

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR MG

CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

ALISSON GERALDO SANTOS

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO E PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE
UMA FAZENDA DE PRODUÇÃO LEITEIRA.**

FORMIGA-MG

2018

ALISSON GERALDO SANTOS

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO E
PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE UMA FAZENDA DE
PRODUÇÃO LEITEIRA.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do UNIFOR-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador (a): Prof.^a Esp. Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta

FORMIGA – MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

S237 Santos, Alisson Geraldo.
Estudo da viabilidade da implantação de um sistema de produção e
purificação de biogás proveniente de resíduos de uma fazenda de
produção leiteira / Alisson Geraldo Santos. – 2018.
71 f.

Orientadora: Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Química)-Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Economia. 2. Biodigestores. 3. Dimensionamento. I. Título.

CDD 665.776

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Rosana Guimarães Silva – CRB6-3064

ALISSON GERALDO SANTOS

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO E
PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE UMA FAZENDA DE
PRODUÇÃO LEITEIRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso
de Engenharia Química do UNIFOR-MG, como
requisito parcial para a obtenção do título de bacharel
em Engenharia Química.

Orientador (a): Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Esp. Rosiene Gonzaga de Jesus Pereira

Orientador



Prof. Me. Samuel, da Silva Ribeiro

UNIFOR-MG



Prof. Dr. Alex Magalhães de Almeida

UNIFOR-MG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, pelo apoio, confiança, incentivo, para enfrentar as dificuldades que está fase da minha vida trouxe, pela sabedoria de seus conselhos, pelo amor, educação e pelo exemplo de vida.

A meu irmão Alex, pela força, incentivo, companhia e pelo conhecimento passado.

As minhas avós Maria e Divina, pelo carinho, apoio, amor, e por serem um exemplo de vida.

A meu avô Cesário, pelo incentivo, amor, conselhos e exemplo de força de vontade e longevidade.

Aos meus primos e tios pelo apoio e incentivo, em especial a meu primo Neylor, que seguiu o mesmo caminho e sempre esteve presente nos momentos de dificuldade.

Ao Sr. Gilberto, pela amizade, incentivo, conselhos e pela cerveja sempre gelada.

Aos meus amigos que fiz nesta caminhada pela confiança no meu sucesso, incentivo, apoio, em especial ao Ivo, Maria Carolina e Natália, os quais levarei para resto da vida.

A minha orientadora Professora Rosiene, pelo apoio, incentivo e paciência.

A todos meus professores, pela contribuição na minha formação e pelo exemplo profissional.

A todos que estiveram presentes durante esta fase meu muito obrigado!

RESUMO

Os gastos com modernização e melhoria da técnica, são um grande impeditivo para o desenvolvimento econômico de propriedades de produção leiteira. Boa parte destes custos vem do aumento do consumo energético devido a instalação de equipamentos como ordenhadeiras mecânicas. Uma alternativa para reduzir estes custos com energia é a implantação de biodigestores nas propriedades, o que além de gerar economia ainda é uma excelente alternativa para o tratamento de resíduos animais e sanitários da propriedade. O presente trabalho apresenta alguns modelos de biodigestores e de sistemas de purificação de gás (remoção de CO₂ e H₂S) e suas principais características. Também é abordado neste trabalho o dimensionamento de dois modelos de biodigestores, um canadense para implantação em propriedades de médio porte e um indiano para implantação em propriedades de pequeno porte. Também foi proposto e dimensionado um purificador de gás, que opera pelo método de water scrubbing. As propriedades geram resíduos suficientes para produzir 45 m³ de biogás, na propriedade de pequeno porte, e 90 m³ de biogás na propriedade de médio porte. O consumo energético das propriedades é de 24,66 KWh na propriedade de pequeno porte e 172,88 KWh na propriedade de médio porte. O sistema composto pelo biodigestor indiano mais o purificador apresentou uma economia anual de R\$ 4.090,24, mas mostrou ser economicamente inviável apresentando VPL e TIR negativos. Já o sistema com o biodigestor canadense apresentou uma economia anual de R\$ 21.214,24, com um VPL de R\$ 25.123,72 e TIR de 48%, sendo assim considerado economicamente viável.

Palavras-Chave: Economia. Biodigestores. Dimensionamento.

ABSTRACT

The expenses with modernization and improvement of the technique, are a great impediment to the economic development of dairy production properties. Much of these costs come from increased energy consumption due to the installation of equipment such as mechanical milking machines. An alternative to reduce these costs with energy is the implantation of biodigesters in the properties, which in addition to generating savings is still an excellent alternative for the treatment of animal and sanitary waste of the property. The present work presents some models of biodigesters and gas purification systems (CO₂ and H₂S removal) and their main characteristics. Also, the design of two models of biodigestors, one Canadian for medium-sized properties and one Indian for small-scale properties, is considered. It has also been proposed to dimension a gas scrubber, which operates by the water scrubbing method. The properties generate enough waste to produce 45 m³ of biogas in the small property, and 90 m³ of biogas in the medium-sized property. The energy consumption of the properties is 24.66 KWh in the small property and 172.88 KWh in the medium-sized property. The system composed of the Indian biodigester plus the purifier presented an annual saving of R \$ 4,090.24, but was economically unfeasible with negative NPV and IRR. The system with the Canadian biodigester presented an annual savings of R \$ 21,214.24, with an NPV of R \$ 25.123,72 and a IRR of 48%, thus being considered economically viable.

Keywords: Economics. Biodigesters. Sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução da participação das fontes primarias de energia	21
Figura 2-Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa	23
Figura 3-Etapas de produção do Biogás	24
Figura 4- Modelo de biodigestor Contínuo	29
Figura 5- Biodigestor Indiano.....	30
Figura 6-Biodigestor modelo Chinês.....	31
Figura 7-Biodigestor Modelo Canadense	33
Figura 8 - Biodigestor em Batelada	34
Figura 9- Dimensões do Modelo indiano.	38
Figura 10- Método de Purificação por WS.....	40
Figura 11- Esquema de purificação PSA.....	41
Figura 12- Croqui do purificador do tipo WS.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Produção de Leite, Vacas ordenhadas e produtividade animal, 2000/2015.....	19
Tabela 2-Consumo Mundial de Biomassa em Mtep (Megatonelada equivalente de petróleo)	22
Tabela 3- Composição do Biogás.....	25
Tabela 4- Comparativo entre diferentes fontes energéticas e o biogás	26
Tabela 5-Comparativo entre o modelo Chinês e Indiano	31
Tabela 6- Quantidade de Cabeças e Tipo de criação.....	45
Tabela 7- Consumo total de energia da propriedade de pequeno porte.....	48
Tabela 8-Consumo total de energia da propriedade de médio porte.	48
Tabela 9-Quantidade de matéria orgânica para requerida.	49
Tabela 10- Parâmetros para dimensionamento.....	49
Tabela 11- Parâmetros para o dimensionamento do modelo Indiano.	51
Tabela 12- Investimento para a construção dos biodigestores e do purificador.....	53
Tabela 13-Economia anual.	54
Tabela 14-VPL modelo indiano	55
Tabela 15-VPL modelo canadense.	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Produção e comercialização de leite cru nas macrorregiões brasileiras	20
Gráfico 2- Preço médio do Leite	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Equações para o dimensionamento de biodigestores modelo canadense.....	39
Quadro 2- Dimensões do Biodigestor Indiano.	50
Quadro 3-Dimensões do modelo canadense.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a	ALTURA ENTRE O SOLO E A CAIXA DE ENTRADA (m)
A%	PORCENTAGEM DO PERÍMETRO TRANSVERSAL DESTINADO AO ARCO. (%)
a _f	LARGURA MAIOR DA FOSSA (m)
A _f	ÁREA MAIOR DA FOSSA (m)
A _g	ÁREA TRANSVERSAL DA CAMPANA (m)
A _t	ÁREA TOTAL TRANSVERSAL (m)
b	ALTURA DA PARADE DO BIODIGESTOR ACIMA DO SOLO (m)
BDI	BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS (%)
b _f	LARGURA MENOR DA FOSSA (m)
CDB	CERTIFICADO DE DEPOSITO BANCARIO
CEMIG	COMPANHIA ELÉTRICA DE MINAS GERAIS
CF _t	FLUXO DE CAIXA TOTAL DO ANO t (R\$)
C _t	COMPRIMENTO DO TUBO DE ENTRADA (m)
D _b	DIÂMETRO DA BASE (m)
D _e	DIÂMETRO EXTERNO DA PAREDE SUPERIOR (m)
D _e i	DIÂMETRO EXTERNO DA PAREDE INFERIOR (m)
D _g	DIÂMETRO DO GASÔMETRO (m)
D _i	DIÂMETRO INTERNO DA PAREDE INFERIOR (m)
D _s	DIÂMETRO INTERNO DA PAREDE SUPERIOR (m)
e	ALTURA DA ENTRADA DO TUBO DE CARGA NO BIODIGESTOR (m)
EPE	EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS.
F _{c0}	FLUXO DE CAIXA DO ANO 0 (R\$)
F _{cj}	FLUXO DE ENTRADA OU SAÍDA PARA CADA PERÍODO J (R\$)
FMD	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO
FMDA	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO ACUMULADO
H	ALTURA DO NÍVEL DO SUBSTRATO (m)
h ₁	ALTURA OCIOSA DO GASÔMETRO (m)
h ₂	ALTURA ÚTIL DO GASÔMETRO (m)
h _f	PROFUNDIDADE DA FOSSA (m)
h _p	ALTURA DA PAREDE DIVISÓRIA (m)
i	TAXA DE DESCONTO (%)
I ₀	FLUXO DE CAIXA DO INVESTIMENTO INICIAL (R\$)

INCRA	INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA
K	FATOR DE RENDIMENTO
L	COMPRIMENTO DA FOSSA (m)
Mtep	MEGA TONELADA EQUIVALENTE DE PETROLEO
n	PERÍODO (anos)
p	PROPORÇÃO DA FASE GASOSA DESEJADA (%)
Qi	CONSUMO ELÉTRICO UNITÁRIO (KW)
Qmo	QUANTIDADE DE MATÉRIA ORGÂNICA DEMANDADA (Kg)
Qt	CONSUMO ELÉTRICO TOTAL (KW)
R	CARGA DIÁRIA
r	RAIO DA CAMPANA (m)
SETOP	SECRETARIA ESTADUAL DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS
SINAPI	SISTEMA NACIONAL DE PREÇOS E ÍNDICES PARA CONSTRUÇÃO CIVIL
SNCR	SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO RURAL
T	TEMPO DE RETORNO (anos)
TIR	TAXA INTERNA DE RETORNO
TMA	TAXA MINIMA DE ATRATIVIDADE
TRH	TEMPO DE RETENÇÃO HIDRAULICA
V1	VOLUME OCIOSO DO GASÔMETRO (m ³)
V2	VOLUME ÚTIL DO GASÔMETRO (m ³)
VAUE	VALOR ANUAL UNIFORME
Vb	VOLUME DO BIODIGESTOR (m ³)
Ve	VOLUME DA CAIXA DE ENRADA (m ³)
Vf	VOLUME TOTAL DA FOSSA (m ³)
VFL	VALOR FUTURO LÍQUIDO (R\$)
Vgf	VOLUME TOTAL DO GÁS (m ³)
Vg	VOLUME DO GASÔMETRO
Vp	VOLUME DA PAREDE DIVISÓRIA (m ³)
VPL	VALOR PRESENTE LIQUÍDO (R\$)
Vue	VOLUME ÚTIL ESTIMADO (m ³)
WS	WATER SCRUBBING

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	17
2	OBJETIVOS	18
1.1	Objetivo Geral	18
1.2	Objetivos Específicos.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Mercado Leiteiro brasileiro	19
2.2	Biomassa	21
2.3	Biogás.....	23
2.3.1	Características e composição.....	24
2.4	Biofertilizante.....	26
2.5	Biodigestores	27
2.5.1	Breve Histórico	27
2.5.2	Definição e Classificação	28
2.5.2.1	Biodigestores do Tipo Contínuo.....	28
2.5.2.1.1	Biodigestor Modelo Indiano	29
2.5.2.1.2	Biodigestor Modelo Chinês.....	30
2.5.2.1.3	Biodigestor Modelo Canadense.....	32
2.5.2.2	Biodigestores do Tipo Batelada.....	33
2.5.3	Dimensionamento de biodigestores.....	34
2.5.3.1	Modelo Indiano.....	35
2.5.3.2	Modelo Canadense	38
2.6	Métodos de Purificação	39
2.7	Estudo da Viabilidade Econômica.	41
2.7.1	Taxa mínima de Atratividade (TMA).....	42
3.6.2	Valor presente líquido (VPL).	42
3.6.3	Taxa interna de Retorno (TIR).	43

3.6.4	Prazo de Retorno de Investimento (<i>Payback</i>)	44
4	METODOLOGIA.....	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES.....	65
	APÊNDICE A	66
	APÊNDICE B.....	70
	APÊNDICE C	72
	APÊNDICE D	73
	APÊNDICE E.....	75
	APÊNDICE F.....	76

1 INTRODUÇÃO

Dentre todas as atividades da agropecuária a que mais se destaca e avança é a produção leiteira. A produção com alta tecnologia mostra-se mais rentável do que outras atividades do agronegócio, mas a quantidade de propriedades que produzem com tal tecnologia ainda é pequena (SALGADO; 2013). De acordo com Kafruni e Ferrari (2018), boa parte do leite produzido no país vem de pequenas e médias propriedades, cerca de 47% do total, e geralmente estas propriedades não são desenvolvidas tecnologicamente.

Segundo Kafruni e Ferrari (2018), o setor agropecuário apresentou um crescimento de 13% no último ano, mostrando que o setor permaneceu forte durante a recessão econômica enfrentada pelo país. O mercado de produção leiteira não se comporta de maneira diferente. De acordo com La Face (2018) a demanda pelo leite deve apresentar um crescimento devido à queda da taxa de juro e da inflação e um crescimento do PIB (Produto Interno Bruto) de 2% a 3%, além de projeções do Ministério da Agricultura que preveem um crescimento de 2,1% a 3% nos próximos 10 anos. Vilela *et al* (2017) afirma que explicação para o crescimento da produção e a força do setor, está na modernização do processo produtivo.

