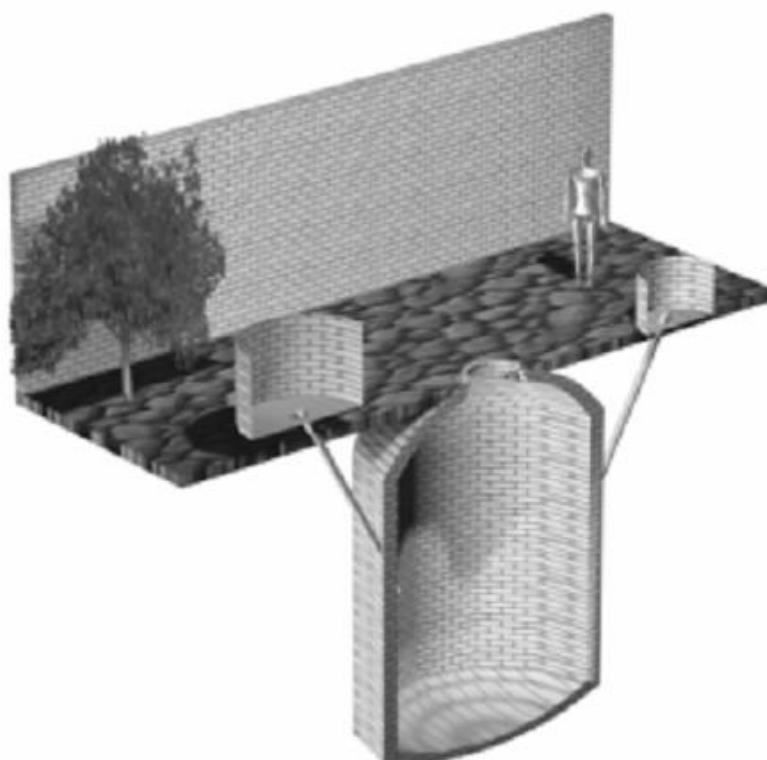


Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2015)

### 2.5.3.2. Modelo Chinês

Ao contrário do sistema canadense, esse é um modelo de produção de biogás vertical que possui cúpula fixa e calotas superior e inferior que são construídas em alvenaria ou em concreto. É arquitetado abaixo do nível do solo para ocupar menos espaço (WALKER, 2009), (LINDEMEYER, 2008). Gaspar (2003) relata que algumas críticas são feitas a este modelo de biodigestor, que necessita de uma técnica necessária para a sua construção, devido ser um trabalho em alvenaria que requer um profissional de primeira linha, pois os tijolos usados na construção da câmara onde a biomassa é digerida precisam ser assentados a partir de uma técnica que utilize o próprio peso do tijolo para mantê-lo na posição correta até que a argamassa seque. Os revestimentos das paredes internas e externas do biodigestor precisam receber atenção especial quanto à uma boa camada de impermeabilizante que impedirá possíveis trincas e rachaduras, infiltrações de água, sejam da chuva ou de algum lençol freático próximo a instalação. A Figura 4 mostra uma noção tridimensional da estrutura de construção desse modelo.

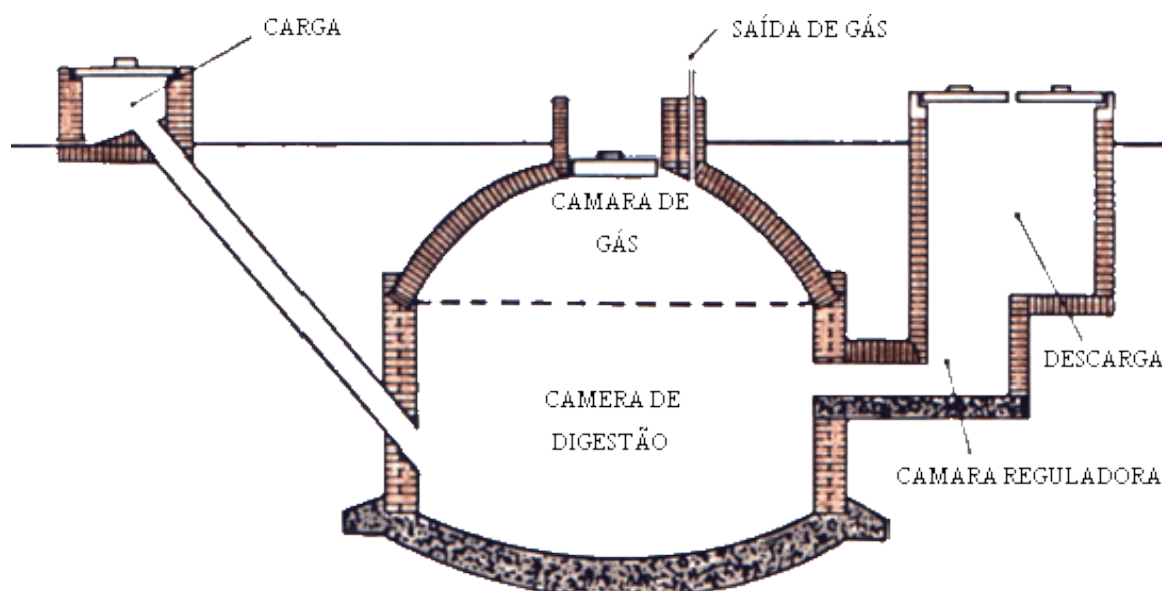
Figura 4 - Representação tridimensional em corte do biodigestor chinês



Fonte: Deganutti (2015)

O fato desse tipo de biodigestor ser construído enterrado torna-o mais protegido contra variações climáticas da superfície, principalmente em regiões que apresentam temperaturas baixas no período de inverno. Este modelo foi desenvolvido para ser usado em pequenas propriedades rurais (WALKER, 2009). Uma outra característica desse modelo, é que o mesmo não possui partes móveis e metálicas, que podem ser oxidadas, o que torna-o mais durável e conseqüentemente seus custos de implantação e manutenção são atrativos (LINDEMEYER, 2008). Porém, o fato de não possuir nenhuma parte móvel é considerado como uma característica negativa, quando não se dispõe de mecanismos e técnicas de constante regulação para o controle de pressão da câmara de gás.

Figura 5 - Biodigestor Chinês



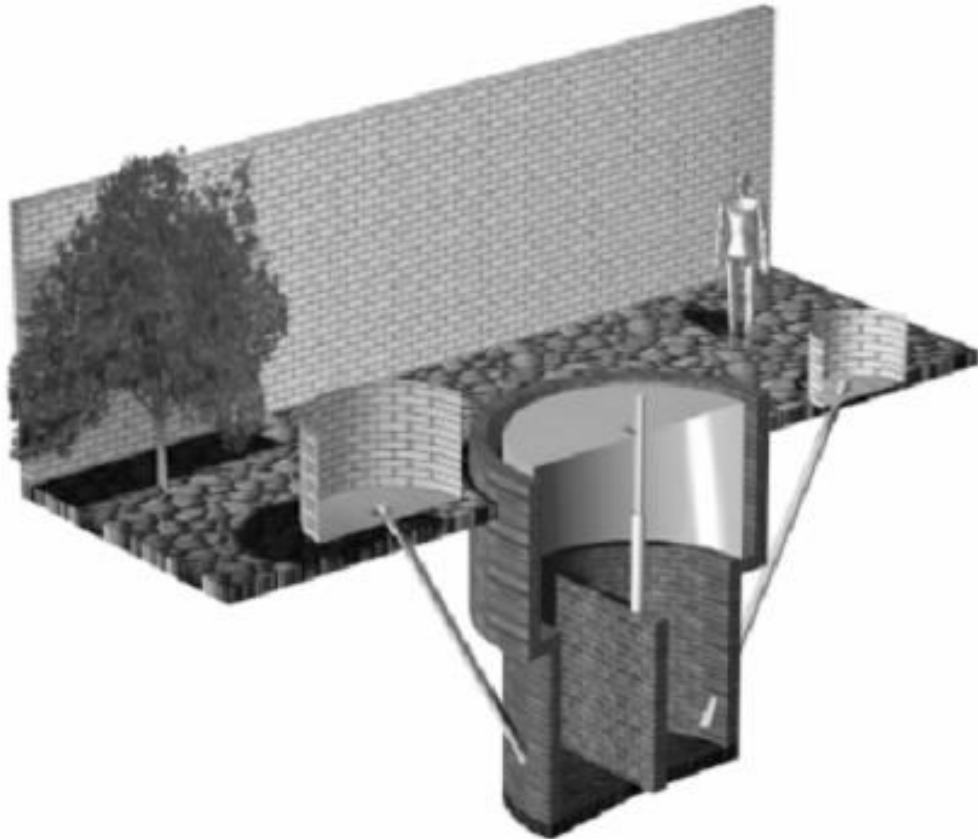
Fonte: Adaptado de Nogueira (1986 apud LIMDEMEYER, 2008)

### 2.5.3.3. Modelo Indiano

Este modelo de biodigestor é caracterizado por possuir uma campânula flutuante de metal que permite a manutenção da pressão estável de saída do biogás, dispensando assim a regulação constante nos aparelhos de medição. A campânula, feita geralmente de ferro é a parte mais cara e responsável pelo alto custo de implantação e manutenção, pois, o processo de biodigestão acelera ainda mais sua corrosão, o que acarreta também no aumento de manutenções periódicas com pinturas, impactando diretamente no encurtamento do tempo de vida útil da campânula, em torno de cinco anos (LINDEMEYER, 2008). Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, entretanto, o gasômetro metálico pode encarecer

o custo final. Na Figura 6, pode-se ter uma noção tridimensional da estrutura de construção do modelo indiano, que assim como o modelo chinês, possui maior parte de sua estrutura sob a terra, câmara de digestão, câmara de gás, e as caixas de carga e descarga, conforme a figura abaixo.

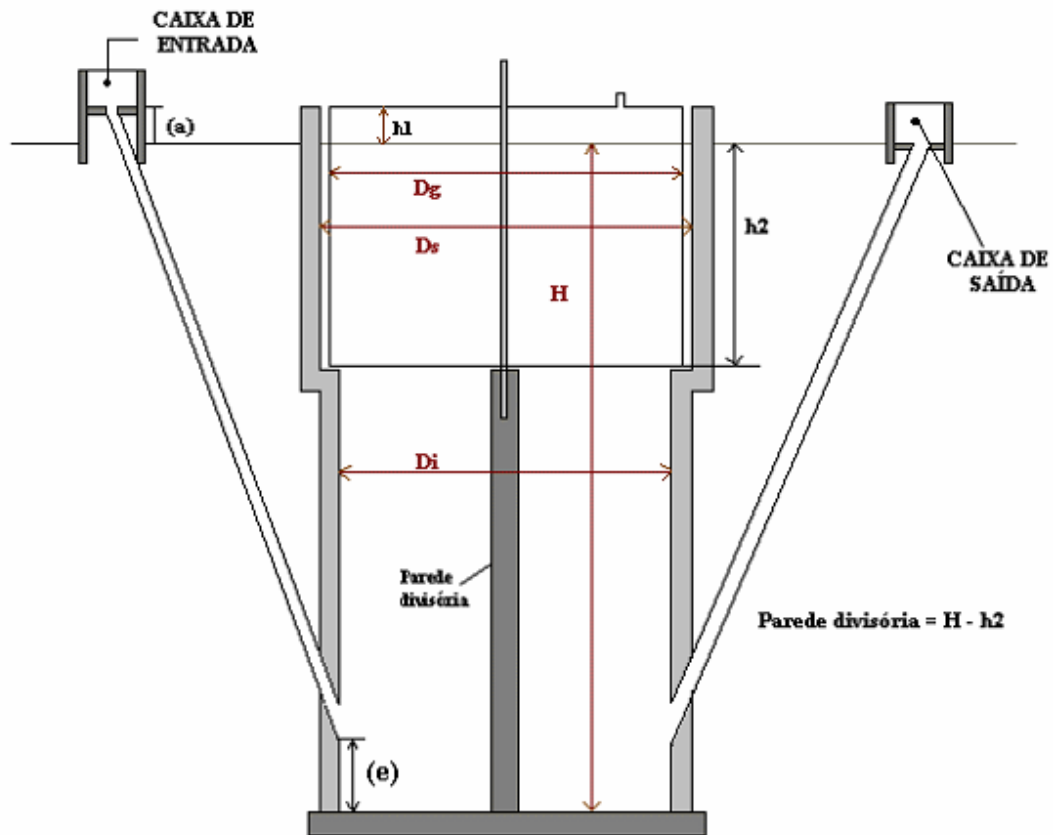
Figura 6 - Representação tridimensional em corte do biodigestor indiano



Fonte: Deganutti (2015)

Deganutti (2015) enfatiza que a estrutura deste aparelho possui uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras, sua função é de fazer com que o material orgânico circule por todo o interior da câmara de fermentação, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Modelo de biodigestor indiano



Fonte: Deganutti (2015)

Ainda segundo este autor, o modelo indiano possui pressão de operação constante, pois, a medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro desloca-se aumentando seu volume e mantendo a pressão constante no interior do biodigestor. Para que isso ocorra de forma natural, o resíduo a ser utilizado na alimentação do biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, facilitando assim a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação, diminuindo a possibilidade de entupimentos dos canos de entrada e saída do material.

Apresentado as características dos principais biodigestores, faz-se necessário um resumo comparativo entre vantagens e desvantagens existentes entre os modelos, essas características poderão ser utilizada na escolha do modelo e o seu tamanho, levando em consideração variáveis como a condições locais dos solos, capitais e custos de manutenção, eficiência e outros, a Tabela 3 realiza esse processo.

Tabela 3 - Comparação entre os principais tipos de biodigestores

BIODIGETORES	VANTAGENS	DESVANTAGENS
CANADENSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A sua área sujeita à exposição solar é maior, facilitando com isto uma maior produção de gás nos dias quentes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neste modelo, como no indiano, temos o custo da cúpula.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sua construção não exige restrições a tipo de solo, pois além de não exigir solos profundos porque sua maior extensão é horizontal;</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A limpeza do digestor é mais fácil porque a cúpula sendo de lona de PVC é mais fácil de ser retirada.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A comunicação da caixa de carga para o digestor, feita de alvenaria, é mais larga, evitando com isso entupimento e facilitando a manutenção.</li> </ul>	
CHINÊS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este modelo tem um custo mais barato em relação aos outros, pois a cúpula é feita alvenaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O sistema de comunicação entre a caixa de carga e o digestor sendo feito através de tubos, está sujeito a entupimentos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O biodigestor chinês é o que ocupa menos espaço na superfície do solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tem limitação ao tipo de solo. Sua construção em solos superficiais não é indicada.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como é construído completamente enterrado no solo (tanto o digestor, como o gasômetro), sofre muito pouca variação de temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é um biodigestor próprio para acúmulo de gás, devido a sua construção de cúpula fixa (a área de reserva de gás é menor). É um modelo mais indicado na</li> </ul>

		produção de biofertilizante.
INDIANO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devido a também ser construído sob a terra, o biodigestor do modelo indiano, sofre pouca variação de temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando a cúpula for de metal, ela está sujeita ao problema de corrosão. Para evitá-lo, recomenda-se fazer uma boa pintura com um antioxidante, com por exemplo, o zarcão.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupa pouco espaço do terreno (em relação ao da marinha), porque sua maior extensão é vertical.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O custo da cúpula é relativamente alto se comprado com a cúpula do canadense</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em termos de custos, sendo as paredes de seu digestor construídas dentro do solo, o modelo dispensa o uso de reforços, tais com cintas de concreto, o que barateia as despesas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O sistema de comunicação entre a caixa de carga e o digestor, sendo feito através de tubos, pode ocorrer entupimentos.</li> <li>• O sistema de comunicação entre a caixa de carga e o digestor, sendo feito através de tubos, pode ocorrer entupimentos.</li> </ul>

Fonte: Gestão no Campo (2015)

Conforme as comparações realizadas, o modelo que apresenta melhor desempenho, em termos estruturais e na facilidade de manutenção, é o modelo Canadense. Uma vez que o mesmo apresenta apenas uma desvantagem segundo os autores.

#### 2.5.4. Produção e utilização de Biogás

Através da decomposição de dejetos bovinos, sob a ação de bactérias metanogênicas, obtêm-se o biogás, composto principalmente pelo gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e o gás metano ( $\text{CH}_4$ ). A média de produção varia de 60 a 80% de Metano, 20 á 40% de gás Carbônico, além de traços de outros gases como o gás Sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Nitrogênio (N) e Hidrogênio (H)

(WALKER, 2009), (BONFANTE, 2010), (GASPAR, 2003), (LINDEMEYER, 2008). A tabela a seguir ilustra tal divisão nesse processo:

Tabela 4 - Composição do biogás

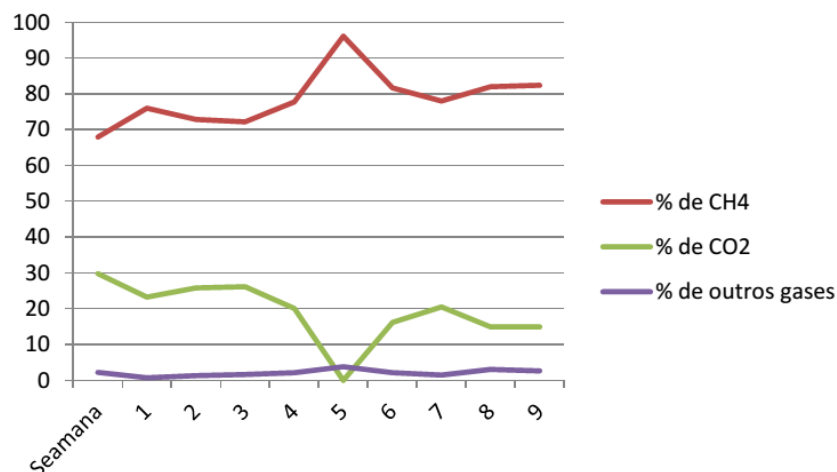
Tipo de Gás	Composição do Biogás em %
Metano (CH <sub>4</sub> )	60 a 80
Gás Carbônico (CO <sub>2</sub> )	20 a 40
Gás Sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	até 1,5
Nitrogênio (N)	traços
Hidrogênio (H)	traços

Fonte: Sganzerla (1983) *apud* Lindemeyer (2008)

O metano, o principal componente do biogás, é um gás, inodoro, incolor e altamente combustível, que não produz fuligem, seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano e 21 vezes superior quando compara ao do gás carbônico, para intensificação do efeito estufa. Por isso, o processo de captura desse gás faz-se necessário (SANTOS e NARDI JR, 2013), (LINDEMEYER, 2008). Quanto maior a quantidade de metano oriunda do processo de biodigestão, maior é o potencial de pureza do biogás.

A decomposição de biomassa em contato com o oxigênio produz o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por outro lado, na ausência de oxigênio é produzido o gás metano. Nogueira *et al* (2015), ilustra essa situação através da figura abaixo, onde, a produção de CH<sub>4</sub> é inversamente proporcional a produção CO<sub>2</sub>:

Figura 8 - Porcentagem de metano e gás carbônico do biogás



Fonte: Nogueira *et al* (2015)

A decomposição anaeróbia, portanto, dá-se por meio da sequência de três fases distintas (SEIXAS, 1980 *apud* GASPAR, 2003):

- a) Período de hidrólise: as bactérias realizam a liberação de enzimas extracelulares, no meio anaeróbio, que causam a hidrólise das partículas orgânicas, transformando as moléculas em moléculas menores e solúveis ao meio.
- b) Período de acidulação: nessa fase as bactérias produtoras de ácidos degradam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (como o ácido láctico e butírico), álcool, como o etanol, e gases, como amônia, hidrogênio e dióxido de carbono, entre outros.
- c) Período de metanogênese: o hidrogênio e dióxido de carbono formados na fase anterior são transformados em álcool (metanol) por meio da ação de bactérias metanogênicas.

Ainda segundo Gaspar (2003), a temperatura do interior da câmara de digestão afeta significativamente a produção do biogás, em virtude dos microrganismos metanogênicos serem extremamente sensíveis a mudanças de temperatura.

Walker (2009), caracteriza o processo de obtenção do biogás como:

Biogás é o nome dado à mistura de gases produzidos pela biodigestão de materiais orgânicos. Trata-se de uma mistura gasosa resultante da fermentação da biomassa no processo do tratamento anaeróbio, ou seja, pela ação de bactérias na ausência de oxigênio. O biogás pode aparecer de forma natural em pântanos, lagos e rios, como uma fase no ciclo do carbono em nosso planeta. Outra forma de obtê-lo é nos biodigestores, onde se opera a decomposição de resíduos orgânicos, restos de plantas, lixo urbano, dejetos de animais entre outros (WALKER, 2009, p 41).

O dimensionamento da quantidade de produção de biogás é um dos fatores de relevância para a escolha da tecnologia que melhor se adequa à necessidade do empreendimento. As variáveis que influenciam na produção de biogás estão relacionadas à temperatura do biodigestor (entre 28° C e 35° C), a espécie do animal, o tipo de alimentação do animal, o período e o tempo de armazenamento dos resíduos, a vedação completa do biodigestor, um PH ácido com níveis acima de 7 (WALKER, 2009), (LINDEMAYER, 2008). Ainda segundo Lindemeyer (2008), a estimativa da produção de biogás é feita com base na diluição dos dejetos a partir da água desperdiçada na limpeza das baias dos animais, vazamentos em redes hidráulicas, entrada de água da chuva nos canais de manejo e pelo uso

de lâmina d'água em alguns sistemas de produção. O grau de diluição dos dejetos, é observado pelo grau da Matéria Seca (MS) e/ou Sólidos Totais (ST) presentes nos dejetos, sendo os Sólidos Voláteis (SV) responsáveis diretos pela produção de biogás. Quanto maior a for a concentração de SV na alimentação diária do biodigestor ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), maior será a capacidade de produção de biogás pelo biodigestor.

Segundo Santos e Nardi JR (2013), a produção média de dejetos diários de bovinos é de 10 kg por dia; a produção de kg biogás por kg de esterco é de 0,037; e a concentração de metano ( $\text{CH}_4$ ) é de aproximadamente 66% e o rendimento ou potencial de produção de metano por quilograma de dejetos *in natura* é de  $0,04 \text{ m}^3$ . Estes valores podem ser comparados ao desempenho de outros animais, conforme a Tabela 4.

Tabela 5 - Comparativo de produção entre espécies diferentes

Tipo de animal	Média de produção de dejetos (em kg por dia)	Rendimento ( $\text{m}^3$ ) de biogás por kg de dejetos frescos	Kg de biogás kg de esterco	Concentração de Metano
Bovinos	10	0,04	0,037	66%
Suínos	2,5	0,43	0,062	60%
Aviários	0,18	0,35	0,055	60%

Fonte: Adaptado de Santos e Nardi JR (2013)

A partir dessas informações, segundo o autor, é possível calcular a produção mensal de  $\text{CH}_4$  a partir da formula a seguir:

$$\text{CH}_4 = 30 \text{ dias} \times n^\circ \text{ de animais} \times \text{Et} \times \text{Pb} \times \text{Conc. CH}_4 \times \text{VE}^{-1} \quad (1)$$

Onde:

Et – Esterco total [ $\text{kg esterco t (dia.unidade geradora)}^{-1}$ ].