De acordo com Botega (2005) a produção de leite, vem se tornando uma atividade mais controlada e com menor dependência de fatores externos, mas isso depende da viabilização tanto técnica quanto econômica de tecnologias e estratégias de produção, principalmente para pequenos e médios produtores. A incorporação de melhorias tecnológicas no processo produtivo, visa o aumento da capacidade de competir do produtor e também seu sucesso financeiro (BOTEGA, 2005).

Para se implantar um sistema de automação, mesmo que simples, deve-se levar em conta diversos fatores econômicos, como custo dos equipamentos, manutenção e consumo de energia. Para Deganutti *et al.* (2002) o biogás é uma alternativa barata e já difundida em diversos países para a produção de energia elétrica.

O uso de biodigestores para processar os dejetos produzidos pelos rebanhos e produzir biogás para a geração de energia elétrica é uma alternativa interessante.

1.1 Justificativa

Ao longo dos anos o setor agropecuário vem mostrando uma mudança significativa no que diz respeito a tecnologia e qualidade (agricultura de precisão, ordenhadeiras eletrônicas, melhoramento genético, etc.). Estas mudanças vêm fazendo com que este setor se desenvolva rapidamente.

Essa mudança tem dificultado a permanência de pequenas e médias propriedades no setor devido ao custo elevado de implantação e manutenção, além do aumento na demanda energética da propriedade. Portanto pesquisar e propor soluções eficazes para auxiliar estas propriedades a se manterem competitivas no mercado é de grande importância.

Com a volta do crescimento do mercado de leite os pequenos e médios produtores devem investir em qualidade e modernização para compensarem o baixo volume de leite produzido e se manterem competitivos no mercado. Uma alternativa para amenizar os custos de implantação de tais tecnologias seria o uso de energias alternativas como o biogás, que além de ser usado para gerar energia o resíduo gerado durante seu processo produtivo pode ser comercializado como biofertilizante complementando a renda da fazenda.

Assim, de maneira a amenizar os custos com o melhoramento tecnológico de pequenas e médias propriedades de leite, o presente trabalho visa propor e analisar a viabilidade econômica de sistemas de produção e purificação de biogás, utilizando esterco bovino com fonte de matéria orgânica, fornecendo uma saída rentável para estas propriedades.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os específicos deste trabalho são descritos nos tópicos a seguir.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade da implantação de sistemas de produção e tratamento de biogás, para produção de energia elétrica, usando como matéria-prima o esterco bovino, em médias e pequenas propriedades de produção leiteira.

1.2 Objetivos Específicos

- Propor sistemas de produção e purificação de biogás;
- Dimensionar e projetar sistemas de produção e purificação de biogás;
- Verificar a viabilidade econômica dos referidos sistemas por meio dos seguintes indicadores: Valor presente líquido (VPL), Taxa mínima de atratividade (TMA), Taxa interna de retorno (TIR) e Payback.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa, são abordados os principais temas relevantes para a elaboração do trabalho. Através do embasamento teórico obtido por meio de pesquisa em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, artigos acadêmicos, dissertações de mestrados, teses de doutorados e experimentos já realizados.

2.1 Mercado Leiteiro brasileiro

De acordo com Salgado (2013), o Brasil alcançou importância entre os principais produtores de leite no mundo, tendo como destaque o crescimento da demanda interna pelo produto e crescimento da produção acima da média mundial, mas grande parte desta produção vem de propriedades com baixa tecnologia. O país possui um dos maiores rebanhos produtivos do mundo (TAB. 1) cerca de 23 milhões de cabeças em 2015, mas com uma baixa produtividade cerca de 1.525 litros por animal por ano.

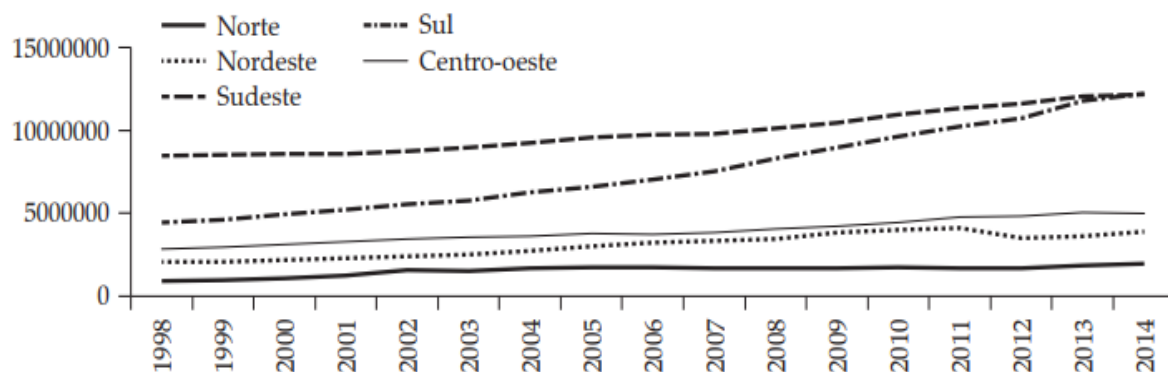
Tabela 1- Produção de Leite, Vacas ordenhadas e produtividade animal, 2000/2015.

País	Produção – mil t		Vacas ordenhadas – mil cab		Produtividade mil L/vaca	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Estados Unidos	76.023	93.461	9.210	9.208	8.254	10.150
Índia	32.967	66.423	32.883	45.949	1.003	1.446
China	8.632	37.610	4.866	12.561	1.774	2.994
Brasil	20.380	35.124	17.855	23.023	1.140	1.525

Fonte: adaptado ZOCCAL, 2017.

Segundo Salgado (2017) até 2012 o Brasil produzia 32.304 milhões de litros por ano, sendo que a maior parte da produção se concentra nas regiões sul e sudeste. A região sudeste é responsável por 39% da produção nacional, já a região Sul é responsável por 29% da produção e possuía a maior produtividade dentre as regiões brasileiras cerca de 2.057 litros/vaca/ano. Esta vantagem na produtividade é devida ao alto nível tecnológico da produção encontrado na região, esta tecnologia empregada na produção fez com que a região sul se igualasse a sudeste em termos de produção em meados de 2014 (GRAF. 1) (MORAES e FILHO, 2017).

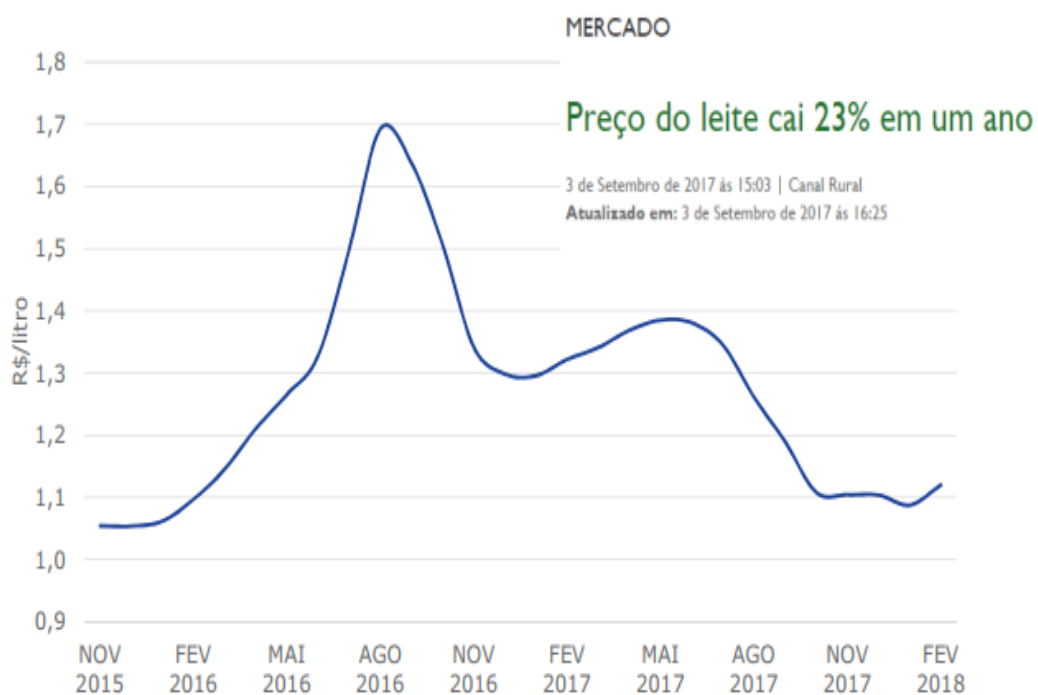
Gráfico 1- Produção e comercialização de leite cru nas macrorregiões brasileiras



Fonte: MORAES e FILHO 2017.

Em 2017 o preço do leite cru chegou a cair 23% (GRAF. 2), devido à queda na demanda do produto, causada pela crise econômica enfrentada pelo país, isso fez com que o mercado se desaquecesse e muitos produtores e perdessem o interesse na produção de leite e se voltassem para outras atividades. Mas a previsão para 2018 é que ocorra um crescimento lento, mas constante na produção de cerca de 1,2%, além de um aumento no preço médio pago ao produtor (RABOBANK, 2018)

Gráfico 2- Preço médio do Leite



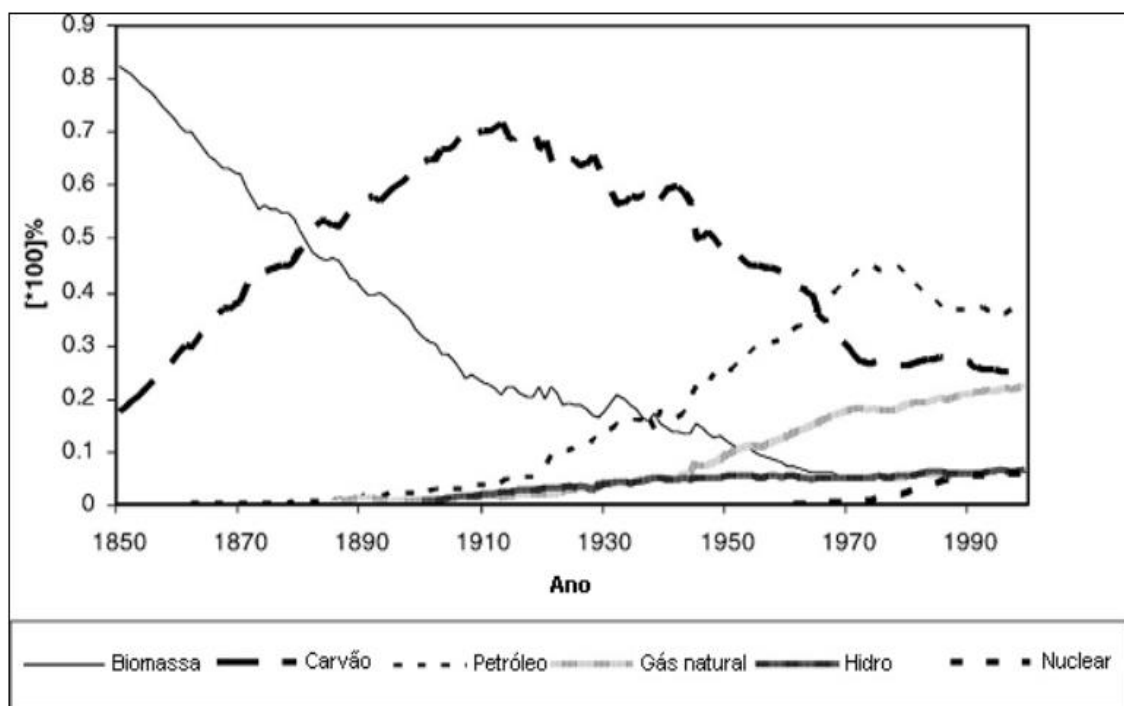
Fonte: RABOBANK, 2018.

2.2 Biomassa

Conforme a ANEEL (2005), a biomassa é toda matéria orgânica de origem animal ou vegetal que possa ser usada para a produção de energia. “A biomassa, para fins energéticos pode ser classificada em três categorias: florestal, agrícola e rejeitos urbanos (Cardoso, 2012, p. 5)”. Para Klass (1998) durante milhares de anos, a biomassa foi responsável por atender à maior parte das necessidades de energia da humanidade. A partir de meados do século XIX sua utilização nos países industrializados começou a diminuir, com o início da era dos combustíveis fósseis.

Dados do início do consumo (FIG. 1) de biomassa mostram que no final do século XIX, a biomassa deixou de ser a fonte de energia primária mais utilizada, sendo superada pelo carvão que foi a principal fonte de energia utilizada até o século XX, quando foi superada pelo petróleo, ao final do século XX a utilização da biomassa volta a crescer.

Figura 1- Evolução da participação das fontes primárias de energia



Fonte: MATIAS e DEVEZAS, 2007 p.764

Segundo ANEEL (2005) a biomassa representa 14% do total de energia consumida no mundo, e que, segundo alguns estudos, esse percentual pode aumentar ao longo dos anos. Até 1998, 60% da energia consumida na África era proveniente da biomassa e na América latina esse percentual era apenas de 18% (TAB. 2).