Pb – Produção de biogás [ $\text{kg biogás kg esterco}^{-1}$ ];

Conc.  $\text{CH}_4$  – Concentração de metano no biogás [%];

$\text{VE}^{-1}$  – Volume específico do metano [ $\text{kgCH}_4^{-1} \text{ m}^3 \text{CH}_4^{-1}$ ], sendo este igual a  $0,670 \text{ kg CH}_4^{-1} \text{ m}^3 \text{CH}_4^{-1}$ .

O biogás possui alto poder calorífico, o qual varia entre 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, quando submetido a um alto índice de purificação, pode gerar um índice de até 12.000 kcal por metro cúbico (GASPAR, 2003). Esse potencial faz com que o biogás seja uma alternativa para a produção de energia elétrica, em busca da autossuficiência das propriedades (BONFANTE, 2010), pode ser utilizado como gás de cozinha, no aquecimento de animais, como combustível em carros, tratores e caminhões. A tabela a seguir realiza uma comparação energética entre o biogás e outras fontes de energia.

Tabela 6 - Equivalência energética

Combustíveis	1 m <sup>3</sup> de biogás equivale a
Gasolina	0,613 litros
Querosene	0,579 litros
Óleo diesel	0,553 litros
Gás de cozinha (GLP)	0,454 litros
Lenha	0,1536 Kg
Álcool hidratado	0,790 litros
Eletricidade	1,428 kw

Fonte: Adaptado de Gaspar (2003)

#### 2.5.5. Produção e utilização de Biofertilizantes

O biofertilizante é o subproduto da biodigestão. Após o processo de produção do biogás, a massa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), com grande potencial de fertilização (GASPAR, 2003). É rico em nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio, quando aplicado ao solo, melhora suas qualidades físicas, químicas e biológicas, podendo substituir, de forma parcial ou total, o adubo químico (WALKER, 2009). Esse potencial é devido ao fato de que a matéria orgânica depois de digerida passa a adquirir um aumento de nitrogênio e outros nutrientes, devido a perda do carbono no processo, sob a forma de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, essa redução do fator C/N (carbono/nitrogênio) acarreta em tais benefícios para fins agrícolas (LINDEMEYER, 2008).

Um dos pontos a favor da utilização de biofertilizantes em comparação ao fertilizantes químicos, é que o excesso de adubação química provoca a mineralização do solo, o que ocasionam a morte de bactérias naturais. Com isso, inicia-se um ciclo vicioso, onde o solo estando indefeso, permite que haja o ataque das plantas por outros microorganismos ocasionando a necessidade de aplicação de defensivos em doses amis elevadas. Por sua vez,

os defensivos matam os predadores naturais das pragas, agravando ainda mais o problema (WALKER, 2009).

O uso do biofertilizante apresenta algumas vantagens, como: não apresenta custo nenhum se comparado aos fertilizantes inorgânicos; não propaga mau cheiro; é rico em nitrogênio, substância muito carente no solo; recupera terras agrícolas empobrecidas pelo uso constante de fertilizantes químicos; é uma agente de combate a erosão, porque mantém o equilíbrio ecológico retendo maior quantidade de água pluvial; o resíduo da matéria orgânica apresenta uma capacidade de retenção do solo, permitindo o desenvolvimento de plantas durante o período de seca.

Além as características mencionadas, que contribuem para a produtividade do solo, é importante frisar que o biofertilizante já se encontra completamente “curado”, na expressão do campo, por isso, não será passível de uma nova fermentação, não apresenta odor e nem é poluente e, com isso, não atrai nem moscas e outros insetos. Pode ser aplicado diretamente ao solo, em forma líquida ou desidratada, dependendo das condições locais (GASPAR, 2003).

#### 2.5.6. Financiamentos para implantação de biodigestores

No Brasil, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) apoia a projetos de eficiência energética e empreendimentos que visem à expansão e/ou modernização da infraestrutura de geração de energia no País, por meio de financiamentos. Um exemplo destes apoios é o Programa de Eficiência Energética (PROESCO), que visa dar condições de financiamento para empreendimentos que contribuam para a economia de energia, o crescimento da eficiência global do sistema energético ou promovam a substituição de combustíveis não renováveis por fontes alternativas renováveis (BNDES, 2015).

Ainda segundo o BNDES, as transações de financiamento do PROESCO podem ser realizadas tanto diretamente, pelo BNDES, como por intermédio de instituições financeiras credenciadas. Para o caso da operação feita diretamente com o BNDES, as taxas de juros é composta pela Taxa de Juros a Longo Prazo (TJLP), a remuneração do BNDES e a taxa de risco de crédito. Com base na TJLP de abril de 2015 de 6,0% a.a, é possível estimar um custo anual do empréstimo entre 8,2 a 11,68 % a.a (BNDES, 2015). Para Lindemeyer (2008), o uso exclusivo de capital próprio tem resultados impresumíveis quando os investimentos são em mão de obra de infraestrutura, onde os recursos próprios são mais caros que o recurso de terceiros. Quanto maior a participação destes recursos na participação do capital do projeto, menor será o custo de capital do projeto.

Dentre os focos de ação possíveis, destacam-se empreendimentos que linhas como a geração, transmissão e distribuição de energia, os quais podem ser alcançados a partir de um projeto de geração de biogás. E os itens financiados vão desde estudos e projetos, passando por obras e instalações, maquinários e equipamentos, serviços técnicos especializados e sistemas de informação, monitoramento, controle e fiscalização. A instituição financeira financia até 70% do valor dos itens financiáveis nessas condições, com um prazo de até 6 anos (BNDES, 2015).

## **2.6. SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

O termo Geração Distribuída (GD) é uma expressão utilizada para designar a geração elétrica a partir de locais próximos ou juntos aos consumidores. É uma forma de estratégica de se instalar pequenas unidades geradoras de energia elétrica próxima aos consumidores, podendo estar ou não ligada a rede de distribuição (LINDEMEYER, 2008).

A geração de energia a partir de fontes renováveis é uma tendência em vários países, que utilizam o processo de GD para diversificação da matriz energética. O emprego desse método é justificado por potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico através da postergação de investimento em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão; o baixo impacto ambiental; redução no carregamento das redes; redução de perdas no transporte de energia até o consumidor; aproveitamento das diversas fontes de energia existentes no local de consumo; diversificação da matriz energética, entre outras (ANEEL, 2015) (LINDEMAYER, 2008).

A evolução demográfica e o crescimento da atividade econômica tem resultado no aumento do consumo de energia elétrica no Brasil, o que impulsiona a busca pela descentralização da matriz energética nacional por meio da necessidade de expansão e diversificação do parque gerador elétrico do país. Neste contexto, o aprimoramento de centrais geradoras caracterizadas como microgeração e minigeração distribuídas são alvos de incentivo do governo. Nesse sentido, a ANEEL, em busca de harmonizar os interesses do Estados, dos agentes e dos consumidores, promoveu a Consulta Pública nº 15/2010 e a Audiência Pública nº 42/2011, com o objetivo de os dispositivos legais que tratam da conexão e geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição. Como resultado disso, a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e

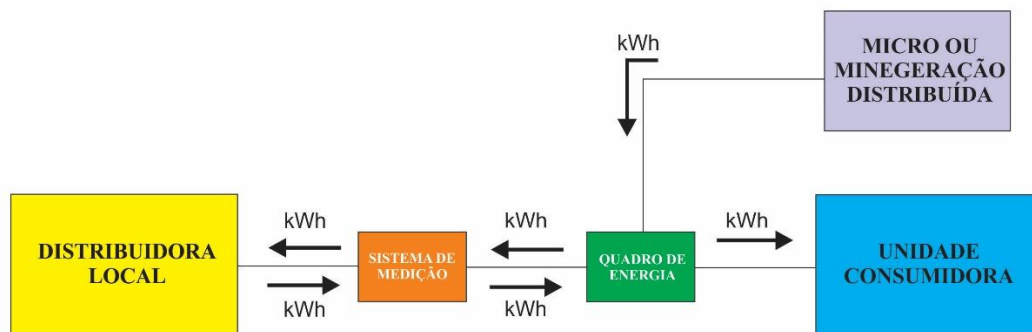
criou o sistema de compensação de energia elétrica, desde que utilizem fontes renováveis de energia ou cogeração com elevada eficiência energética (ANEEL, 2015).

Para efeito de diferenciação, a resolução citada anteriormente, determina que a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potencial instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), por outro lado, a minigeração distribuída são as centrais geradoras com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 megawatt (MW).

A Resolução Normativa nº 482/2012, possibilitou uma importante inovação para o país, através do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Tal sistema permite que o excedente gerado pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetado na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, para armazenar o excedente até o momento que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora. Com isso, a energia elétrica gerada, pela unidade consumidora que possui tal sistema, é cedida à distribuidora local, sendo posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica da mesma unidade consumidora ou outra unidade consumidora de mesma titularidade. De forma prática, se a energia injetada na rede pelo micro ou minigerador for maior que a energia consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) na próxima fatura. Caso contrário, o consumidor pagará apenas a diferença entre a energia consumida e a gerada. O saldo positivo desse crédito de energia não pode ser revertido em dinheiro e podem ser válidos por até 36 meses.

De forma sucinta, o processo de compensação de energia elétrica é ilustrado na figura a seguir:

Figura 9 - Sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: Adaptado da ANEEL (2015).

## 2.7. INDICADORES PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Em um cenário competitivo do mercado mundial, a realização de investimentos na busca por expansão de unidades, melhoria no atendimento aos clientes, diminuição de custos com transportes, energia, aquisição de novos maquinários, entre outros; exige um claro entendimento das ações e aplicações financeiras que serão necessárias para validação de tais investimentos. As empresas, constantemente, encontram cenários em que são necessárias análises financeiras para que a viabilidade de um investimento seja comprovada. Em muitos casos, essa análise é desprezada. Somente um estudo econômico pode confirmar a viabilidade de projetos tecnicamente corretos. Investir envolve algo bastante sério e por essa razão exige uma análise rigorosa e metódica destinada a verificar se o negócio vale ou não a pena (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010). Ainda segundo este autor, investir consiste em deixar de gastar o dinheiro agora em um artigo de consumo para gastá-lo em algo que se espera que irá produzir um bom retorno.

Segundo Lindemeyer (2008), a análise econômica de um empreendimento é realizada a partir da estimativa de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação, manutenção e as receitas que serão geradas durante um determinado tempo. Com isso, realiza-se a montagem de um fluxo de caixa relativo aos investimentos, custos e receitas, para então realizar as análises de viabilidade econômica com o auxílio de indicadores econômicos. Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimentos de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do investimento. Esse conjunto de técnicas e métodos de análises é também conhecido como Engenharia Econômica (MILONE, 2006). As seções seguintes decorrem a respeito de ferramentas de análises como: Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*.

### 2.7.1. Valor Presente Líquido (VPL)

A análise do Valor Presente Líquido é uma técnica robusta na análise de investimento, considerada exata, e consiste em trazer para o tempo presente os valores obtidos a partir da análise de um determinado fluxo de caixa, ou seja, encontrar os fluxos de caixa futuros na data zero. Para que isso ocorra, antes, faz-se necessário a determinação da Taxa de Mínima de Atratividade (TMA), que é a melhor taxa a ser considerada, com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital que se pretende investir. Essa taxa representa uma

projeção mínima o qual o investidor deseja receber, ao investir seu capital em determinado projeto (CATAPAN; et al, 2012).

O valor presente líquido calculado para um projeto é obtido a partir da somatório do valor presente das parcelas periódicas de lucro econômico gerado ao longo da vida útil desse projeto. Pode ser calculado de acordo com a seguinte expressão (LINDEMEYER, 2008):

$$VPL = \sum FC(1 + i)^{-n} \quad (2)$$

Onde:

FC: fluxo de caixa

i: taxa de juros

n: número de períodos, em meses.

Segundo Walker (2009), pode-se chegar as seguintes conclusões para o VPL de um projeto:

- 1) Maior do que zero: significa que o investimento é economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa;
- 2) Igual à zero: o investimento é indiferente pois o valor presente das entradas de caixa é igual ao valor presente das saídas de caixa;
- 3) Menor do que zero: indica que o investimento não é economicamente atrativo porque o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa.

O VPL é a medida financeira de agregação de valor de um projeto a empresa investidora, mostra quando o valor da empresa cresce (ou decresce) em termos monetários atuais. A partir do momento em que uma empresa investe em um projeto ela passa a valer mais ou menos, na mesma medida em que seu VPL (CORREIA NETO, 2009).

### 2.7.2. Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a rentabilidade média do capital investido, também considerado um método exato, é obtida a partir da análise projetiva do fluxo de caixa. Por definição, é a taxa de juros para a qual o Valor Presente Líquido da alternativa analisada é nulo, ou seja, a taxa de juros onde as receitas e as despesas se igualam (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Essa ferramenta é utilizada no processo de tomada de decisão quando seu resultado é comparado com a taxa mínima de atratividade, afim de aceitação ou não da alternativa em análise. A expressão abaixo é utilizada para encontrar o valor da taxa (LINDEMEYER, 2008):

$$\sum FC(1 + TIR)^{-n} = 0 \quad (3)$$

Onde:

FC: fluxo de caixa

i: taxa de juros

n: número de períodos, em meses.

Em investimentos em que a TIR é maior que a TMA, tem-se um investimento considerado rentável e passível de análise (GITMAN *apud* LINDEMEYER, 2008). Neste caso, conclui-se que quanto maior for à taxa interna de retorno, do investimento em análise, maior será o retorno do capital.

### 2.7.3. Método do Payback (PB)

Segundo Lindemeyer (2008), esta ferramenta é aplicada quando se deseja saber em quanto tempo o investimento de capital inicial será recuperado, podendo ser analisado pela seguinte expressão:

$$PB = \frac{\text{investimento inicial}}{\sum FC_{Ano}} \quad (4)$$

Onde:

Investimento Inicial: custo do investimento inicial, em R\$;

FC: fluxo de caixa ao ano, quando fluxo de entradas é razoavelmente estável, também em R\$.

Para Milone (2006), o defeito e a virtude de tal método é decorrente a resolução de problemas que envolvem a escolha entre opções de investimento, e não à análise de sua viabilidade.

Com isso, este capítulo cumpre um papel importante no levantamento de informações essenciais que nortearão o desenvolvimento da pesquisa. Onde, realizou-se a determinação dos indicadores que serão utilizados, bem como, o levantamento do funcionamento e características dos principais modelos de biodigestores encontrados nas literaturas pesquisadas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para que se possa atingir um certo fim ou resultado desejado (CERVO e BERVIAN, 2007). Para Lakatos e Marconi (1991), a metodologia é o caminho utilizado pelo pesquisador para ter mais segurança no processo decisório e deve ser usada que o pesquisador evite a perda de tempo e aumente o foco nos fatos relevantes ao que se pesquisa.

Este trabalho é considerado, segundo Cervo e Bervian (2007), como uma pesquisa de campo descritiva onde foram levantados dados inerentes ao estabelecimento escolhido. Neste tipo de pesquisa, o pesquisador procura conhecer e interpretar a realidade sem interferir para modificá-la. É considerada uma pesquisa qualitativa no que diz respeito a descrição do estabelecimento estudado e a revisão literária levantada; e também é considerada como uma pesquisa quantitativa pela utilização de técnicas de análise de investimento e análise financeira.

O presente trabalho iniciou-se a partir das seguintes etapas:

- a) Determinação do problema da pesquisa: tratamento de dejetos bovinos para diminuição de poluição ambiental e geração de economia para a fazenda “Boi Vivo”, que será melhor apresentado mais a frente.
- b) Levantamento bibliográfico a cerca de temas relacionados ao tratamento de biomassa oriunda de dejetos de bovinos de corte, análise de viabilidade financeira para implantação de biodigestores, sistemas de confinamento bovino, financiamento de projetos ambientais, principais tipos de biodigestores, entre outros.
- c) Análise da estrutura do projeto partindo de uma análise do escopo do projeto e a utilização da estrutura analítica do projeto (EAP) para definição dos principais pontos do projetos.
- d) Determinação do potencial da produção de biogás para a quantidade média de 2.000 animais, em um período de um ano, confinados, na fazenda “Boi Vivo”. Esta quantidade foi determinada partir das condições para uma estrutura de biodigestor que atendesse as necessidades da propriedade.
- e) Levantamento sobre a demanda de energia elétrica da empresa estudada, com intuito de verificar a real necessidade de estudos para análise de possíveis investimentos com geração de renda a partir da autossuficiência elétrica e a comercialização de biofertilizante com fins agrícolas.

- f) Levantamento de dados a cerca de informações técnicas e custos dos principais componentes de um sistema, tais como: grupo gerador, biodigestor, instalações elétrica, mão de obra, manutenção e outros, que compõem os custos com investimento, a manutenção e operação do sistema. Além disso, estimaram-se as principais receitas geradas pelo sistema para possíveis análises financeiras. Tais como: a economia com a produção de energia elétrica e a comercialização de biofertilizante.
- g) Por fim, com o auxílio do software Microsoft Excel, realizou-se uma análise financeira reunindo-se as informações de custos e receitas, dispostas anteriormente, para análise de indicadores de atratividade para o investimento. Após isso, realizou-se uma análise de sensibilidade com objetivo de verificar a robustez do projeto.

### 3.1. ESTUDO DE CASO

Os dados da pesquisa, foram coletados a partir de informações obtidas em uma empresa de exportação bovina. Alguns dados da empresa, bem como o seu nome não puderam ser expostos atendendo uma solicitação da mesma. Desta forma, optou-se pela criação de um nome fictício que pudesse representa-la como parte da pesquisa, o nome escolhido para tal foi fazenda “Boi Vivo”. Esta fazenda está localizada no município de Abaetetuba no Estado do Pará.

Em busca de subsídios que proporcionem condições para análise do problema em estudo, este capítulo, apresenta-se como o levantamento de informações necessárias para os cálculos de viabilidade, de acordo com as necessidades do objeto de estudo. Para isso, faz-se necessário o levantamento de informações que dizem respeito à estrutura do projeto para construção de um biodigestor e outros equipamentos necessários para a produção de energia elétrica e biofertilizante. Tais informações perpassam pela escolha das tecnologias a serem utilizadas; dimensionamentos; custos com implantação, manutenção e operação; caracterização dos produtos; e as possibilidades de receitas.

A utilização de ferramentas metodológicas para a descrição e detalhamento do projeto, em busca do delineamento da pesquisa, são tratadas como alternativas que visam o melhor entendimento ao leitor e o estabelecimento de etapas. Em busca desses objetivos, uma breve apresentação do escopo do projeto e sua estrutura analítica são analisadas a frente.

### 3.2. ESCOPO DO PROJETO

Entende-se como escopo, uma descrição documentada de um projeto em relação aos seus objetivos ou resultados, sua abordagem ou conteúdo, ou seja, o que se pretende obter, como executá-lo e quais fatores os fatores envolvidos, como ações. Sua gestão consiste em assegurar que o projeto inclui todas as atividades necessárias, e apenas as necessárias, para ser concluído com êxito (VALERIANO, 2005).

Ainda segundo Valeriano (2005), algumas informações são essenciais para a definição do escopo de um projeto, sendo assim, segue uma descrição breve do projeto proposto:

- a) Justificativa e objetivos do projeto: O projeto empenha-se pela procura por alternativas que diminuam a dependência da empresa em estudo de meios convencionais de geração de energia elétrica, de contra aos os aumentos expressivos dos últimos anos; além disso, possui caráter ambiental, entre outros, visando à diminuição da emissão de CH<sub>4</sub>, 21 vezes mais poluente que o CO<sub>2</sub> para intensificação do efeito estufa; disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos oriundos da bovinocultura de corte. Com isso, objetiva-se: colaborar com as expectativas da Política Nacional de Resíduos Sólidos; expansão da matriz energética Brasileira por meio da produção de energia elétrica por geração distribuída; realizar análise quantitativa para diminuição dos custos com energia elétrica para a organização em estudo, com possibilidade de autossuficiência elétrica; e analisar a comercialização do biofertilizante gerado ao final do processo.
- b) Os produtos finais do projeto dividem-se em dois: geração de energia elétrica para utilização da unidade consumidora da empresa que será analisada; e a comercialização de biofertilizante gerado ao final do processo de digestão anaeróbia.
- c) Os produtos deverão: contemplar as necessidades de produção de energia elétrica para consumo da própria empresa em análise, o que terá impacto direto na diminuição dos custos de operação; o biofertilizante gerado no processo deverá atender as condições mínimas para ser utilizado, possuindo um grau de qualidade igual ou superior aos demais encontrados no mercado.

- d) Este projeto limita-se à realização de análise de viabilidade a partir do levantamento dos custos necessários para implantação, operação, manutenção e as receitas de um sistema de geração distribuída para consumo de energia elétrica da própria unidade consumidora em estudo e a comercialização de biofertilizante.

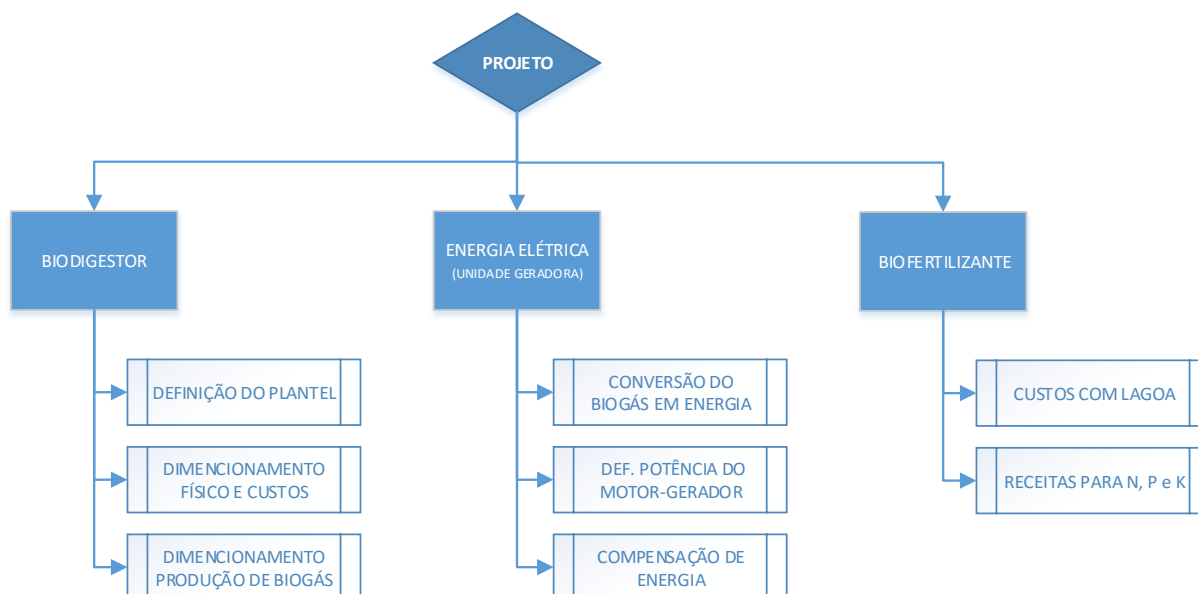
A definição do escopo é muito importante para a sobrevivência de um projeto, é ele quem define as principais características do projeto e quais os objetivos a serem alcançados pelo mesmo. Esta etapa proporciona um direcionamento e facilita possíveis modificações que sejam necessárias a estrutura inicial do projeto e serve de base para futuras negociações decorrentes de alterações necessárias.