Tabela 2-Consumo Mundial de Biomassa em Mtep (Megatonelada equivalente de petróleo)

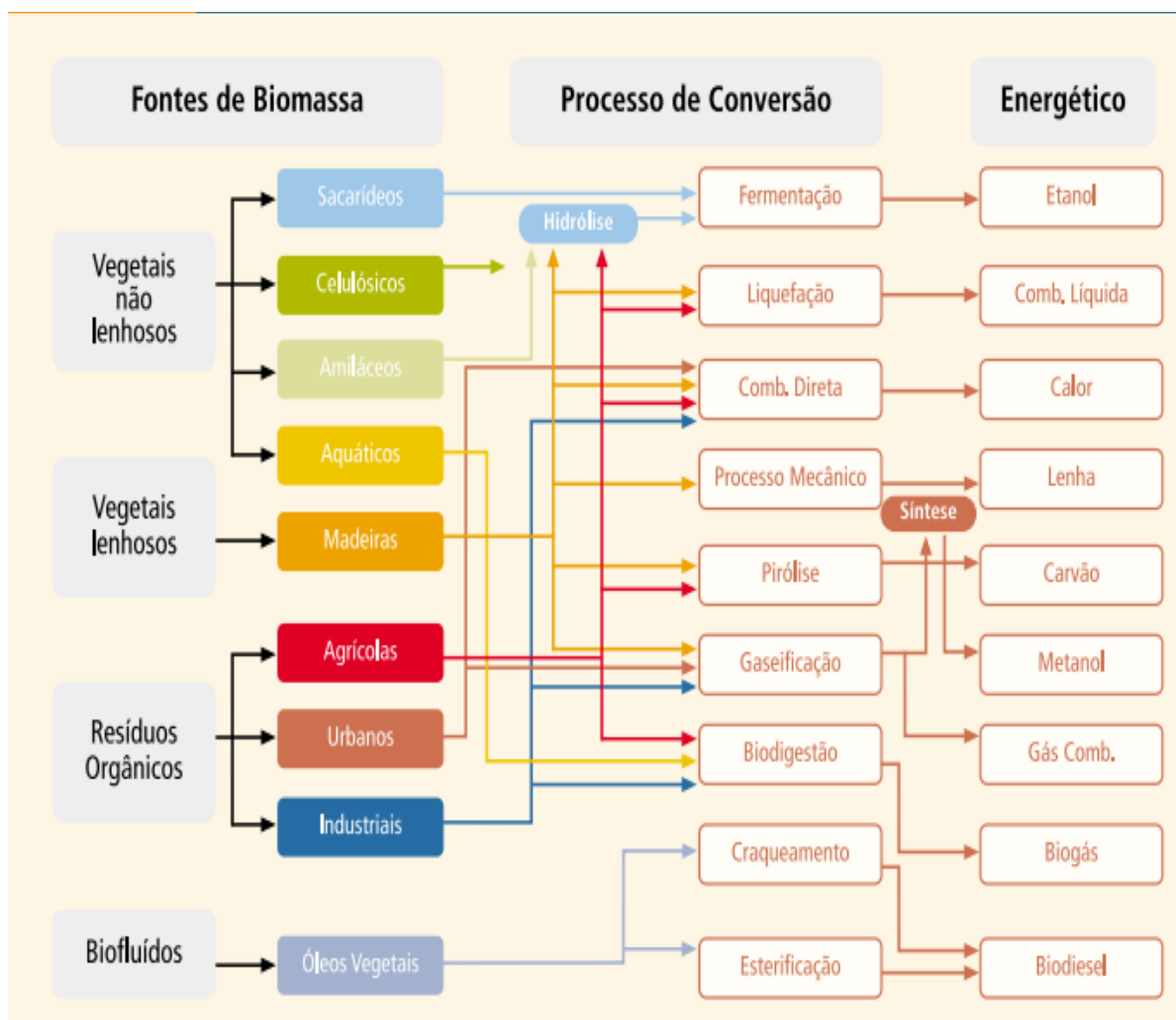
País ou Região	Biomassa	Outros	Total	[Biomassa/Total]%
Mundial	930	5.713	6.643	14
China	206	649	855	24
Leste Asiático	106	316	422	25
Sul da Ásia	235	188	423	56
América Latina	73	342	415	18
África	205	136	341	60
Países em Desenvolvimento	825	1.632	2.457	34
Países da OCDE	81	3.044	3.125	3

Fonte : ANEEL, 2005.

Segundo o balanço energético nacional (EPE, 2017) em 2016 43,5% da oferta interna de energia foi produzida por fontes renováveis sendo que 17,5% deste montante é proveniente da biomassa. Ainda de acordo balanço energético nacional, das 70.359.000 tep (tonelada equivalente de petróleo) de energia produzida através da biomassa, 9,2% foram utilizados para consumo doméstico, 3,7% foram destinados para o setor agropecuário e 49,7% para a indústria.

Existem diversas formas de se aproveitar a biomassa (FIG. 2), cada processo resulta em um tipo de combustível diferente como etanol e biogás. O processo estudado neste trabalho é a conversão de resíduos orgânicos é a biodigestão, um processo simples pelo qual a matéria orgânica é degradada na ausência de ar por microrganismos acidogênicos e metanogênicos, produzindo o chamado biogás (ANEEL, 2005).

Figura 2-Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa



Fonte: ANEEL, 2005, p. 87

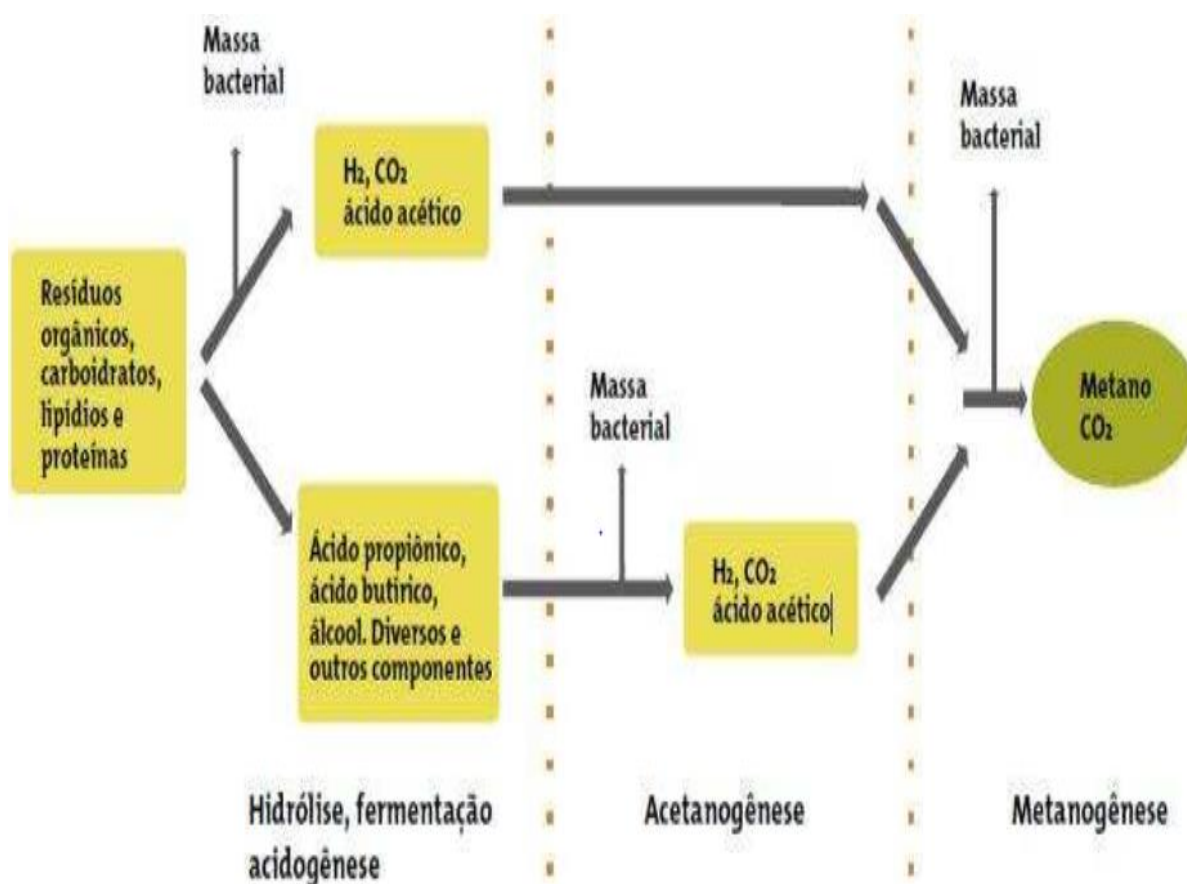
2.3 Biogás

Segundo Silveira¹ (1981 apud OLIVEIRA, 2009) a descoberta do biogás é atribuída a Alessandro Volta, no século XVII. Mas para CLASSEN; LIER; STAMRS, (1999) a descoberta do biogás, ou "gás dos pântanos" é datada do ano de 1667. Já no século XIX, Ulysses Grayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbia de uma mistura de estrume e água, a 35 °C, conseguindo obter 100 litros de gás por m³ de matéria (NOGUEIRA, 1986). De acordo com Pecora (2006), na década de 70 durante a crise do petróleo, a utilização da decomposição anaeróbica para produção de energia foi trazida para o Brasil, vários biodigestores foram implantados na região nordeste, porém os benefícios obtidos com o biogás e o biofertilizante não foram satisfatórios.

¹ SILVEIRA, O. **Biogestor. Solução energética para o campo.** São Paulo, Secretaria de Ciência: Família Cristã, jul. 1981.

O Processo de produção do Biogás pode ser dividido em três etapas (FIG. 3), na primeira a matéria orgânica é convertida em moléculas menores pela ação da bactérias hidrolíticas e fermentativas, na segunda as bactérias acetogênicas transformam o produtos obtidos na primeira etapa em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono, na terceira e última etapa o metano é formado através da ação das bactérias metanogênicas que convertem os produtos formados na segunda etapa em metano (SOSA, CHAO, RÍO, 1999).

Figura 3-Etapas de produção do Biogás



Fonte: PRATI, 2010, p.24.

2.3.1 Características e composição

Segundo Zanette (2009) o biogás é um gás, produzido a partir da decomposição anaeróbica da biomassa, composto primariamente de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), contendo pequenas quantidades de ácido sulfídrico (H₂S) e amônia. As quantidades de metano presentes no biogás podem variar de acordo com as condições do processo de produção (pressão e temperatura) e do tipo de biomassa utilizada, variando de 50 a 70%, contendo pequenas quantidades nitrogênio e hidrogênio e oxigênio (TAB. 3).

Tabela 3- Composição do Biogás

Gases	%
Metano (CH ₄)	50 a 70
Dióxido de carbono (CO ₂)	30 a 40
Nitrogênio (N ₂)	0 a 10
Hidrogênio (H ₂)	0 a 5
Oxigênio (O ₂)	0 a 1
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	0 a 1
Vapor d'água	0,3

Fonte: Adaptado de WALSH JR. et al, (1998); BRETON et al., (2004)

De acordo com Riberio (1993), quando ocorre a combustão do biogás, um subproduto formado é a água devido à presença de hidrogênio. Caso essa água se condense combustível apresenta o poder calorífico superior (PCS), mas se a água estiver no estado gasoso é atingindo o poder calorífico inferior (PCI), sendo que este poder calorífico varia de acordo com a concentração de metano presente na mistura gasosa. De acordo com Oliveira (2009, p.13) “o poder calorífico bruto do biogás pode ser considerado aproximadamente 6 kWh/m³, sendo que para o gás purificado este valor sobe para 9,5 kWh/m³”.

Em função da porcentagem de metano na composição da mistura gasosa (biogás), o poder calorífico deste pode variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico. Uma vez eliminado todo o gás carbônico da mistura esse poder calorífico poderá chegar a aproximadamente 12.000 kcal por metro cubico (OLIVEIRA, 2009, p. 12.)

A TAB. 4 faz um comparativo entre o biogás e outros combustíveis, comparando qual seria o volume de gás necessário para produzir a mesma quantidade de energia que 1 (uma) unidade destes combustíveis.

Tabela 4- Comparativo entre diferentes fontes energéticas e o biogás

Biogás (m ³)	Fonte Energética	Equivalências		
		Litro (l)	Kg	kWh
1,63	Gasolina	Litro (l)	Kg	kWh
1,80	Óleo diesel	1,00	-	-
1,73	Querosene	1,00	-	-
1,58	Gasolina de avião	1,00	-	-
2,00	Óleo combustível	1,00	-	-
1,81	Petróleo médio	1,00	-	-
1,26	Álcool Combustível	1,00	-	-
2,20	Gás liquefeito de petróleo	-	1,00	-
0,65	Lenha	-	1,00	-
1,36	Carvão vegetal	-	1,00	-
0,29	Xisto	-	1,00	-
0,70	Energia Elétrica	-	-	1,00

Fonte: VELOSO, 2011

Barrera (2011), afirma que para se produzir 1 m³ de biogás, em média, são necessários 25 kg de esterco bovino fresco ou 5 kg de esterco seco de galinha ou 12 kg de esterco de porco ou 25 kg de plantas/cascas de cereais.

2.4 Biofertilizante

É considerado como biofertilizante todo produto que contem princípio ativo ou agente capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou partes das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade (BRASIL, 1982).

De acordo como Darolt e Neto (2006), os biofertilizante são obtidos através da ação de microrganismos durante o processo de decomposição da matéria orgânica.

Segundo Santos (1991) o biofertilizante obtido através do esterco bovino, é um composto rico em carbonato de cálcio, óxido sulfúrico, nitrogênio, fosfato e potássio, e possui um pH em torno de 7,6.

2.5 Biodigestores

Nesta seção será apresentado um breve histórico da utilização de biodigestores no Brasil e no mundo. Assim como os principais tipos e suas características. Também serão abordadas metodologias para o dimensionamento de alguns modelos de biodigestores.

2.5.1 Breve Histórico

Os primeiros biodigestores inventados foram projetados pelo químico britânico Humphrey Davy em 1806, o qual havia identificado um gás rico em metano e dióxido de carbono proveniente da decomposição de dejetos animais (BEZERRA et al., 2014).

Alguns estudos com o de Sganzela (1983, p.8) citam Bombaim, na Índia como o local de nascimento dos biodigestores.

Pela literatura existente, o primeiro biodigestor posto em funcionamento regular na Índia foi no início deste século em Bombaim. Em 1950, Patel instalou, ainda na Índia, o primeiro Biodigestor de sistema contínuo. Na década de 60, Fry, um fazendeiro, desenvolveu pesquisas com biodigestores da África do Sul (SGANZERA, 1983, p. 8).

De acordo com Palhares (2008), a China tornou a implantação de biodigestores uma questão vital, buscando a descentralização energética do país durante as décadas de 50 e 60, pois no caso de uma guerra, que poderia significar a destruição quase total da civilização, o ataque às centrais energéticas, representaria o fim de toda atividade econômica. Palhares (2008, p. 2) ainda ressalta o desenvolvimento dos biodigestores na Índia.

Inegavelmente, a pesquisa e desenvolvimento de biodigestores desenvolveram-se muito na Índia, onde, em 1939, o Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola, em Kanpur, desenvolveu a primeira usina de gás de esterco. O sucesso obtido animou os indianos a continuarem as pesquisas, formando o Gobar Gás Institute (1950). Tais pesquisas resultaram em grande difusão da metodologia de biodigestores como forma de tratar os dejetos animais, obter biogás e ainda conservar o efeito fertilizante do produto final. Foi esse trabalho pioneiro, realizado na região de Ajitmal (Norte da Índia), que permitiu a construção de quase meio milhão de unidades de biodigestão no interior daquele país (PALHARES 2008, p. 2)

Após a crise do petróleo de 1973, os biodigestores passaram a ser uma opção adotada por países de terceiro mundo, assim como em países desenvolvidos, mas não houve um desenvolvimento tão grande como na China e Índia (GASPAR, 2003).

No Brasil os biodigestores foram difundidos após a crise energética de 1973. Em novembro de 1979 a Embrater (Empresa Brasileira de Assistência e Extensão Rural) implantou o primeiro biodigestor modelo chinês na granja do torto em Brasília. Os biodigestores rurais tiveram maior desenvolvimento na década de 80 quando contaram com grande apoio dos Ministérios da Agricultura e de Minas e Energia. Cerca de 8.000 unidades, principalmente os

modelos chinês e indiano, além de alguns de plástico tinham sido construídos até 1.988, dos quais 75% estavam funcionando adequadamente, COELHO *et al* (2000)

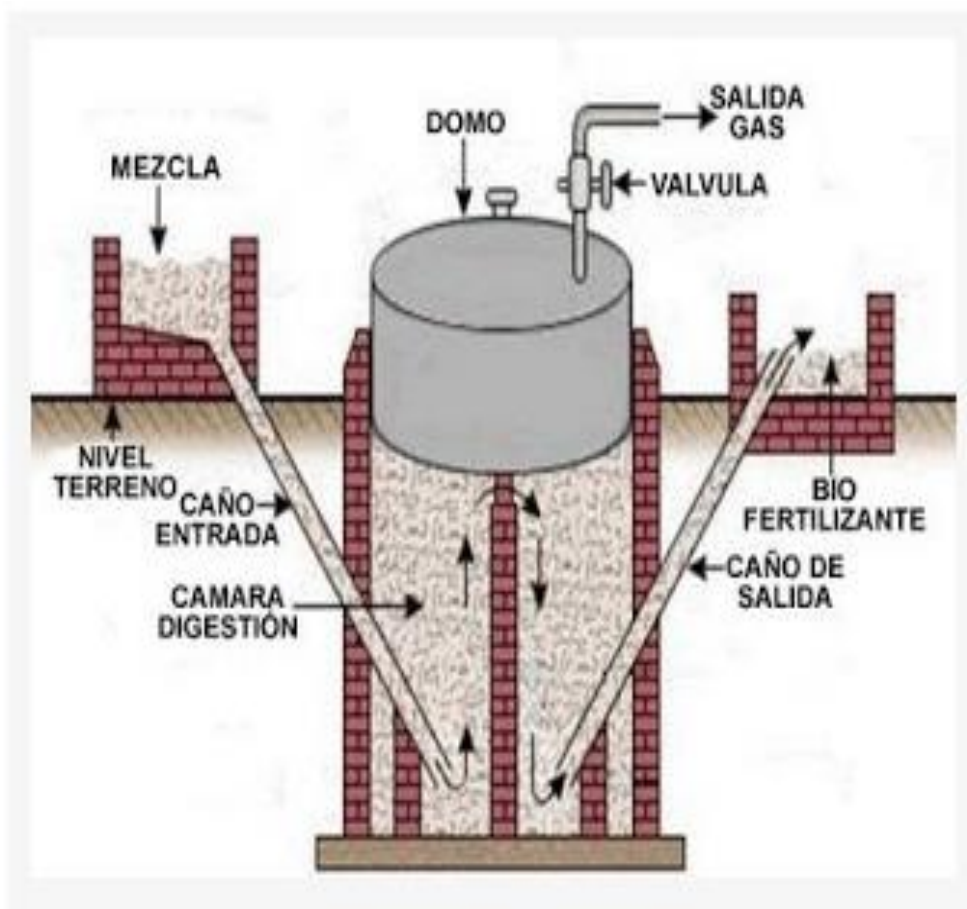
2.5.2 Definição e Classificação

Para Deganutti *et al.* (2002, p.2) “o biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa, onde sofrerá decomposição, gerando o biogás que irá se acumular na parte superior da referida câmara”. Um biodigestor é formado basicamente de duas partes, um tanque para armazenar a matéria-prima e permitir a digestão e um gasômetro, para armazenar o biogás (BEZERRA *et al.*, 2014). Quanto ao tipo de abastecimento, o biodigestor pode ser classificado como contínuo ou intermitente, também conhecido como batelada (GASPAR, 2003). Os biodigestores podem ser classificados de acordo com seu tipo de construção, vertical ou horizontal e quando ao seu modelo, chinês, indiano e canadense sendo estes três os mais comumente empregados devido ao alto rendimento e fácil operação (COELHO, 2012).

2.5.2.1 Biodigestores do Tipo Contínuo

O biodigestor de tipo contínuo trabalha com cargas diárias de matéria orgânica, que move se através do reator devido à carga hidráulica. A matéria orgânica deve ser relativamente fácil de degradar e deve ser diluída e se possível, deve ser triturada antes de entrar no equipamento a fim de promover um ambiente propício para a degradação e prevenir o entupimento da tubulação os modelos mais comuns são o chinês e o indiano (FIG. 4) (COELHO, 2012; SOARES E SILVA, 2007)

Figura 4- Modelo de biodigestor Contínuo



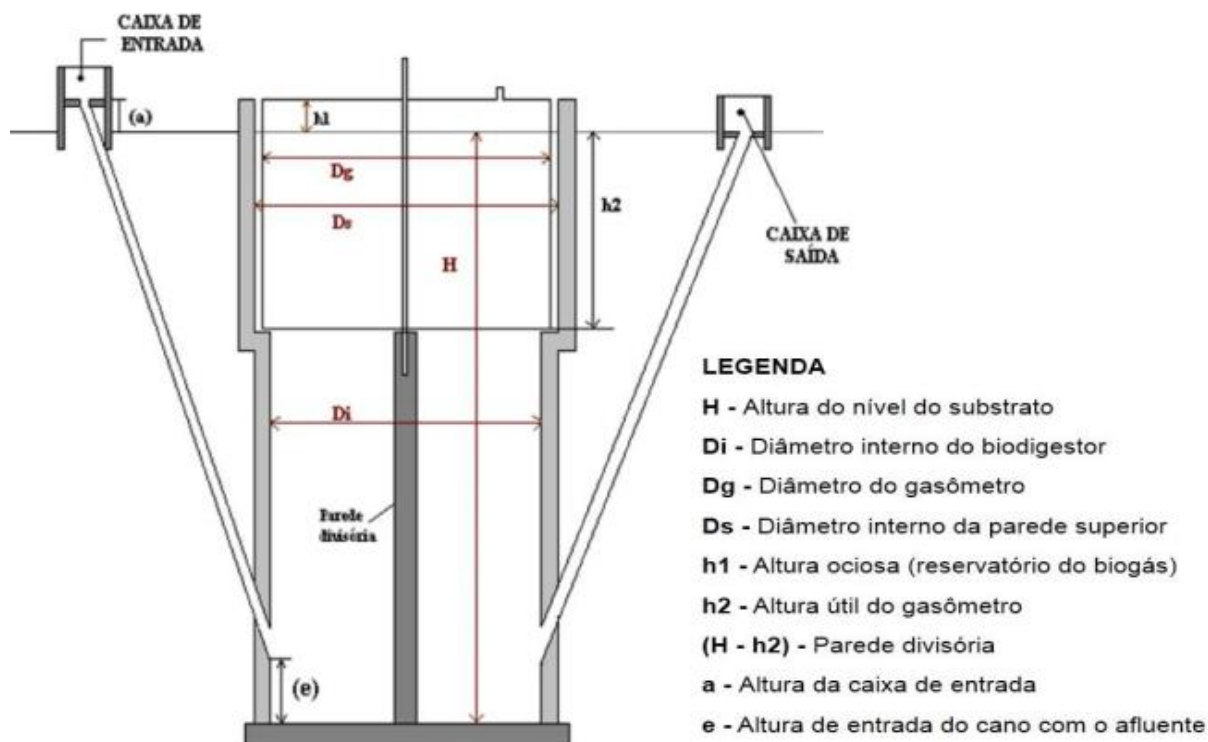
Fonte: COELHO, 2012, p.2.

2.5.2.1.1 Biodigestor Modelo Indiano

Este modelo de biodigestor (FIG. 5) é composto por uma câmara de fermentação em formato de cilindro geralmente construída em alvenaria dividida em duas partes por uma parede de modo a facilitar a circulação da matéria orgânica. Ele possui um gasômetro que pode estar mergulhado sobre a biomassa ou em um selo d'água externo. Este modelo possui pressão de operação constante (quando o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro desloca-se verticalmente, aumentando seu volume). Este tipo de biodigestor é comumente usado para processar dejetos provenientes da bovinocultura e/ou suinocultura, por causa da sua regularidade de produção (DEGANUTTI, 2002; CARVLHO, 2014; RESENDE, 2017).

O custo de implantação deste modelo varia devido a alguns fatores, como o fato de que ele não precisa de reforços em suas paredes já que é construído no subsolo, isso reduz o custo de construção. O gasômetro de metal pode aumentar o custo final, e dependendo da distância entre o biodigestor e o local de utilização o custo com a canalização do gás pode aumentar o custo da implantação (BARRERA, 2011; MOTTA, 2012).

Figura 5- Biodigestor Indiano



Fonte: DEGANUTTI, 2002, p.3.

2.5.2.1.2 Biodigestor Modelo Chinês

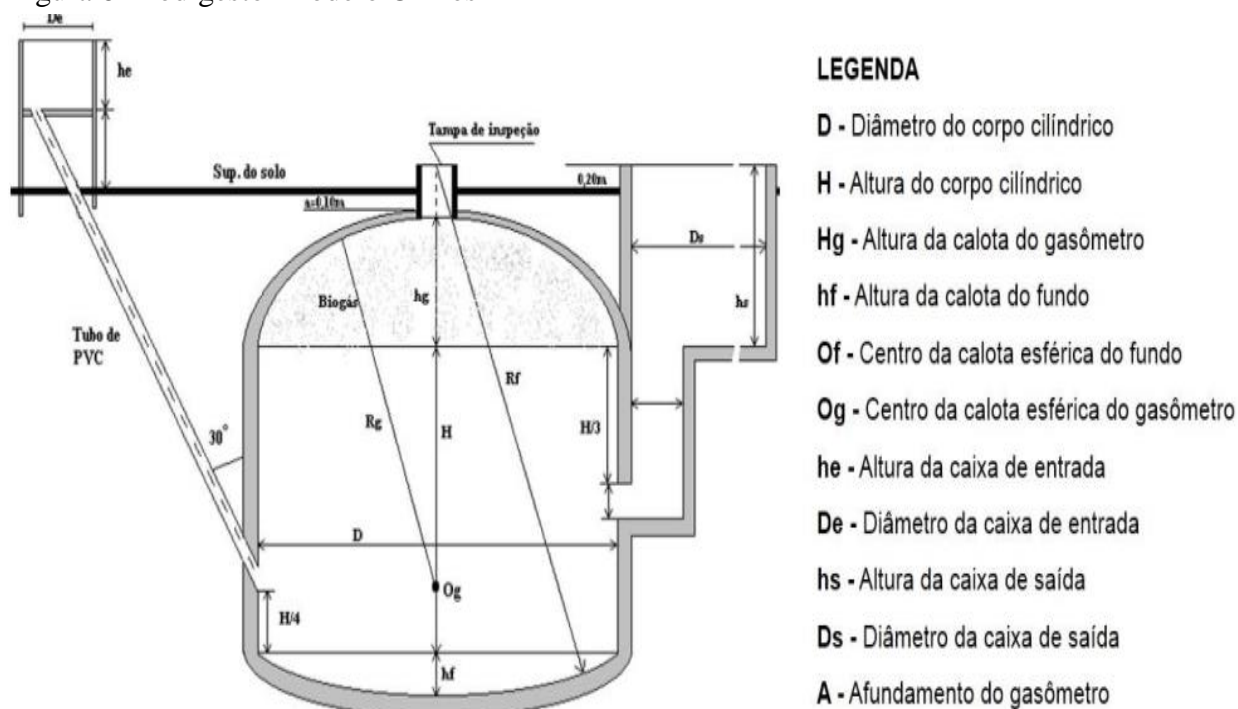
O modelo chinês (FIG. 6), do mesmo modo do modelo Indiano, é construído abaixo do solo, geralmente em alvenaria. Ele é composto por uma câmara cilíndrica, onde fica a biomassa, com teto impermeabilizado onde o biogás é armazenado. Este modelo dispensa gasômetro em chapa de aço, mas a impermeabilização deste tipo de reator deve ser bem-feita, pois caso haja alguma imperfeição pode ocorrer vazamentos de gás prejudicando o seu funcionamento, já que este tipo opera pelo princípio da prensa hidráulica, o aumento da pressão no interior da câmara, devido ao acúmulo de gás, faz com que a matéria orgânica se desloque da câmara de fermentação para a caixa de saída (DEGANUTTI, 2002; JUNQUEIRA, 2014).

Este modelo libera juntamente com o biofertilizante, uma parcela do gás formado no intuito de reduzir a pressão interna. Isso faz com que esse biodigestor não seja recomendado para grandes quantidades de matéria orgânica (DEGANUTTI, 2002).

Barrera (2011), cita que, como este biodigestor é construído no subsolo, o isolamento térmico é mais efetivo, e se a impermeabilização for executada de maneira eficiente a produção

deste poderá chegar a $600 \text{ L/m}^3 \cdot \text{dia}$ de biogás com um tempo de retenção hidráulica de 40 a 60 dias.