Deve-se pensar em um projeto de uma forma sistêmica, ou seja, ele como um todo e suas partes (decomposição hierárquica). Levando em consideração que uma imagem pode resumir várias palavras, a estrutura analítica do projeto, apresenta-se como uma alternativa para análise de decomposição hierárquica, orientando as entregas do trabalho a serem executadas pelas equipes para atingir as metas pré-estabelecidas. Esta estrutura permite o entendimento do projeto a fornecedores, clientes, patrocinadores e demais interessados sobre o que se espera em termos de resultados do projeto e do que será monitorado e controlado.

A definição de componentes menores em um projeto facilita as estimativas de prazos, custos e recursos para conclusão; ajuda na definição de critérios para monitoração e controle do desempenho e proporciona uma atribuição de responsabilidade mais adequada ao projeto.

De forma objetiva, a figura abaixo realiza uma apresentação do projeto por meio da análise de estrutura analítica do projeto (EAP), dividindo a estrutura do mesmo, de forma a facilitar o entendimento do leitor e a apropriação futura dos custos com materiais, manutenção e outros, necessários ao funcionamento.

Figura 10 - Estrutura analítica do projeto



Fonte: Dados da pesquisa

### 3.3. FONTES DE DADOS PRIMÁRIOS

Após a definição do projeto, faz-se necessário a caracterização dos processos anteriormente definidos, para que haja o levantamento de custos, conversões e a verificação de condições necessárias para que o projeto possa ser concretizado.

#### 3.3.1. Caracterização do sistema

Conforme visto nos tópicos anteriores, o biodigestor é o elemento primordial para o funcionamento do projeto como um todo. Entretanto, para que este possa ser projetado de forma racional e de acordo com as necessidades do empreendimento, faz-se necessário o levantamento de informações a respeito da quantidade de animais que fornecerão a matéria prima, o dimensionamento estrutural e a quantidade de produto, ou seja, o biogás que o mesmo irá produzir. Com isso, os elementos a seguir fazem parte das condições reais de operação da fazenda “Boi Vivo”, bem como, parte do referencial teórico de estudos realizados por outros pesquisadores.

A definição do plantel é a primeira condição para realização dos demais dimensionamentos. Visto que, o tamanho do biodigestor dar-se pela quantidade de matéria prima a ser processada.

A “Boi Vivo” possui uma área de confinamento com capacidade para mais de 15 mil cabeças de gado, porém, por se tratar de uma empresa de caráter de exportação, não possui uma quantidade regular de animais durante um ano, em virtude de variações decorrentes do mercado internacional e outros fatores. Contudo, a média mensal é de 2.000 animais confinados. Para efeito de análise, este estudo levará em consideração que essa quantidade de animais é constante durante o período de um ano.

O dimensionamento estrutural do biodigestor perpassa pela necessita da informação da quantidade de dejetos (matéria-prima) que será processada, como visto nos itens anteriormente. Para a quantidade de 2.000 animais, utilizando a expressão (1), de Santos e Santos e Nardi JR (2013), levando em consideração um rendimento de CH<sub>4</sub> de 70% do total do biogás produzido, a capacidade do biodigestor para utilização na “Boi Vivo” para o período de um mês é de aproximadamente 22.200,00 m<sup>3</sup> de biogás, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7 – Estimativo da produção de biogás para a fazenda “Boi Vivo”

Produção de Biogás	
Número de dias (TRH)	30
Quantidade de animais	2.000
Produção de dejetos/animal/dia (kg)	10
Produção de biogás (kg/esterco)	0,037
Concentração de CH <sub>4</sub>	0,7
Volume Específico de CH <sub>4</sub>	0,67
Produção total de CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> )	10.411,80
Produção total de biogás (m <sup>3</sup> )	22.200

Fonte: Dados da pesquisa

Essa estimativa leva em consideração um Tempo de Retenção Hidráulica (TRH), ou seja, o tempo de permanência da matéria orgânica dentro de biodigestor, de 30 dias.

Após a definição do potencia de produção de biogás da fazenda “Boi Vivo”, o próximo passo é a escolha da tecnologia que atenderá tal demanda, visto que a escolha da tecnologia para o processamento do material orgânico é um fator de grande relevância.

O biodigestor definido para este estudo é o modelo canadense, também conhecido como tubular, com separador de sólidos antes do abastecimento, confeccionado em manta PVC flexível, de sistema contínuo, selecionado entre as demais opções em virtude de ser considerado um projeto simplificado conforme as vantagens dispostas no referencial teórico. Além disso, as condições de temperatura no Brasil, em especial no estado do Pará por possui um clima tropical, o que permite a que este modelo alcance um maior desempenho em altas temperaturas sem necessidade da implantação de agitadores e aquecedores do substrato (SILVA, 2009).

A estrutura para a construção de um sistema que utilize o potencial de matéria orgânica gerada pela quantidade de animais anteriormente definida, foi obtida por meio de consulta a uma empresa especializada que disponibilizou um orçamento de um sistema de biodigestor para atender a demanda de 2.000 animais. O sistema de biodigestor é formado por seis biodigestores tubulares (tipo Canadense) de 3 m de diâmetro e 665 m de comprimento, com manta PVC de 1 mm de espessura, que em condições ideais (temperatura, intensidade de sol, qualidade dos dejetos e etc.), possui capacidade de gerar até 1.890 m<sup>3</sup>/dia de biogás.

A quantidade de produção de biogás estimada para a fazenda “Boi vivo” será utilizada para a conversão em energia elétrica. Alguns autores estabeleceram em suas pesquisas um referencial de produção de energia elétrica a partir de certa quantidade de biogás, a tabela a seguir reuniu essas informações:

Tabela 8 - Produção de energia elétrica a partir do biogás

Quantidade de biogás (m <sup>3</sup> )	Produção de energia elétrica (kW/h)	Referência
1	1,67	Winrock International Brasil (2008 <i>apud</i> PEREIRA <i>et al</i> , 2013)
1	5,5	Catapan <i>et al</i> , 2012
1	1,8	Montoro <i>et al</i> , 2014
1	2	Lindemeyer, 2008

Fonte: Dados da pesquisa

A partir dos dados acima, por ponderação média, o valor mais aproximado e adequado para a estimativa de geração de energia elétrica na fazenda “Boi Vivo” é de aproximadamente 1,8 kWh/m<sup>3</sup> de biogás. Desta forma, a produção máxima de energia

elétrica estimada para 22.200,00 m<sup>3</sup> de biogás é de aproximadamente 39.960 kWh, para um período de 30 dias.

A fazenda em análise pertence a um grupo que possui outras instalações no estado do Pará em nome da mesma razão social. Para essa pesquisa foi considerado o consumo médio de energia elétrica de duas Unidades Consumidoras (U.C). Desta forma, realizou-se o levantamento do consumo médio da fazenda “Boi Vivo”, assim como, o consumo médio de um escritório do grupo localizado no município de Belém.

A média da demanda mensal por energia elétrica nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho do ano de 2015, para as instalações anteriormente mencionadas, são demonstradas conforme a tabela a seguir:

Tabela 9 - Demanda por energia elétrica

Mês de demanda (2015)	Fazenda “Boi Vivo” (kW)	Escritório de apoio (kW)
Janeiro	9.536,00	4.051,00
Fevereiro	9.920,00	3.889,00
Março	12.856,00	4.777,00
Abril	11.303,00	4.753,00
Maio	12.989,65	3.920,00
Junho	11.317,00	3.031,00
Média mensal	11.320,28	4.070,17

Fonte: Dados da pesquisa

A soma das médias das Unidades Consumidoras (U.C) apresentadas anteriormente é de 15.390,44 kW/mês.

Ao se realizar uma comparação entre a produção energia elétrica de 39.960 kW/mês e a necessidade de 15.390,44 kW/mês, observa-se que a demanda representa apenas 40% da capacidade total de produção.

### 3.3.2. Levantamento de custos

A determinação dos custos de implantação de uma unidade geradora de energia elétrica á biogás faz-se necessário para a realização de análises futuras, por isso, considera-se a divisão dos custos do sistema em três: custos de instalação, custos com operação e custos manutenção.

Custos de instalação: são os custos necessários para a implantação efetiva das instalações de máquinas e equipamentos, é também conhecido como o investimento inicial. São eles: a aquisição de biodigestores, grupo gerador, escavação de lagoa, mão de obra para instalação, transporte e sistema de filtragem e outros.

O valor total do sistema de biodigestor é de R\$ 239.600,64, informações mais detalhadas encontram-se no orçamento (Anexo A). Além dos custos com os materiais e equipamentos orçados pela empresa, outros custos tornam-se necessários para a implantação, são eles: custos com manutenção anual do sistema, despesas com mão de obra (04 braços) para os 18 dias de montagem, cimento, areia, frete do material para o local da obra, despesas com transporte hospedagem e alimentação, despesas com terraplanagem, e movimentação horizontal e vertical dos equipamentos para instalação. A Tabela 10 realiza uma estimativa com a implantação desse sistema.

Tabela 10 - Custos de instalação do sistema

Custos de implantação	Quantidade	Total	Fonte
Instalações (lagoa e biodigestor)	1 Unidade	R\$ 239.600,64	Emp. especializada
M.D.O extra	72 H.D	R\$ 3.600,00	Dados da pesquisa
Alimentação (8 pessoas x 18 dias)	288 Unidades	R\$ 2.160,00	Dados da pesquisa
Escavações (lagoa e biodigestor)	1 Unidade	R\$ 45.267,58	Emp. especializada
Transporte horizontal e vertical	18 Diárias	R\$ 8.640,00	Emp. especializada
Frete de biodigestor	1 Unidade	R\$ 7.460,00	Emp. de transporte
Grupo gerador de 25 kVA	1 Unidade	R\$ 45.000,00	Emp. especializada
Sistema de filtragem	1 Unidade	R\$ 15.000,00	Emp. especializada
Casa de máquina	1 Unidade	R\$ 10.000,00	Dados da pesquisa
Quadro de comando	1 Unidade	R\$ 12.400,00	Emp. especializada
Frete do grupo gerador	1 Unidade	R\$ 5.000,00	Emp. de transporte
	Total	R\$ 394.128,22	

Fonte: Dados da pesquisa

\* M.D.O: Mão de obra

\* H.D: Homem vezes dia

Para a montagem de uma geração distribuída à biogás que pudesse atender a demanda pela necessidade de energia elétrica das U.C's, realizou-se uma análise dos custos de implantação do sistema a partir de consulta a empresas especializadas. Por meio de contatos realizados, obteve-se uma análise de geração de energia elétrica para a quantidade de material

orgânico determinado anteriormente, e o resultado desta análise gerou a proposta de um grupo gerador de 25 kVA com 60 Hz de potência. O funcionamento do grupo gerador limita-se a operação de 08 horas por dia.