Figura 6-Biodigestor modelo Chinês



Fonte: DEGANUTTI, 2012, p. 3.

Carvalho (2014), mostra as diferenças de desempenho entre o modelo indiano e o modelo chinês, ambos com capacidade $5,5 \text{ m}^3$, usando esterco bovino como biomassa. O modelo indiano mostrou-se ligeiramente mais eficiente na produção de biogás e biofertilizante, como mostra a TAB. 5.

Tabela 5-Comparativo entre o modelo Chinês e Indiano

	Modelo	
	Chinês	Indiano
Redução de Sólidos (%)	37	38
Produção Média (m^3/dia)	2,7	3
Produção média de Substrato (kg/m^3)	489	538

Fonte: CARVALHO, 2014.

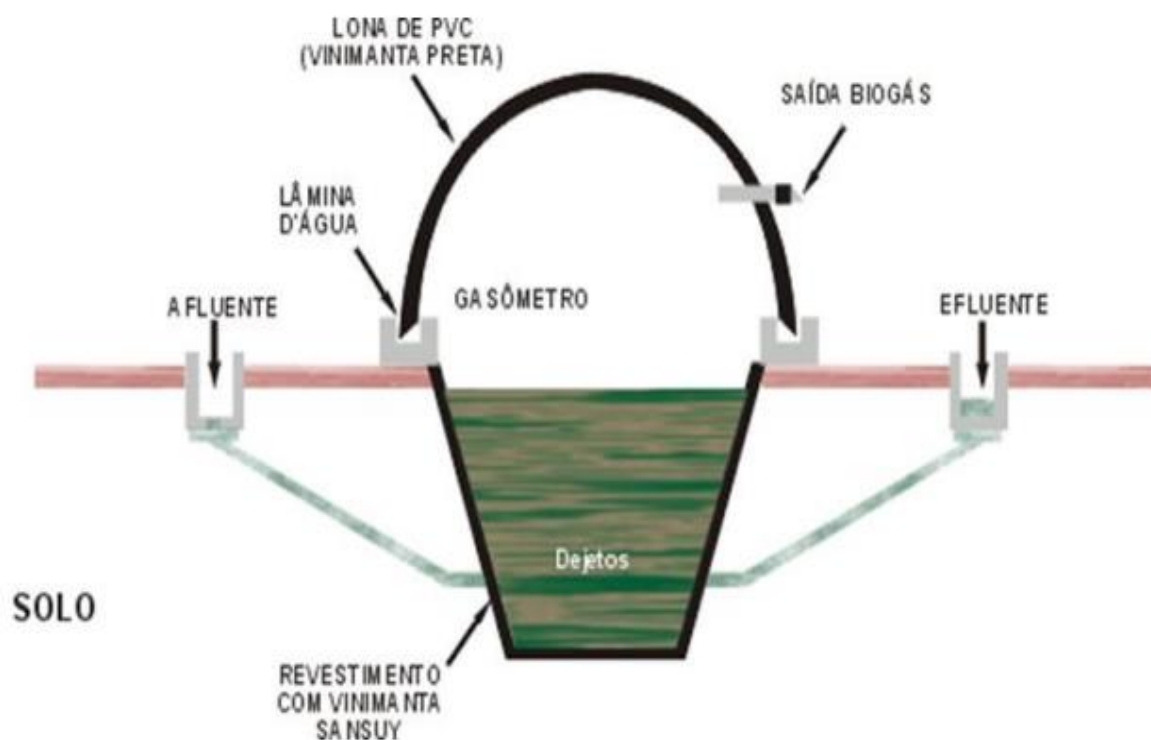
2.5.2.1.3 Biodigestor Modelo Canadense

O modelo canadense (FIG.7), também conhecido como modelo de marina ou “plug-flow”, é um dos modelos mais simples de biodigestor, constituído por uma campana feita de PVC (Policloreto de vinila) que infla com a produção de gás, que pode ser removida facilitando a limpeza e manutenção do biodigestor. A caixa de biodegestão é geralmente construída de alvenaria em escavações poucos profundas e possui comprimento maior que a profundidade, o que aumenta a área de exposição solar, tornando este modelo mais sensível a variações de temperatura. É recomendado que este biodigestor seja implantado em regiões onde há pouca variação de temperatura. Devido as suas dimensões o modelo canadense apresenta uma maior produção de biogás por volume de massa fermentada, sendo o mais indicado para grandes volumes de dejetos (RESENDE,2017; MARI,2012).

Por ter um baixo custo de implantação, já que é construído majoritariamente de material plástico, este modelo é o mais difundido no Brasil e no mundo. As desvantagens deste modelo estão em sua baixa durabilidade e o risco de perfuração da campana e a necessidade de uma grande área para a sua implantação. (JUNQUEIRA, 2014; LUCAS JR., SOUZA e LOPES², 2009 apud RESENDE, 2017).

² LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C.F.; LOPES, J.D.S. Construção e operação de Biodigestores. Viçosa-MG. CPT. 2009. 158 p. apud SILVA, J. E. P. **Avaliação técnica e econômica de um biodigestor de fluxo tubular:** estudo de caso do modelo implantado na etec “orlando quagliato” em santa cruz do rio pardo, SP. 2016. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu-SP

Figura 7-Biodigestor Modelo Canadense

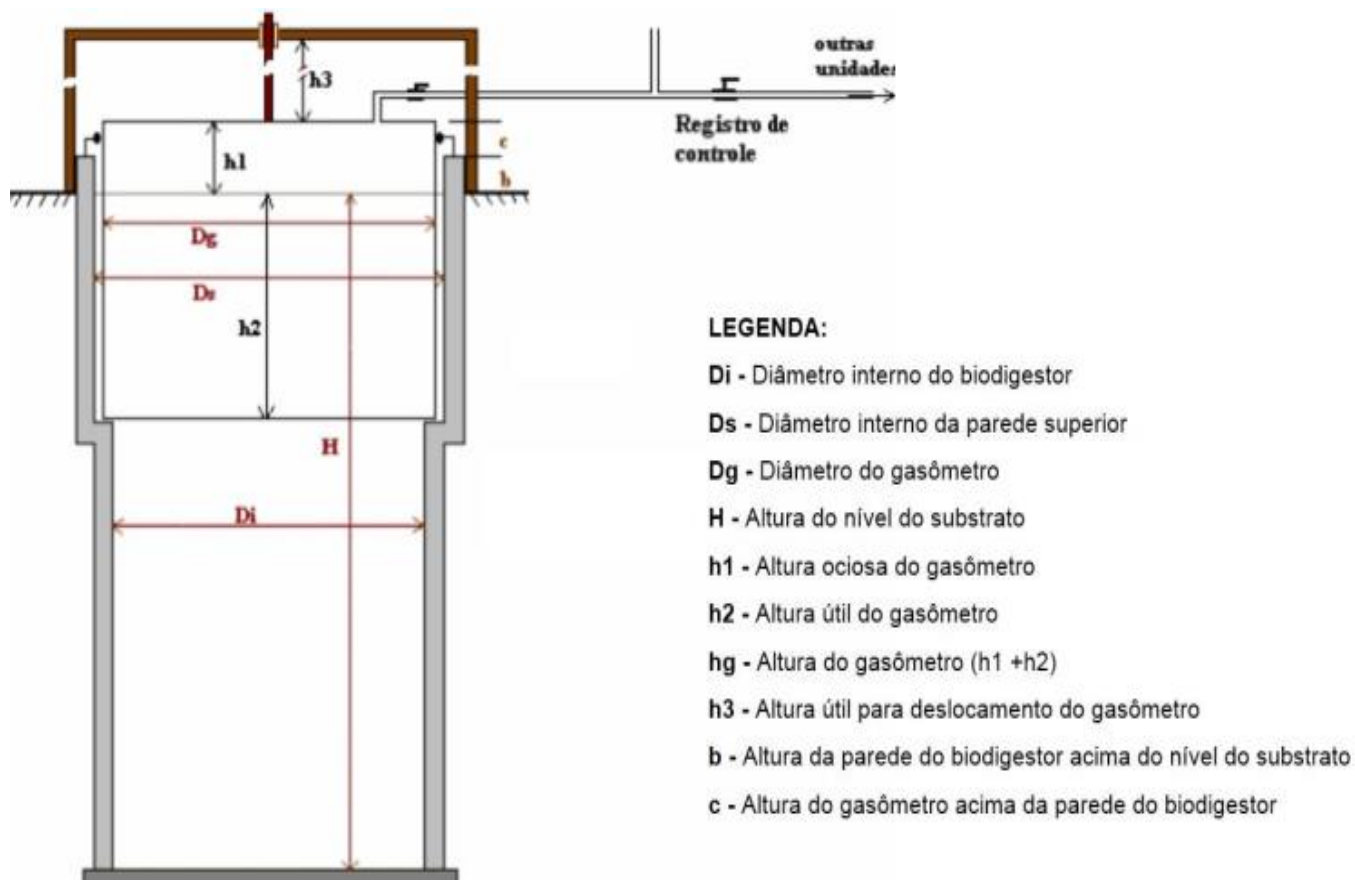


Fonte: JUNQUEIRA, 2014, p. 16.

2.5.2.2 Biodigestores do Tipo Batelada

Os biodigestores em batelada (FIG.8) são operados de maneira intermitente, com uma grande quantidade de matéria orgânica e fechados hermeticamente por um período de tempo de 40 a cerca de 60 dias, até que a produção de gás comece a diminuir. Após este período, o biofertilizante produzido no processo é retirado do interior do equipamento e ocorre uma nova carga (COELHO, 2012). Este tipo de biodigestor não é tão utilizado quanto os modelos contínuos. Apesar de serem mais fáceis de serem construídos, estes possuem manutenção difícil e rendimento menor que os tipos contínuos (DEGANUTTI, 2002).

Figura 8 - Biodigestor em Batelada



Fonte: DEGANUTTI, 2002, p. 4.

2.5.3 Dimensionamento de biodigestores.

Veloso (2011), afirma que para se dimensionar qualquer tipo de biodigestor, é necessário ter um levantamento da quantidade de biomassa disponível ou do volume de biogás que vai ser demandado. Cada modelo possui suas peculiaridades quanto ao dimensionamento, mas de modo geral eles devem ser implantados, no mínimo, a 30 metros do local de utilização do biogás por motivos de segurança.

Um levantamento do consumo de energia dos equipamentos e aparelhos que estão presentes no local de instalação deve ser realizado para se calcular o consumo total de biogás por dia (Q_t) utilizando a equação (1). Q_t é obtido a partir do somatório do consumo individual de cada equipamento (Q_i), outro fator a ser calculado (EQ. 2) é a quantidade de matéria orgânica utilizada (Q_{MO}), dada pelo produto entre a quantidade de matéria orgânica necessária para produzir 1m^3 de gás (Biogás (MO)) e o consumo total (Q_t) (RESENDE 2017).

Para que não diminuir o risco de falhas de segurança no dimensionamento é necessário se adotar uma margem de segurança (MS), a qual é somada ao consumo total de biogás (Q_t) (CARVALHO, 2014).

$$Q_t = \sum Q_i + MS \quad (1)$$

$$Q_{MO} = \text{Biogas}(MO) * Q_t \quad (2)$$

Em modelos contínuos existe a necessidade de se diluir a matéria orgânica, a fim de evitar entupimentos nas tubulações, principalmente na descarga. Para matéria orgânica oriunda de bovinos (esterco) a razão de diluição é de 1:1. Então a carga diária (R) que é introduzida no reator é calculada pela equação (3) (CARVALHO 2014).

$$R = Q_{MO} + \text{água para diluição} \quad (3)$$

Os tipos de biodigestores a serem dimensionados neste trabalho são o modelo indiano e o modelo canadense, tendo em visto que estes são modelos mais amplamente difundidos.

2.5.3.1 Modelo Indiano

Ortolani, Benincasa e Junior³(1991, apud VELOSO, 2011), propuseram uma metodologia para o dimensionamento de biodigestores para o modelo indiano. Inicialmente calcula-se o valor do Volume útil do biodigestor (V_b), dado pelo produto entre o fator de rendimento (K) e o consumo total de biogás por dia (Q_t), mostrado na equação (4).

O valor de K varia de 0,7 a 4 dependendo do tipo de biomassa, diluição, temperatura e tipo de reabastecimento. O consumo total de biogás somado a margem de segurança, não deve ser inferior a 2 m³/dia e não deve ser superior a 25 m³/dia (RESENDE, 2017).

$$V_{ue} = K \times Q_t \quad (4)$$

Para o cálculo do diâmetro interno (D_i) e da altura do nível do substrato (H), algumas regras heurísticas mostradas pelas equações 5 e 6, devem ser atendidas (VELOSO, 2011).

³ ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; JUNIOR, J. L. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1991. 35 p.

$$0,66 < \frac{D_i}{H} < 1 \quad (5)$$

$$3 < H < 6 \quad (6)$$

Estipula-se um valor arbitrário para D_i , e por meio da equação (7), o valor de H é calculado. Mas uma outra restrição deve ser atendida, o volume útil (V_b) deve ser 10% maior que o Volume útil estimado (V_{eu}), para compensar o volume da parede que divide o biodigestor em duas câmaras (PORTES E FLORENTINO, 2006).

$$V_b = \frac{\pi \times D_i^2}{4} \times H \quad (7)$$

O próximo passo é calcular de retenção hidráulica (TRH). O TRH é obtido pela razão entre o volume útil do biodigestor (V_b) e a carga diária (R), (EQ. 8) (MOTTA, 2012).

$$TRH = \frac{V_b}{R} \quad (8)$$

Para o dimensionamento do gasômetro, deve se levar em consideração alguns fatores como capacidade de armazenamento e segurança. O gasômetro deve possuir volume suficiente para armazenar o biogás produzido nas últimas 12 horas e possuir uma folga de segurança de pelo menos 10 cm em relação a parede interna do biodigestor para evitar a saída de bolhas de gás. O diâmetro do gasômetro (D_g) é calculado pela equação (9) (CARVALHO, 2014).

$$D_g = D_i + \text{folga de segurança} \quad (9)$$

Os diâmetros, interno (D_s) e externo (D_e) da parede superior, o diâmetro externo da parede inferior (D_{ei}) e o diâmetro da base (D_b) do biodigestor são calculados pelas equações 10,11,12, e 13 (CARVALHO, 2014).

$$D_s = D_g + \text{folga de segurança} \quad (10)$$

$$D_e = D_s + 2 \times \text{espessura do tijolo} \quad (11)$$

$$D_{ei} = D_e + 2 \times \text{folga de segurança} \quad (12)$$

$$D_b = D_{ei} + 2 \times \text{folga de segurança} \quad (13)$$

Além do cálculo do diâmetro do gasômetro deve se calcular sua altura útil (h_2) e a altura ociosa (h_1), que deve ser de no mínimo 15 cm (CARVALHO, 2014).