Custos com operação: Segundo Montoro *et al* (2014), a operação do grupo gerador é diária e exige a presença de um operador responsável pelo funcionamento do motor, limpeza e zelo das instalações. Ainda segundo o mesmo autor, o custo com a mão-de obra para manter o biodigestor em operação é baixo devido à simplicidade do sistema. Desta forma, o custo mensal com a mão de obra de um operador foi determinado a partir dos valores já pago a outras funções que são semelhante a do operador do sistema, incluindo benefícios e recolhimento necessários:

Tabela 11 - Custos com operação do sistema

Custos de operação	Quantidade	Total	Fonte
M.D.O para operação do sistema	1 Unidade	R\$ 24.000,00	Dados da pesquisa
	Total	R\$ 24.000,00	

Fonte: Adaptado de Montoro *et al* (2014)

Custos com manutenção: a empresa fornecedora do biodigestor orienta a realizar manutenções e trocas de componentes dos biodigestores; a troca da manta do biodigestor a cada 5 anos, a limpeza do anual do biodigestor. e a manutenção do programada do grupo gerador são custos necessários para o bom funcionamento do sistema. Esses tipos de custos demandam determinada frequência. Para o projeto, os custos de manutenção necessários podem ser vistos conforme a tabela abaixo.

Tabela 12 - Custos com manutenção do sistema

Custos com manutenção	Período/unidade	Custo	Fonte
Troca da manta PVC	5 anos	R\$ 13.891,50	Emp. especializada
Limpeza do biodigestor	1 ano	R\$ 2.000,00	Emp. especializada
Man. grupo gerador (0,03/kWh)	187.685,28 kWh	R\$ 5.540,56	Emp. especializada
	Total	R\$ 21.432,06	

Fonte: Dados da pesquisa

A manutenção do grupo gerador foi estimada a partir do valor de manutenção (0,03/kWh) informado pelo fabricante do mesmo, multiplicando-se pela média do consumo de energia elétrica em um ano (187.685,28 kWh).

Custos com depreciação: a utilização do método linear auxilia na busca pelos custos desse gênero. Para Lindemeyer (2008) esse método consiste na aplicação de taxas constantes durante o tempo de vida útil. A depreciação é contabilmente definida como a despesa equivalente à perda de valor de um determinado bem, seja por deterioração ou obsolescência do mesmo. Conforme o padrão da Receita Federal considerou-se as taxas para o projeto em análise da seguinte forma:

Tabela 13 - Depreciação de componentes do sistema

Descrição	Valores	Vida útil	% por ano	Valor mensal	Valor anual
Adaptação elétrica do local	R\$ 12.400,00	10 anos	10,00%	R\$ 103,33	R\$ 1.240,00
Biodigestor	R\$ 239.600,64	10 anos	10,00%	R\$ 1.996,67	R\$ 23.960,06
Grupo gerador	R\$ 55.000,00	10 anos	10,00%	R\$ 458,33	R\$ 5.500,00
Casa da máquina	R\$ 10.000,00	10 anos	10,00%	R\$ 83,33	R\$ 1.000,00
			Total	R\$ 2.641,67	R\$ 31.700,06

Fonte: Dados da pesquisa

### 3.3.3. Levantamento de receitas

As receitas são também conhecidas como entradas do sistema por fazerem parte do processo de venda dos produtos originados pelo projeto. Para a análise deste trabalho, as receitas que serão analisadas são:

Diminuição dos custos com energia elétrica através da autossuficiência na produção de energia elétrica, havendo uma redução dos custos com o consumo da mesma. O valor médio da tarifa cobrada pela concessionária de energia elétrica é de R\$ 0,494245/kWh, estima-se então que a receita gerada para o período de um ano pode ser obtida conforme a expressão abaixo:

$$Re = t \times d \quad (5)$$

$$Re = R\$ 0,494245 \times 187.685,28 \text{ kWh}$$

$$Re = R\$ 92.762,51$$

Onde:

Re: receita com economia de energia elétrica;

t : tarifa de energia elétrica;

d : demanda de energia anual.

Outra fonte de receita do sistema pode ser obtida por meio da comercialização do biofertilizante gerado ao final do processo de biodigestão anaeróbia, este é conhecido por possui consideráveis quantidade de nutrientes que trazem benefícios quando aplicados em sistemas agrícolas. Segundo Montoro *et al* (2014), o biofertilizante possui diversos nutrientes, porém, para determinar o valor da receita oriunda desse produto, utiliza-se apenas os nutrientes N, P e K, os quais são comumente encontrados no mercado como minerais para adubação em geral. A partir dos estudos de Montoro *et al* (2012), realizou-se uma conversão para a quantidade de 2.000 animais, estima-se que a produção de receita anual com a comercialização de dos principais componentes do biofertilizante para a fazenda “Boi Vivo” seja de aproximadamente R\$ 233.023,90. Esses valores, segundo a pesquisa de Montoro *et al* (2012), se aplicam para o mercado de São Paulo, a partir da comparação entre produtos que possuem propriedades semelhantes as que são encontradas em biofertilizantes.

Outra entrada para fluxo de caixa relevante para este trabalho, é ao valor residual do projeto ao final do tempo de vida útil de seus componentes, no caso em estudo, estima-se que este valor será obtido pela possibilidade de utilização da estrutura do biodigestor e outros componentes em outros ambientes após manutenção (MONTORO, *et al* 2013). O percentual para essa análise é de 10% do valor total do investimento, o que neste caso representa um valor aproximado de R\$ 39.412,22.

### 3.4. ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica do empreendimento consiste em fazer estimativas dos gastos envolvendo o investimento inicial, a operação e manutenção e as receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos, custos e receitas e determinar quais serão os indicadores econômicos conseguidos com esse empreendimento. Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento.

Os procedimentos e resultados a seguir são frutos de estudos sobre projeções financeiras para os 15 primeiros anos de investimento do sistema de geração elétrica e biofertilizante em análise, que correspondem à expectativa média de utilização do biodigestor e do grupo gerador, os quais representam aproximadamente 70% do investimento inicial.

Para análise de viabilidade da instalação da unidade geradora de energia elétrica e biofertilizante, serão consideradas, conforme a fundamentação teórica apresentada anteriormente, a análise da geração do fluxo de caixa: o investimento inicial a ser realizado; as saídas com a manutenção e operação do sistema e depreciação dos componentes; as entradas com a economia com a produção de energia elétrica e a comercialização de biofertilizante. Desta forma, as tabelas a seguir realizam o resumo destas informações.

Tabela 14 - Investimentos, entradas e saídas anual para o projeto

Investimentos		Entradas		Saídas	
Custos de implantação	R\$ 394.128,22	Energia	R\$ 92.762,51	Salário	R\$ 24.000,00
		Biofertilizante	R\$ 233.023,90	Manutenção	R\$ 7.540,56
				Depreciação	R\$ 31.700,06
Total	R\$ 394.128,22	Total anual	R\$ 325.786,41	Total anual	R\$ 63.240,62

Fonte: Dados da pesquisa

Além dos valores de entradas e saídas apresentados na Tabela 13, considera-se que ao final dos 15 anos, haverá um adicional às entradas a partir do valor residual determinado anteriormente. Já para o caso das saídas, a cada 5 anos haverá um desembolso de R\$ 13.891,50 para troca da manta do biodigestor.

Para a realização da montagem do fluxo de caixa, as informações acima são de grande relevância, porém, além delas faz-se necessário determinar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa taxa é necessária para a realização de comparações entre investimentos e poderá servir como um indicador para a tomada de decisões. Desta forma, utilizou-se como base a taxa de investimento praticada pelo BNDES em condições extremas, ou seja, a uma taxa de 11,68% a.a. Além dessa taxa, aplica-se 3% referente a um prêmio pelo risco estimado, ficando assim fixado a uma taxa total de 14,68% a.a para realização das análises.

A partir das informações anteriores, o fluxo de caixa descontado foi gerado para um horizonte de 15 anos, conforme as tabelas a seguir:

Tabela 15 - Fluxo de caixa do projeto do 1º ao 5º ano

Taxa de desconto:	14,68%					
Ano	0	1	2	3	4	5
Custos Operacionais		-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 77.132,12
Receitas		R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41
FC Operacional		R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 248.654,29
FC de Investimento	-R\$ 394.128,22					
FC Livre	-R\$ 394.128,22	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 248.654,29
Payback	-R\$ 394.128,22	-R\$ 131.582,43	R\$ 130.963,35	R\$ 393.509,14	R\$ 656.054,92	R\$ 904.709,21
FC Descontado	-R\$ 394.128,22	R\$ 228.937,73	R\$ 199.631,78	R\$ 174.077,24	R\$ 151.793,90	R\$ 125.359,58
Payback Descontado	-R\$ 394.128,22	-R\$ 165.190,49	R\$ 34.441,29	R\$ 208.518,53	R\$ 360.312,43	R\$ 485.672,01
VPL =	R\$ 1.130.678,83					
TIR =	66%					

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

Tabela 16 - Fluxo de caixa do projeto do 6º ao 10º ano

Taxa de desconto:	14,68%					
Ano	0	6	7	8	9	10
Custos Operacionais		-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 77.132,12
Receitas		R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41
FC Operacional		R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 248.654,29
FC de Investimento	-R\$ 394.128,22					
FC Livre	-R\$ 394.128,22	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 248.654,29
Payback	-R\$ 394.128,22	R\$ 1.167.255,00	R\$ 525.091,57	R\$ 525.091,57	R\$ 525.091,57	R\$ 511.200,07
FC Descontado	-R\$ 394.128,22	R\$ 115.419,44	R\$ 100.644,78	R\$ 87.761,41	R\$ 76.527,21	R\$ 63.200,30
Payback Descontado	-R\$ 394.128,22	R\$ 601.091,45	R\$ 701.736,23	R\$ 789.497,64	R\$ 866.024,85	R\$ 929.225,14
VPL =	R\$ 1.130.678,83					
TIR =	66%					

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

Tabela 17 - Fluxo de caixa do projeto do 11º ao 15º ano

Taxa de desconto:	14,68%					
Ano	0	11	12	13	14	15
Custos Operacionais		-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 63.240,62	-R\$ 77.132,12
Receitas		R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41	R\$ 325.786,41
FC Operacional		R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 262.545,79	R\$ 248.654,29
FC de Investimento	-R\$ 394.128,22					R\$ 39.412,22
FC Livre	-R\$ 394.128,22	R\$ 230.845,72	R\$ 230.845,72	R\$ 230.845,72	R\$ 230.845,72	R\$ 256.366,44
Payback	-R\$ 394.128,22	R\$ 479.500,01	R\$ 461.691,44	R\$ 461.691,44	R\$ 461.691,44	R\$ 487.212,16
FC Descontado	-R\$ 394.128,22	R\$ 51.163,15	R\$ 44.613,84	R\$ 38.902,90	R\$ 33.923,00	R\$ 32.850,80
Payback Descontado	-R\$ 394.128,22					
VPL =	R\$ 1.130.678,83					
TIR =	66%					

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

A partir da abordagem de fluxo de caixa livre, obteve-se um VPL positivo de R\$ 1.130,678,83. Conforme exposto anteriormente, esse resultado significa que o investimento é economicamente atrativo. Além disso, obteve-se uma valor de 66% para Taxa Interna de

Retorno, o que representa ser aproximadamente quatro vezes e meia maior que a taxa de 14,68% fixada para realização da análise. Esses resultados mostram que o projeto é muito atrativo, pois superam as expectativas de retorno da taxa fixada e o VPL mostrou-se com valor positivo ao final do período.

Outra análise realizada foi por meio do cálculo do *Payback*, ou seja, que tem como objetivo a verificação de quanto tempo o investimento de capital inicial será recuperado. Para esse indicador realizou-se dois tipos de cálculos, sendo eles o *Payback* Simples e o *Payback* Descontado. Conforme a tabela acima, em ambos os casos estima-se que o período de recuperação do capital investido acontecerá na faixa de 2 anos após seu investimento.

### 3.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade corresponde aos efeitos que a variação de uma dada variável pode ocasionar nos resultados. Quando uma pequena variação num parâmetro altera drasticamente a rentabilidade de um projeto, diz-se que o projeto é muito sensível a este parâmetro. Nestes casos faz-se necessário concentrar esforços para obtenção de dados menos incertos (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

De posse das informações encontradas anteriormente, realizou-se uma análise de sensibilidade do projeto, utilizando como parâmetro a receita gerada pelo mesmo. Para realização de tal análise, houve a variação de receita com possibilidade de diminuição da mesma em proporções de -40%, -20% e -10% do total de entradas. De forma semelhante, considerou-se também um adicional a receita em proporções de 10% e 20%. A partir dessas variações pode-se observar o comportamento dos indicadores VPL e TIR, conforme a seguir:

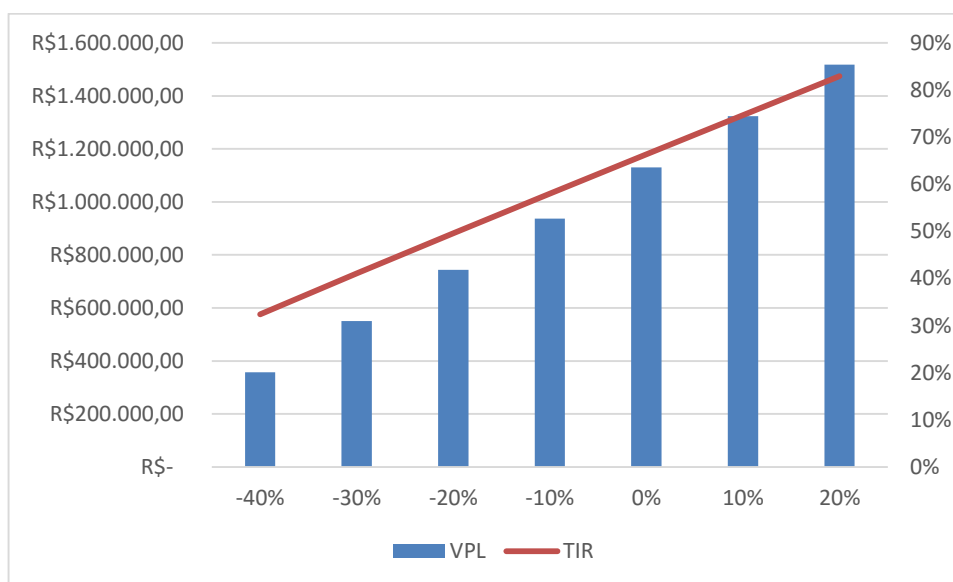
Tabela 18 - Análise de sensibilidade para o projeto utilizando a receita como variável

Ano	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%
0	-R\$ 394.128,22	-R\$ 394.128,22	-R\$ 394.128,22	-R\$ 394.128,22	-R\$ 394.128,22	-R\$ 394.128,22	-R\$ 394.128,22
1	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
2	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
3	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
4	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
5	R\$ 118.339,72	R\$ 150.918,36	R\$ 183.497,00	R\$ 216.075,65	R\$ 248.654,29	R\$ 281.232,93	R\$ 313.811,57
6	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
7	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
8	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
9	R\$ 132.231,22	R\$ 164.809,86	R\$ 197.388,50	R\$ 229.967,15	R\$ 262.545,79	R\$ 295.124,43	R\$ 327.703,07
10	R\$ 118.339,72	R\$ 150.918,36	R\$ 183.497,00	R\$ 216.075,65	R\$ 248.654,29	R\$ 281.232,93	R\$ 313.811,57
11	R\$ 100.531,16	R\$ 133.109,80	R\$ 165.688,44	R\$ 198.267,08	R\$ 230.845,72	R\$ 263.424,36	R\$ 296.003,00
12	R\$ 100.531,16	R\$ 133.109,80	R\$ 165.688,44	R\$ 198.267,08	R\$ 230.845,72	R\$ 263.424,36	R\$ 296.003,00
13	R\$ 100.531,16	R\$ 133.109,80	R\$ 165.688,44	R\$ 198.267,08	R\$ 230.845,72	R\$ 263.424,36	R\$ 296.003,00
14	R\$ 100.531,16	R\$ 133.109,80	R\$ 165.688,44	R\$ 198.267,08	R\$ 230.845,72	R\$ 263.424,36	R\$ 296.003,00
15	R\$ 126.051,88	R\$ 158.630,52	R\$ 191.209,16	R\$ 223.787,80	R\$ 256.366,44	R\$ 288.945,08	R\$ 321.523,72
VPL	R\$ 356.727,50	R\$ 550.215,33	R\$ 743.703,17	R\$ 937.191,00	R\$ 1.130.678,83	R\$ 1.324.166,66	R\$ 1.517.654,50
TIR	32%	41%	50%	58%	66%	75%	83%

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

Esses resultados foram tabulados graficamente para que houvesse melhor visualização dos resultados encontrados. O resultado desse processo encontra-se a seguir:

Figura 11 - Gráfico da análise de sensibilidade do projeto



Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

Por meio desse método observou-se que mesmo com uma variação relativamente grande de receita, entre -40% e 20%, os indicadores econômicos permaneceram positivos. Por

meio do parâmetro analisado, com isso observou-se que o modelo proposto possui boas condições que o tornam viável em seu aspecto financeiro.

### 3.6. ANÁLISE DE CENÁRIOS

A análise de cenários é outra forma utilizada para a verificação da viabilidade de um projeto. Esse método consiste em uma série de cenários diferentes com os quais o projeto pode se deparar, considerando as relações entre as variáveis e suas mudanças simultâneas. Normalmente são utilizados três tipos de cenários: o mais provável (base), o pessimista e o otimista.

Neste trabalho, realizou-se uma comparação entre três tipos de cenários. O primeiro é considerado pessimista, uma vez que o mesmo não irá alcançar o tempo médio de vida útil de 15 anos, pois seu tempo foi fixado em 10 anos. Além disso, o modelo pessimista conta com apenas 60% da receita do projeto. O segundo é considerado como modelo base, ou seja, o modelo que obteve os resultados de acordo com o levantamento das informações realizadas anteriormente, este modelo trabalha com o tempo de vida útil de 15 anos, de acordo com a média observada. Por fim, em um o terceiro cenário, considerou-se que o projeto teria 20 anos de duração e uma receita anual com 20% a mais que a do projeto base. A tabela abaixo ilustra os resultados para os três tipos de cenários analisados.

Tabela 19 - Cenários com variação de receita e tempo de vida do projeto

Cenários	Variações		Indicadores		
	% Receita	Total em anos	VPL	TIR	<i>Payback</i> descontado
Pessimista	60%	10 anos	R\$ 277.167,61	31%	3 anos
Base	100%	15 anos	R\$ 1.130.678,83	66%	2 anos
Otimista	120%	20 anos	R\$ 1.642.368,88	83%	2 anos

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

A partir dessa análise observou-se também as variáveis do projeto não obtiveram resultados negativos. Mesmo em um cenário mais pessimista, com -40% da receita do projeto, ainda obteve-se uma TIR de 31% muito acima da taxa de atratividade estipulada como base, VPL positivo e apenas o acréscimo de um ano no tempo de retorno do investimento.

Como visto anteriormente, o projeto proposto tem como finalidade a geração de energia elétrica para consumo próprio e biofertilizante para comercialização. Contudo, outro cenário possível ocorreria com a possibilidade de interesse da empresa estudada em utilizar

apenas a produção de energia elétrica para obtenção do retorno financeiro, descartando o material que seria utilizado como biofertilizante na natureza de forma adequada. Ainda assim, todos os custos do projeto são considerados os mesmos, pois fazem parte do tratamento do efluente residual. Os resultados para essa análise podem ser vistos na tabela abaixo:

Tabela 20 - Cenário para produção de energia elétrica

Indicador	Resultado
VPL	-R\$ 253.273,60
TIR	-5%
<i>Payback</i>	6 anos

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelo autor)

O resultado dessa análise representa a dependência do projeto com a comercialização de biofertilizante, pois o mesmo representa aproximadamente 70% do total da receita gerada para o cenário regular proposto.

#### 4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal a análise de viabilidade econômica para a implantação de projetos de geração de energia elétrica e biofertilizante por meio de biodigestores na bovinocultura do estado do Pará. Conforme verificado no Capítulo 3, por meio dos indicadores utilizados, pode-se afirmar que o sistema proposto é economicamente viável.

Para melhor compreensão do assunto, foi necessário o levantamento bibliográfico acerca dos temas concernentes à geração de energia, biogás, biodigestores, motores geradores, além da investigação das características do setor pecuário no estado do Pará, que permitiram o aprofundamento da pesquisa e demonstraram a relevância desses tipos de estudos para o desenvolvimento da região, conforme o Capítulo 1.

Considera-se que os objetivos do trabalho foram alcançados, com o levantamento dos parâmetros técnicos e financeiros, levantamento de custos de implantação, operação e manutenção do modelo proposto; análise de indicadores para verificação de viabilidade e como complemento as análises de sensibilidade e cenário oportunizaram maiores possibilidades de análise em condições diferenciadas, garantindo a viabilidade do investimento para o projeto proposto. Os resultados que confirmam tais condições foram obtidos a partir da obtenção do VPL igual a R\$ 1.130.678,83, a TIR 66% e o *Payback* apontou 2 anos para a recuperação do investimento.

A análise de sensibilidade mostrou que mesmo em condições extremas de retorno financeiro, -40% da receita do modelo base, o projeto ainda é considerado viável, visto que seus indicadores obtiveram condições acima das bases para realização dos cálculos.

Por meio da análise de cenário, observou-se que o modelo proposto é dependente da proposta de comercialização do biofertilizante, uma vez que o mesmo representa aproximadamente 70% da receita do projeto.

Os resultados apresentados são, em sua maioria, bastante otimistas se comparados a outras formas de investimentos, por isso, indica-se que o levantamento das informações de custos precisam ser mais bem aprimorados para que haja um retrato ainda mais real das condições de investimento.

Ao decorrer da pesquisa, houveram dificuldades e limitações no que tange ao levantamento de informações referentes aos valores dos componentes físicos do projeto (biodigestor, grupo gerador e outros) e ao acesso a informações primárias como a análise quantitativa do potencial de produção de biogás, para o estudo de caso, pela falta de condições

estruturais que possibilitassem tais condições. Além disso, o pouco conhecimento e difusão desses tipos de tecnologia na região impossibilitaram um levantamento mais exato de informações para a composição de custos e condições de funcionamento.

Sugere-se como trabalho futuro maior aprofundamento dos custos, receitas e a realização de análises laboratoriais para confirmação do potencial energético para a região, visto que nas literaturas consultadas obtiveram-se valores com diferenças consideráveis. Além disso, outros produtos oriundos do processo analisado, como o gás de cozinha, podem ser avaliados com objetivos semelhantes aos deste trabalho.

Desta forma, o presente trabalho conseguiu alcançar seus objetivos, desempenhando um papel importante para levantamento de possibilidades que contribuam para diminuição de impactos negativos ao meio ambiente, possibilitando o desenvolvimento de estudos para o crescimento da matriz energética do país.