Outros parâmetros a serem calculados são o volume útil (V_2), o volume entre o nível de mistura do biodigestor e a tampa do gasômetro (V_1) e o volume total do gasômetro (V_g), para o cálculo destes parâmetros utiliza se as equações 14, 15, 16, 17, 18 (RESENDE 2017).

$$h_2 = \frac{V_2 \times 4}{\pi \times D_g^2} \quad (14)$$

$$V_2 = Qt \times 50\% \quad (15)$$

$$h_g = h_1 + h_2 \quad (16)$$

$$V_1 = \frac{\pi \times D_g^2 \times h_1}{4} \quad (17)$$

$$V_g = V_1 + V_2 \quad (18)$$

A parede que divide o biodigestor em duas partes, tem sua altura (h_p) estipulada pela relação mostrada na equação 19. O volume desta parede (V_p) é calculado utilizando a equação 20 (CARVALHO, 2014)

$$h_p = H - h_2 \quad (19)$$

$$V_p = h_p \times D_i \times \text{espessura do tijolo} \quad (20)$$

A caixa de entrada deve ser construída a uma altura (a) de 50 cm acima nível do solo, para que o reabastecimento seja satisfatório. O volume útil da caixa de entrada é calculado pela equação 21 (CARVALHO, 2014).

$$V_e = \frac{V_b}{TRH} \quad (21)$$

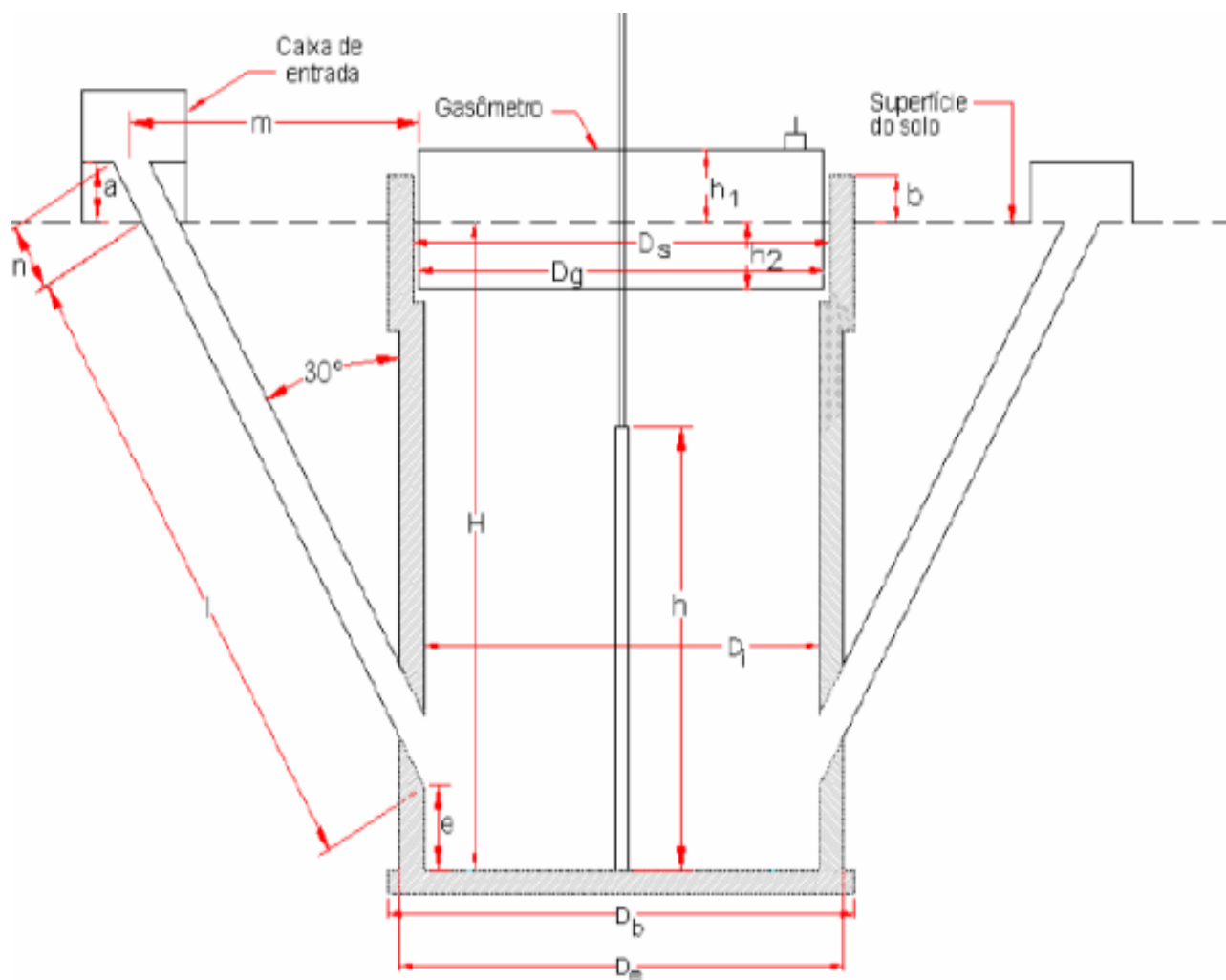
A parede acima do nível do substrato apresenta altura (b) com valor numericamente igual a pressão máxima desejada, sendo que este valor deve ser superior a 10 cm e inferior a 20 cm (PORTES E FLORENTINO, 2006).

Os tubos de entrada e saída devem ser retos, com a extremidade inferior aparadas tangencialmente à parede do biodigestor e a uma altura (e) de 30 cm do fundo, com inclinação de 30° em relação a parede. O comprimento do tubo de entrada (Ct) é calculado pela equação 22. (CARVALHO, 2014)

$$C_t = \frac{a+(H-e)}{\cos 30} \quad (22)$$

De acordo com Portes e Florentino (2006), a caixa de saída deve ser pelo menos três vezes o volume da carga diária, para armazenar o biofertilizante. Na FIG. 9 são mostradas as dimensões que devem ser calculadas em um modelo indiano.

Figura 9- Dimensões do Modelo indiano.



Fonte: CARVALHO,2014, p.27.

2.5.3.2 Modelo Canadense

Ribeiro (2011), propôs uma metodologia para o dimensionamento do modelo canadense, utilizando como parâmetro de partida a razão entre gás e a fase líquida. O autor obteve resultados executando as equações propostas no software Excel 2007®, demonstrando que é possível instalar biodigestores com 0% até 99,99% de proporção gás/fase líquida.

Contudo a instalação de biodigestores com uma proporção (p) superior a 40% é fisicamente inviável.

São mostradas no QUADRO 1 as equações utilizadas para o dimensionamento do modelo canadense. Para a determinação dos parâmetros de dimensionamento é necessário calcular o volume estimado do biodigestor através da equação 6 supracitada (RIBEIRO, 2011).

Quadro 1-Equações para o dimensionamento de biodigestores modelo canadense

Formula	Descrição
$P = C = 2\pi r$ (23)	P = Perímetro total transversal. C = Circunferência da bolsa. r = raio da bolsa plástica.
$A_{\%} = 0,621p^2 - 0,042p + 0,352$ (24)	A% = Porcentagem do perímetro transversal destinada ao arco. p = Proporção da fase gasosa desejada.
$b_f = \left(-\frac{1}{3}A_{\%} + \frac{1}{3}\right) \times P$ (25)	b = largura menor da fossa.
$a_f = 1,618 \times b$ (26)	a = largura maior da fossa.
$h_f = 0,951 \times b$ (27)	h = profundidade da fossa.
$A_f = 0,4755 \times (a + b) \times b$ (28)	Af = Área transversal da fossa.
$A_t = \frac{A_f}{1-p}$ (29)	At = Área total transversal.
$A_g = A_t - A_f$ (30)	Ag = Área transversal da campana.
$V_t = A_t \times L$ (31)	Vt = Volume total do biodigestor.
$V_f = A_f \times L$ (32)	Vf = Volume Total da fossa.
$V_g = A_g \times L$ (33)	Vg = Volume Total do gás.

Fonte: RIBEIRO, 2011.

2.6 Métodos de Purificação

O poder calorífico do biogás pode ser severamente diminuído devido à presença de contaminantes como o ácido sulfídrico (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) e vapor d'água. O H₂S é extremamente corrosivo e pode danificar os equipamentos que utilizam o biogás, além disso

após sua combustão é formado o dióxido de enxofre (SO_2), um gás muito danoso ao meio ambiente (MAIA *et al*, 2015).

O CO_2 e o vapor d'água atuam com diluentes do biogás. Sendo assim, a remoção destes contaminantes pode aumentar significativamente o poder calorífico do biogás (FRARE *et al* 2009).

De acordo com Araújo (2013), existem diversos modos de se remover o ácido sulfídrico do biogás estes processos podem ser físico-químicos como a absorção, adsorção e a oxidação a seco, ou biológicos como o biofiltro, biopercolador e o biolavador.

O método, Water Scrubbing (WS), é um dos métodos de purificação mais baratos e simples existentes. Neste processo o biogás é comprimido e é alimentado na base da coluna de absorção no sentido ascendente e uma corrente de água pressurizada e alimentada no topo da corrente em sentido descendente. O CO_2 e o H_2S são absorvidos pela água e saem no fundo da coluna. A água de lavagem pode ser reciclada e reutilizada para uma nova lavagem do biogás. Se bem dimensionado este método pode se obter altos níveis de purificação. Um esquema deste modelo é mostrado na FIG. 10 (VELOSO e SILVA, 2009).

Figura 10- Método de Purificação por WS



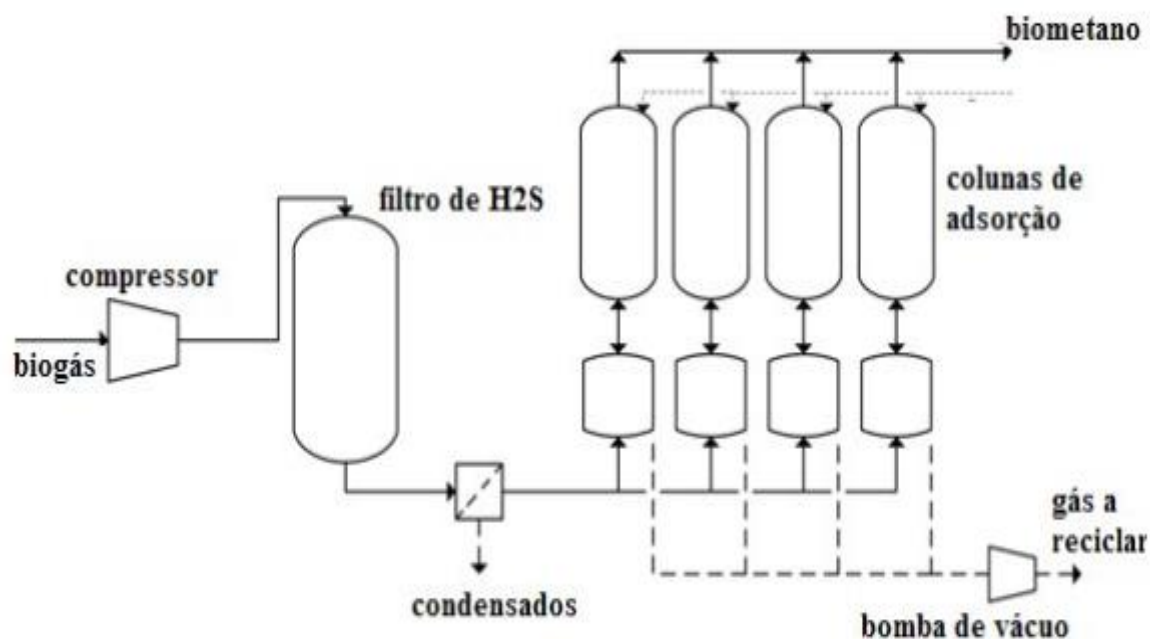
Fonte: VELOSO e SILVA, 2009, p. 60.

Outro método descrito por Veloso e Silva (2009), é o sistema PSA (Pressure Swing Adsorption), que se baseia na utilização de filtros moleculares a alta pressão. O sistema consiste possui 4 colunas de adsorção com recheio que pode ser de carvão ativado, sílica gel ou alumina que retém o CO_2 , O_2 e N_2 .

O processo PSA consiste na passagem de uma mistura gasosa, sob pressão, por um leito contendo um adsorvente de alta superfície específica que tem a função de aprisionar um determinado componente da mistura, deixando passar os demais. Com a despressurização do leito o componente retido é desorvido e o adsorvente regenerado, voltando-se à condição inicial do processo. Os sistemas PSA são operados em ciclos, com dois ou mais leitos em sincronia, permitindo alimentação e retirada de produtos continuamente. A principal característica de um processo PSA é que, durante a etapa de regeneração, as espécies preferencialmente adsorvidas são removidas pela redução da pressão total, ao invés de elevação da temperatura ou de purga com um agente deslocador. (NEVES; SCHVARTZMAN, 2005, p. 623)

O sistema PSA (FIG. 11), tem como principal característica, a remoção das espécies adsorvidas no leito, pela redução da pressão total do sistema, o que possibilita um a execução de ciclos mais rápidos. Outra vantagem deste sistema é o baixo consumo energético e a produção de produtos muito puros (NEVES; SCHVARTZMAN, 2005).