## REFERÊNCIAS

AEEB - Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>> Acessado em: 05 de março de 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acessado em: 08 de março de 2015.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Financiamento a empreendimentos (FINEM). Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Produtos/FINEM/proesco.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/proesco.html)> Acessado em: 05 de março de 2015.

BONFANTE, Talia Manceira. Análise da viabilidade econômica de projetos que visam a instalação de biodigestores para o tratamento de resíduos da suinocultura sob as ópticas do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e da geração de energia. 2010, 176 f. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde.../TaliaMBonfante.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde.../TaliaMBonfante.pdf)> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTTKE, Bruno Hartmut. Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 11. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

CATAPAN, Dariane Cristina; et al. Análise da viabilidade financeira da produção de biogás através de dejetos de equinos. Revista Custos e Agronegócio Online. [S.I.], vol. 8, n. 4, outubro-dezembro, 2012. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v8/Bio%20gas.pdf>> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

CERVO; Amado Luiz, BERVIAN; Pedro Alcino, DA SILVA; Roberto. Metodologia Científica. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CORREIA NETO, J. F. Elaboração e Avaliação de Projetos de Investimentos – Considerando o Risco. São Paulo: Elsevier Editora, 2009.

DEGANUTTI, Roberto; et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. 2013. Disponível em <[www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/216/181](http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/216/181)> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

DIAS, Maria Izabel Alencar; et al. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. Revista Energia na Agricultura. Botucatu, vol. 28, n. 3, p.155-164, julho-setembro, 2013. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/767/843>> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

DOTTO, Rodrigo Bragança; WOLFF, Delmira Beatriz. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. Revista Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e

Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 13-26, outubro-dezembro de 2012. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas%202012/02.pdf>> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/cot/COT50.html>>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

FAEPA – Federação da Agricultura e Pecuária do Pará. Disponível em: <<http://www.faepanet.com.br>> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

GASPAR, Rita Maria Leme. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. 2003. 106 f. Dissertação (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – PR. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85585/224646.pdf>>. Acessado em: 03 de fevereiro de 2015.

GESTÃO NO CAMPO. Modelos de Biodigestores. Disponível em: <<http://www.gestaonocampo.com.br/biblioteca/modelos-de-biodigestores/>>. Acessado em: 12/05/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em 03 de março de 2015.

JUNQUEIRA, Juliana Bega. Biodigestão anaeróbia e compostagem com dejetos de bovinos confinados e aplicação do biofertilizante e do composto em área cultivada com *Panicum maximum* JACQ., CV Tanzânia. 2011, 103 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Campus de Jaboticabal. Jaboticabal – São Paulo. Disponível em: <[http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96528/junqueira\\_jb\\_me\\_jabo.pdf?sequence=1](http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96528/junqueira_jb_me_jabo.pdf?sequence=1)>

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1991.

LINDEMEYER, Ricardo Matsukura. Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica. 2008, 105 f. Trabalho de Conclusão de Estágio (Bacharel em Administração). Departamento de Ciências da Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/TCC\\_Ricardo\\_Matsukura\\_Lindemeyer.pdf](http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/TCC_Ricardo_Matsukura_Lindemeyer.pdf)> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

MANSO, Kennia Regina de Jesus; FERREIRA, Osmar Mendes. Confinamento de bovinos: Estudo do gerenciamento dos resíduos. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia – GO. Disponível em: <<http://www.cigeneticabovina.com.br/pe/dcd768bbf6991ca78688c72e4c51ba09.pdf>> Acessado em: 23/04/2015.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo: Atlas, 1986.

MARQUES, Gilmar dos Santos. Alternativas de financiamento de projetos de biogás e geração de energia elétrica em aterros sanitários: estudo de caso. 2006, 169 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF. Disponível em: <[http://www.bdtd.ucb.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=496](http://www.bdtd.ucb.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=496)> Acessado em: 20/04/2015. Acessado em: 20/04/2015

MARTINS, Franco M.; OLIVEIRA, Paulo A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. Revista Eng. Agríc., Jaboticabal, v.31, n.3, p.477-486, maio/jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n3/a08v31n3>> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

MILONE, Giuseppe. Matemática Financeira. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/biomassa>>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

MONTORO, Stela Basso; SANTOS, David Ferreira Lopes; LUCAS JR, Jorge. Análise econômica de investimentos que visam à produção de biogás e biofertilizante por meio de biodigestão anaeróbia na bovinocultura de corte. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012\\_TN\\_STP\\_159\\_929\\_20095.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STP_159_929_20095.pdf)> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

\_\_\_\_\_ Análise econômica de investimentos que visam à produção de biogás e biofertilizante por meio de biodigestão anaeróbia na bovinocultura de corte. SPELL, 2013. Disponível em: <[www.spell.org.br/documentos/download/10400](http://www.spell.org.br/documentos/download/10400)>. Acessado em: 05 de março de 2015.

\_\_\_\_\_ Sustentabilidade energética e ambiental: viabilidade econômica da implantação de biodigestores anaeróbios para tratamento de dejetos bovinos. XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campo Grande, MS, Brasil, 27 a 31 de julho de 2014. Disponível em: <<http://www.sbea.org.br/conbea/2014/livro/R0237-2.pdf>>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NOGUEIRA, Ricardo Galbiatti Sandoval; et al. Caracterização qualitativa e potencial de produção de metano do biogás de dejetos de Bovinos confinados em biodigestores. III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. Disponível em: <[http://www.sisca.com.br/resumos/SISCA\\_2013\\_028.pdf](http://www.sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_028.pdf)> Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

PORTAL BRASIL. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/brasil-e-destaque-global-no-uso-de-biomassa>>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

RIBEIRO, Glauco Mora. Efeito da fonte proteica e do tratamento físico do concentrado, no desempenho de bovinos em confinamento e impacto ambiental dos dejetos. 2006, 95f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp. Jaboticabal, São Paulo. Disponível em: < <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3032.pdf>> Acessado em: 23/04/2015

SANTOS, Edval Luiz Batista dos; NARDI JR, Geraldo de. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal, 2013. Disponível em: <[www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/216/181](http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/216/181)>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

SEAB - Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/pecuaria\\_corte\\_13\\_14.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/pecuaria_corte_13_14.pdf)> . Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.





SILVA, Adriane de Andrade. Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e plantas. 2009. 188 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2009. Disponível em <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/d/3127.pdf>>. Acessado em: 06 de março de 2015.

VALERIANO; Dalton. Moderno Gerenciamento de Projetos. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

WALKER, Eliana. Estudo da viabilidade econômica na utilização de biomassa como fonte de energia renovável na produção de biogás em propriedades rurais. 2009, 107 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul. Disponível em:<<http://bibliodigital.unijui.edu.br/8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/220/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Eliana%20Walker.pdf?sequence=1>> Acessado em: 20/04/2015

## ANEXO

## ANEXO A – Orçamento para estrutura de tratamento de efluente

RAFAEL SILVA - AM E-mail: rafael_eng.industrial@hotmail.com	A/C: RAFAEL SILVA Fone: +55 (91) 991527917 r. Fax: +55 ( ) r. .	Número: 35864 Obra: Biodigestor 2.000 bovinos																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>QUANT</th> <th>UN</th> <th>PREÇO UN</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BIOD.TUBULAR(6 X 25) 720m3 (PVC 1mm estrut.)</td> <td>6</td> <td>PC</td> <td>22.877,87</td> <td>137.267,22</td> </tr> <tr> <td>MANTA GEOTEXTIL</td> <td>2646</td> <td>m2</td> <td>5,25</td> <td>13.891,50</td> </tr> <tr> <td>LAGOA AEROBICA</td> <td>2704</td> <td>m2</td> <td>16,23</td> <td>43.885,92</td> </tr> <tr> <td>Dispositivo Gerador Descarga</td> <td>3</td> <td>PC</td> <td>8.500,00</td> <td>25.500,00</td> </tr> <tr> <td>(obrigatorio) Valvula de alivio</td> <td>6</td> <td>un</td> <td>250,00</td> <td>1.500,00</td> </tr> <tr> <td>(obrigatorio) Flange 6 polegadas</td> <td>24</td> <td>un</td> <td>44,00</td> <td>1.056,00</td> </tr> <tr> <td>Flare (queimador)</td> <td>6</td> <td>un</td> <td>500,00</td> <td>3.000,00</td> </tr> <tr> <td>Instalacao (diaria)</td> <td>18</td> <td>Di</td> <td>750,00</td> <td>13.500,00</td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIÇÃO	QUANT	UN	PREÇO UN	TOTAL	BIOD.TUBULAR(6 X 25) 720m3 (PVC 1mm estrut.)	6	PC	22.877,87	137.267,22	MANTA GEOTEXTIL	2646	m2	5,25	13.891,50	LAGOA AEROBICA	2704	m2	16,23	43.885,92	Dispositivo Gerador Descarga	3	PC	8.500,00	25.500,00	(obrigatorio) Valvula de alivio	6	un	250,00	1.500,00	(obrigatorio) Flange 6 polegadas	24	un	44,00	1.056,00	Flare (queimador)	6	un	500,00	3.000,00	Instalacao (diaria)	18	Di	750,00	13.500,00
DESCRIÇÃO	QUANT	UN	PREÇO UN	TOTAL																																												
BIOD.TUBULAR(6 X 25) 720m3 (PVC 1mm estrut.)	6	PC	22.877,87	137.267,22																																												
MANTA GEOTEXTIL	2646	m2	5,25	13.891,50																																												
LAGOA AEROBICA	2704	m2	16,23	43.885,92																																												
Dispositivo Gerador Descarga	3	PC	8.500,00	25.500,00																																												
(obrigatorio) Valvula de alivio	6	un	250,00	1.500,00																																												
(obrigatorio) Flange 6 polegadas	24	un	44,00	1.056,00																																												
Flare (queimador)	6	un	500,00	3.000,00																																												
Instalacao (diaria)	18	Di	750,00	13.500,00																																												
	<b>TOTAL GERAL: R\$ 239.600,64</b>																																															
	<p style="text-align: center;"><b>POR CONTA DO CLIENTE</b></p> <p>Preparo da infra-estrutura.          Cimento e areia.          Local segura para guarda dos materiais.          Mão de obra auxiliar (4 braçais).          Fornecimento de energia elétrica (220v) no local.          Transp. horizontal/vertical p/movim. das geom.          Frete do material São Paulo - local da obra.          Despesas com transporte, hosped. e aliment.</p>																																															
	<b>CONDIÇÃO DE PAGAMENTO:</b> Pagamento a vista.																																															
Data: 03/07/2015 Validade da proposta: 30 dias. <b>Concordância do contratante:</b> ( ) SIM. Concordo com todos os termos desse orçamento e autorizo o serviço. Nome / assinatura:		JENIFFER BRITO																																														

**BIODIGESTOR TUBULAR**

animal	quantidade	volume diário	litros fezes/água	tempo retenção
suíno	0	0	0	30
gado	2000	30000	60000	55
cavalos	0	0	0	55
aves	0	0	0	60

Volume digestor	3.300	m <sup>3</sup>
volume biofertilizante	3.300	m <sup>3</sup>
volume alimentador	330	m <sup>3</sup>
volume de biogás	1.890	m <sup>3</sup> /dia

Biodigestor	diâmetro	3	M
	comprimento	665	M
	volume	4.714	m <sup>3</sup>
	área manta	6302,25	m <sup>2</sup>
Tanque biofertilizante	volume	3.300	m <sup>3</sup>
	altura	1,5	M
	largura	48	M
	área manta	2.704,00	m <sup>2</sup>