Figura 11- Esquema de purificação PSA.



Fonte: VELOSO e SILVA, 2009, p. 62.

2.7 Estudo da Viabilidade Econômica.

Para Filho e Kopittke (2006), ao se instalar uma nova planta de uma fábrica, comprar ou alugar algum equipamento, ou seja, fazer qualquer tipo de investimento, é imprescindível se estudar a viabilidade do mesmo.

Hirschfeld (2015), define o estudo da viabilidade de um empreendimento como sendo o exame crítico de um projeto a fim de comprovar sua justificativa, tomando como base os aspectos jurídicos, comerciais, administrativos, técnicos e financeiros.

Existem alguns métodos básicos para a análise de investimentos, sendo eles, o Método do Valor Presente Líquido (VPL) e Método da taxa Mínima de atratividade (TMA), estes métodos são equivalentes e complementares (FILHO E KOPITTKKE, 2006). Ainda segundo Filho e Kopittke (2006), além dos métodos citados, outro a ser levado em conta é o Método da taxa interna de retorno (TIR).

Outro método muito usado, apesar de apresentar falhas, é o método do prazo de retorno, muito conhecido como tempo de *payback*, que fornece uma estimativa de quanto tempo a empresa ou investidor levará para recobrar o valor do investimento (HIRSCHFELD, 2015).

2.7.1 Taxa mínima de Atratividade (TMA).

Para FERREIRA (2006) a taxa mínima de atratividade (TMA) é definida como a taxa mínima que o projeto deve render para ser atrativo, ou seja, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco.

Outro enfoque dado a TMA é a de que deve ser o custo de capital investido na proposta em questão, ou ainda, o custo de capital da empresa mais o risco envolvido em cada alternativa de investimento. (PAMPLONA e MONTEVECHI, 2006).

Segundo Filho e Kopittke (2006, p. 109) “para pessoas físicas, o caso do Brasil, é comum a TMA ser igual à rentabilidade da caderneta de poupança. Para as empresas, a determinação da TMA é mais complexa e depende do prazo ou da importância estratégica das alternativas”.

Já em investimentos de longo prazo, a TMA passa a ser uma meta estratégica. Por exemplo, a empresa que tem como objetivo crescer seu patrimônio líquido em 10% aa e ainda possui uma política de distribuição de dividendos da ordem de 1/3 de seus lucros, deverá fixar como TMA estratégica a taxa de 15% aa. (FERREIRA 2006).

3.6.2 Valor presente líquido (VPL).

Segundo Oliveira (2008), o valor presente líquido (VPL), é um método muito utilizado pela engenharia econômica para se obter qual seria o ganho monetário obtida em um investimento a determinada taxa de juros.

Por considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo, o valor presente líquido é considerado uma técnica sofisticada para análise de investimentos. Este tipo de técnica de uma forma ou de outra, desconta os fluxos de caixa de uma empresa a uma taxa especificada. Essa taxa é frequentemente chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade de capital ou custo de capital. (GITMAN, 2004).

Para Filho e Kopittke (2006, p. 121) “normalmente, este método é utilizado para análise de investimentos isolados que envolvam o curto ou que tenham baixo número de períodos, de sorte que um valor anual teria pouco significado prático para uma tomada de decisão”.

O valor do VPL pode ser obtido pela equação 35 (GITMAN, 2004):

$$VPL = \sum_{j=1}^n \left(\frac{FC_j}{(1+i)^j} \right) - FC_0 \quad (34)$$

Onde:

FC_0 : Fluxo de caixa no momento zero;

FC_j : Fluxo de entrada ou saída de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

i : é a taxa de desconto;

n : período de tempo.

3.6.3 Taxa interna de Retorno (TIR).

A taxa interna de retorno (TIR) é uma taxa de juros implícita, que tem a função de descontar um valor futuro ou aplicar o fator de juros sobre o valor presente, em uma série de pagamentos e entradas (HOJI, 2014).

A Taxa interna de Retorno é obtida através da equação 34. Multiplica-se toda a equação 34 pelo termo $(1+i)^n$, obtendo a equação 35, que é utilizada para calcular o Valor Futuro Líquido, depois a TIR é obtida através de uma solução polinomial de grau n da equação 36, podendo fornecer até n raízes para o VPL (BARBIERI, ALVARES E MACHLINE, 2007).

$$VFL = FC_0(1+i)^n + CF_1(1+i)^{n-1} \dots \dots \dots CF_{n-1}(1+i) + CF_n \quad (35)$$

Segundo Barbieri, Alvares e Machline (2007), a taxa interna de retorno embora seja um parâmetro importante a ser observado, ela não fornece uma medida exata do empreendimento, mas pode ser usada em conjunto com outras fermentas para um resulta mais preciso.

Para que um investimento se mostre viável e venha a gerar lucro, a TIR deve apresentar um valor maior que a TMA, caso ela seja igual a taxa mínima o empreendimento se mostra indiferente em relação a lucro ou prejuízo e se ela for menor que a TMA o empreendimento e considerado inviável (HIRSCHFELD 2015).

3.6.4 Prazo de Retorno de Investimento (*Payback*)

O prazo de retorno de investimento, indica o número de períodos que são necessários para se recobrar o valor do investimento inicial. Embora apresente algumas falhas, este método se mostra muito objetivo (HIRSCHFELD, 2015).

O tempo de retorno pode ser classificado em dois tipos, nominal (Simples) ou presente liquido (Descontado). No payback nominal, o tempo de retorno é calculado com base em valores nominais sem levar em conta a desvalorização do dinheiro no tempo, já o payback presente liquido é calculado com valores trazido para o valor presente líquido (FAPAN, 2007).

A maior falha deste método consiste no fato de, tecnicamente, não e poder classificar alternativas na razão inversa do número de períodos de retorno. Assim, se tivermos duas alternativas *K* e *L* com prazos e retorno respectivamente iguais a 3 e 5 períodos, não podemos afirmar, com segurança, que a alternativa *K* é melhor, em virtude de ter o menor prazo de retorno. A real classificação de alternativas se dá pela existência de maior lucro (ou de melhor resultado) determinado na alternativa ideal, pelos métodos, como valor presente líquido, valor futuro liquido, valor uniforme liquido ou benefício custo (HIRSCHFELD 2015, p.311).

Segundo Fapan (2007) o tempo de retorno nominal e também o tempo de retorno presente liquido podem ser calculados através da equação 36.

$$\text{Payback} = T \text{ quando } \sum_{t=0}^T CF_t = I_0 \quad (36)$$

Onde:

CF_t = Fluxo de caixa total do ano t;

I_0 = Fluxo de caixa do investimento inicial.

4 METODOLOGIA

A metodologia empregada, baseou-se na busca de informações na bibliografia existente, como textos científicos, livros publicados, sobre o mercado leiteiro, a produção de biogás, os modelos de biodigestores, métodos de purificação de biogás, formas de dimensionamento e análise de viabilidade.

O porte das propriedades foi determinado de acordo com a definição apresentada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (2018). Segundo a entidade, o tamanho da propriedade é definido conforme a quantidade de módulos fiscais que possui. Assim propriedades de pequeno porte são aquelas que possuem de 1 a 4 módulos fiscais e as propriedades de médio porte são aquelas que possuem de 4 a 15 módulos fiscais.

De acordo com o Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR) (2013), o valor do módulo fiscal varia de acordo com o município. Em Minas Gerais o valor do módulo fiscal varia de 5 a 65 hectares, sendo que no município de Formiga- MG, local a ser realizado o trabalho, o valor do módulo fiscal é de 30 hectares (SNCR, 2013).

Como o foco do trabalho não foi dimensionar a quantidade exata de cabeças por área, foram simuladas as quantidades de animais de cada propriedade e suas respectivas áreas (TAB. 6).

Tabela 6- Quantidade de Cabeças e Tipo de criação.

Porte	Área	Número de Cabeças	Tipo de animal	Tipo de Criação
Pequeno	120 ha	25	Vaca Lactante	Semiconfinado
Médio	450 ha	50	Vaca Lactante	Semiconfinado

Fonte: O AUTOR (2018).

A quantidade de biogás requerida pelas duas propriedades foi calculada através da equação 1. Considerando que a propriedade de pequeno porte opera com um refrigerador com 2200 W de potência e uma ordenhadeiras mecânica com 1470 W de potência e a propriedade de médio porte opera com um resfriador de 4800 W, uma ordenhadeiras mecânica de 3200 W e uma motobomba para irrigação de 8130 W.

De acordo com Veloso (2011) são necessários $0,70 \text{ m}^3$ de biogás para se produzir 1 KWh de energia elétrica, a partir dessa informação foi calculado o volume de biogás necessário para atender a demanda.

Segundo Konzen e Alvarenga (2008) um animal leiteiro de médio porte produz em média 45 Kg de esterco por dia, com base nesta informação foi estimada a produção diária de esterco em cada um dos casos.

O volume de biomassa requerido para produzir a quantidade necessária de biogás foi determinado pela equação 2. Conforme Barrera (2011) são necessários em média 25 kg de esterco bovino fresco para se produzir 1 m^3 de gás.

Com base nas informações obtidas foram dimensionados dois modelos de biodigestores.

O primeiro modelo dimensionado foi o Indiano, utilizando as equações 4 a 22, para encontrar a medida do diâmetro interno que atenderia as restrições impostas. Foi utilizada a ferramenta *Solver*, do software Excel® 2016, o fator K adotado foi de 2,5, que segundo Barrera (2011) é o mais adequado para o esterco bovino.

O segundo modelo dimensionado foi o Canadense (marina), utilizando-se as equações 23 a 33 e a equação 8 para determinar o tempo de retenção hidráulica.

Depois foi proposto um modelo de purificador semelhante ao proposto por Muifidatul *et al.* (2015), utilizando materiais que reduzissem o custo de construção e manutenção.

Com base nas dimensões dos dois biodigestores e do purificador de biogás, foi realizando um levantamento de custo de construção de cada modelo e do purificador, utilizando a Planilha Múltipla, uma ferramenta orçamentaria disponibilizada gratuitamente pela Caixa Econômica Federal, e as planilhas de referência de custos SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil), também fornecida pela Caixa Econômica Federal, e SETOP (Secretaria de Estados de Transportes e Obras Públicas) fornecida para Secretaria de Estados de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais.

Com os custos de construção em mãos foi realizada uma análise da viabilidade econômica, de dois cenários. O primeiro considerou a implantação de um biodigestor modelo indiano juntamente com o purificador em uma fazenda de pequeno porte. O segundo avaliou-se, a implantação de um biodigestor modelo canadense juntamente com o purificador em uma fazenda de médio porte. Estas combinações foram escolhidas com base na disponibilidade de área das fazendas e do consumo de cada propriedade. Assim, como base nestes parâmetros, o

biodigestor indiano mostra-se mais indicado para propriedade de pequeno porte, porque requer uma menor área de construção e volume reduzido (DEGANUTTI, 2002). Do mesmo modo, o modelo canadense é o mais indicado para a propriedade de médio porte, pois esta tem disponibilidade maior de área, pois de acordo com Junqueira (2014) esse modelo requer áreas maiores para instalação que os demais modelos, e consumo energético elevado.

O primeiro passo da análise da viabilidade foi definir uma taxa mínima de atratividade (TMA), que foi fixada em 13,3% ao ano, o equivalente ao rendimento do CDB. Os demais indicadores VPL, TIR e *Payback*, foram calculados utilizando o software Excel® 2016.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo do consumo energético das propriedades, levou em consideração apenas o consumo dos equipamentos descritos na TAB. 7 e na TAB. 8, operando em condições normais, desconsiderando gastos com iluminação ou outras atividades. A TAB.7 e a TAB. 8, também mostram o consumo total de cada fazenda expresso em Quilowatts hora por dia e em metros cúbicos de biogás por dia.

Tabela 7- Consumo total de energia da propriedade de pequeno porte.

Equipamento	Potencia (Kw)	Horas de Funcionamento	Consumo em KWh/dia	Consumo em m ³ de biogás/dia
Tanque de refrigeração 520 Litros	2,2	8	17,60	12,32
Ordenhadeira mecânica com 16 teteiras	1,47	4	5,88	4,12
		Consumo total	23,48	16,44

Fonte: O AUTOR (2018).

Tabela 8-Consumo total de energia da propriedade de médio porte.

Equipamento	Potencia (Kw)	Horas de Funcionamento	Consumo em KWh/dia	Consumo em m ³ de biogás/dia
Tanque de refrigeração 1250 Litros	4,7	8	17,60	12,32
Ordenhadeira mecânica com 32 teteiras	3,2	6	5,88	4,12
Motobomba de irrigação 12 bicos aspersores	8,13	8	65	45,5
		Consumo total	121,80	85,26

Fonte: O AUTOR (2018).

Foi adotada uma margem de segurança de 5% do valor total dos respectivos consumos, para suprir quaisquer flutuações na produção ou consumo de biogás. Sendo assim o consumo da propriedade de pequeno porte passa a ser de 24,65 Kwh/dia ou 17,26 m³de biogás/dia e 127,89 Kwh/dia ou 89,52 m³de biogás/dia.

De acordo com os dados apresentados na metodologia, as fazendas têm uma produção de esterco bovino aproximada de 1125 Kg/dia na fazenda com 25 cabeças de gado em lactação e 2250 Kg/dia para a fazenda com 50 cabeças em lactação. Com base na metodologia propostas

a quantidade de matéria orgânica necessária para se produzir as quantidades de biogás demandas são apresentadas na TAB. 9.

Tabela 9-Quantidade de matéria orgânica para requerida.

Volume de biogás (m ³)	Biogás (MO) (Kg/m ³)	Qmo (Kg)
17,26	25	431,50
89,52	25	2.238,00

Fonte: O AUTOR (2018).

Assim, as propriedades produzem matéria orgânica suficiente para atender a demanda, deixando uma grande margem para expansão da produção no caso da propriedade com menor consumo, já que serão consumidos apenas 38,35% da produção de esterco. A situação da propriedade de maior consumo é exatamente o oposto, pois 99,47% da produção de esterco é consumida não deixando margem para uma possível expansão.

Os parâmetros para o dimensionamento do biodigestor são apresentados na TAB. 10.

Tabela 10- Parâmetros para dimensionamento.

Parâmetro	Valor
Fator de Rendimento (K)	2,5 m ³ /m ³
Volume útil estimado (Vue)	43,14 m ³
Carga Diária (R)	1,62 m ³ /dia
TRH	15 dias

Fonte: O AUTOR (2018).

Como o modelo indiano não pode possuir volume superior a 25 m³, foram dimensionados 2 biodigestores de mesmo volume para atender o volume requerido de 43,14 m³. As dimensões e demais parâmetros do biodigestor modelo indiano são apresentados no QUADRO 2.

Quadro 2- Dimensões do Biodigestor Indiano.

Dimensões	Valor
Diâmetro inferior interno (Di)	2,93 m
Altura do nível do substrato (H)	3,53 m
Di/H	0,83
Volume útil (vb)	23,73 m ³
Diâmetro externo da parede inferior (dei)	3,23 m
Diâmetro interno do gasômetro (dg)	3,03 m
Diâmetro interno superior (ds)	3,13 m
Diâmetro externo superior (de)	3,43 m
Diâmetro da base (db)	3,43
Altura ociosa do gasômetro (h1)	0,20 m
Altura útil do gasômetro(H2)	1,45 m
Altura total do gasômetro (Hg)	1,65 m
Volume ocioso do gasômetro(v1)	1,44 m ³
Volume útil do gasômetro(v2)	10,43m ³
Volume total do gasômetro(vg)	11,86 m ³
ALTURA DA PAREDE DIVISORIA (hp)	2,08 m
Volume da parede divisória(vp)	0,91 m ³
Volume da caixa de entrada(ve)	1,62 m ³
Comprimento do tubo de entrada (ct)	4,30 m

Fonte: O AUTOR (2018).

Como citado por Veloso (2011), existem algumas restrições a serem atendidas, no dimensionamento de biodigestores indianos.

A primeira deles é a relação Di/H que deve ser superior a 0,6 e inferior a 1, o que foi atendido pois o biodigestor dimensionado apresentou um valor de 0,83 para esta razão.

A segunda restrição imposta por Veloso (2011) é referente à altura do nível do substrato (H) que deve ser superior a 3 m e inferior a 6 m. Esta restrição também foi atendida pois o biodigestor dimensionado apresenta uma altura H de 3,53 m.

A terceira restrição imposta por Carvalho (2014), diz respeito ao volume útil do biodigestor que não deve ser superior a 25 m³, por motivos de rendimento. O biodigestor dimensionado apresenta um volume útil de 23,73 m³, por unidade biodigestora, visto que para atender esta restrição foi necessário dimensionar dois biodigestores para atender a demanda de biogás.

Os parâmetros para o dimensionamento do biodigestor modelo canadense encontram-se na TAB. 11. O comprimento do biodigestor e o raio da campana foram escolhidos para não ultrapassarem 10 m e 3 m, respectivamente, no intuito de reduzir a área ocupada sem prejudicar o funcionamento do biodigestor

Tabela 11- Parâmetros para o dimensionamento do modelo Indiano.

Parâmetro	Valor
Proporção gás/fase líquida (p)	40%
Volume estimado (Vue)	223,81 m ³
Raio da campana (r)	2,85 m
Comprimento (L)	9,5 m
Carga Diária (R)	7,42 m ³ /dia
TRH	30 dias

Fonte: O AUTOR (2018).

A proporção gás/fase líquida, foi fixada em 40%, pois segundo Ribeiro (2011), qualquer valor acima faria com que o biodigestor entrasse em colapso, pois a fase líquida não conseguiria produzir biogás suficiente para manter a campana cheia.

Como este modelo não apresenta restrição quanto ao seu volume, foi dimensionado apenas um biodigestor, capaz de atender o volume desejado. As dimensões deste modelo são apresentadas no QUADRO 3, e seu projeto estrutural encontra-se no APÊNDICE B.

Quadro 3-Dimensões do modelo canadense.

Dimensões	Valor
Perímetro total transversal (P).	17,91 m
Porcentagem do perímetro transversal destinada ao arco (A%)	43,46%
Largura menor da fossa (b_f).	3,38 m
largura maior da fossa (a_f).	5,46 m
profundidade da fossa (h_f).	3,21 m
Área transversal da fossa (A_f).	14,18 m
Área total transversal (A_t).	23,63 m
Área transversal da campana (A_g).	9,45 m
Volume total do biodigestor (V_t).	224,53 m ³
Volume Total da fossa (V_f).	134,72 m ³
Volume Total do gás (V_g).	89,81 m ³
Volume da caixa de entrada	7,42 m ³
Volume da Caixa de saída	14,84 m ³

Fonte: O AUTOR (2018).

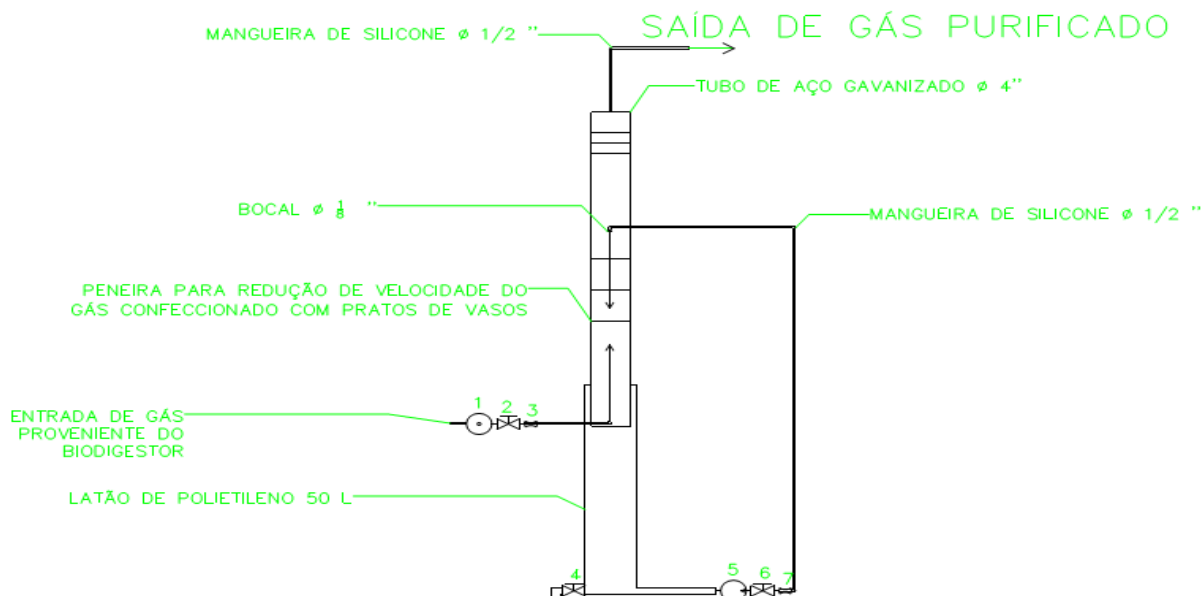
O volume dimensionado excede o volume estimado em 0,72 m³, porem este foi o único volume encontrado pela ferramenta Solver do Excel®2016, que faz com que a proporção gás/fase líquida, sem mantenha em 40%, utilizando as dimensões propostas para o raio da campana e para o comprimento da fossa.

O projeto do purificador, foi confeccionado utilizando o software AUTOCAD® 2018, é foi baseado no modelo proposto Mufidatul *et al.* (2015). O purificador consiste de um tanque com capacidade de 50 L, para armazenamento da água proveniente da lavagem do biogás, acoplado a uma torre de absorção confeccionada em tubo de aço galvanizado de 4 polegadas recheada com pratos perfurados para aumentar o tempo de retenção do gás.

O biogás é transportado até a entrada do purificador por meio de mangueiras de silicone de ½ polegadas, onde é comprimido por um compressor, e entra na torre na parte inferior e ascende até o fim da coluna onde sai para o consumo.

A água é bombeada por uma bomba periférica até uma altura 95 cm do local de entrada do biogás, onde é borrifado sobre o gás. A vazão de água foi fixada em 50 L/min. O croqui do purificador e apresentado na FIG. 12. As dimensões exatas do purificador estão no APÊNDICE C.

Figura 12- Croqui do purificador do tipo WS.



Fonte: O AUTOR (2018).

Os custos de construção de cada modelo de biodigestor e do purificados *ws*, são mostrados na TAB. 12. Foi utilizado como critério principal para o orçamento, a durabilidade dos equipamentos. Ambos os biodigestores foram projetados para serem construídos em alvenaria de bloco de tijolos cerâmicos revestidos com agente impermeabilizante adicionado a massa única. A estratificação dos orçamentos encontra-se nos APÊNDICES D e E.

Tabela 12- Investimento para a construção dos biodigestores e do purificador.

Equipamento	Investimento
Biodigestor Indiano	R\$ 23.951,96
Biodigestor Canadense	R\$ 25.320,93
Purificador <i>ws</i>	R\$ 2.360,46

Fonte: O AUTOR (2018).

Como foram utilizadas as planilhas de referência SINAPI e SETOP, para elaborar as planilhas orçamentárias, os custos com mão de obra já estão diluídos no valor unitário de cada item, assim não se faz necessário o levantamento a parte dos custos com mão de obra.

Também foi utilizado para a confecção das planilhas um BDI (Benefícios e Despesas Indiretas). De acordo com Thomé (2016), o BDI é um fator que auxilia na elaboração de orçamentos para a construção civil, levando em conta os custos indiretos, como administração central, seguros e tributos sobre a receita.

Ainda de acordo com Thomé (2016), este fator também pode ser definido como diluição do lucro mais os custos indiretos, incidido sobre os custos diretos (insumos e serviços).

Observando que o custo de construção do modelo indiano é relativo a apenas um biodigestor, logo o custo de implantação total será de R\$ 47.903,92, pois são necessários dois biodigestores para atender o volume demandado.

Foi considerado para a análise da viabilidade econômica, que ambas as propriedades possuíam o capital necessário para a implantação dos sistemas de produção e purificação.

A economia anual de energia (TAB. 13) foi calculada com uma visão conservadora, relevando as possíveis flutuações no preço do quilowatt hora. Até a presente data deste trabalho o preço médio do quilowatt hora para zona rural era de R\$ 0,46, vigorando as tarifas da bandeira vermelha (CEMIG, 2018).

Tabela 13-Economia anual.

Biodigestor	Volume Produzido	Equivalência	Custo do Kwh	Economia anual
Indiano	17,26 m ³	127,89 KWh	R\$ 0,46	R\$ 4.090,24
Canadense	89,52 m ³	24,66 KWh	R\$ 0,46	R\$ 21.214,24

Fonte: O AUTOR (2018). 1

A partir dos dados das tabelas TAB. 12 e TAB.13, pode ser percebida uma diferença de R\$ 17.124,00 na economia anual dos modelos, visto que os dois modelos possuem custos unitários semelhantes. O biodigestor Canadense, considerando uma análise preliminar negligenciando o desgaste do valor no tempo, proporciona maior redução nos gastos com energia.

Com base nos valores de economia, foram construídas duas tabelas, uma para cada sistema, constando o fluxo de caixa descontado (FMD), o fluxo de caixa descontado acumulado (FMDA) e o VPL de cada alternativa. A análise foi realizada considerando um período de 5 anos.

A TAB. 14 apresenta o VPL para o sistema composto pelo modelo indiano mais o purificador. Para o modelo indiano, foram considerados apenas os custos de manutenção do purificador, e a substituição das válvulas de segurança e de controle de vazão do gasômetro. Estas manutenções estão previstas para acontecerem em intervalos de 3 anos.

O custo estimado para a manutenção do purificador foi de 50% do seu valor de construção, pois serão substituídas apenas as mangueiras e conexões, e em casos extremos algum periférico como a bamba de recalque de água ou o compressor.

A manutenção do corpo de biodigestor e do gasômetro foi desconsiderada, pois como são confeccionados em alvenaria de vedação e chapa de aço carbono nº14, respectivamente, dificilmente apresentariam alguma manutenção no período proposto.

Tabela 14-VPL modelo indiano

Período (n)	0	1	2	3	4	5
Desconto (1+i) ⁿ	1,00	1,13	1,28	1,45	1,65	1,87
FMD (R\$)	-50.264,38	3.610,09	3.186,31	1.412,07	2.482,15	2.190,78
FMDA (R\$)	-50.264,38	-46.654,29	-43.467,97	-42.55,69	- 39.573,75	-37.382,97
VPL (R\$)	-97.129,02	-	-	-	-	-

Fonte: O AUTOR (2018).

Como pode ser observado o VPL do investimento retornou um valor negativo, e de acordo com Torres e Diniz Jr. (2013), para que um projeto possa gerar lucro, o seu VPL deve apresentar valor positivo e diferente de zero, caso contrário o investimento não gera retorno.

Os outros fatores analisados, TIR e payback, também retornaram valores insatisfatórios. A TIR apresentou valor negativo, o que, segundo Hirschfeld (2015), classifica o empreendimento como inviável, pois a taxa interna de retorno foi inferior a taxa mínima de atratividade. Em relação ao payback o investimento ainda se mostra inviável, pois não foi possível recuperar o valor do investimento inicial durante o período proposto.

Um fator que pode ter influenciado no resultado da análise, é o consumo energético insuficiente, pois segundo Cervi, Esperancini e Bueno (2010), para que um sistema de produção de biogás seja viável é necessário um consumo médio de 35 kWh e como o consumo da propriedade é de 24,66 kWh, o sistema tende a ser inviável.

Mesmo que o sistema indiano tenha se mostrado inviável, existem algumas alternativas para reduzir o custo de produção deste modelo, como a substituição do gasômetro de aço

carbono, por uma caixa d'água de fibra de vidro e trocar a tubulação de saída do gás por tubos de PVC, como proposto por Mattos e Farias Jr. (2011).

Ainda existe a possibilidade de se comercializar o biofertilizante produzido durante o processo de biodigestão o que agregaria valor ao empreendimento.

Para a análise da viabilidade do sistema canadense, foram previstos gastos com manutenção do purificador no valor de 50% do seu custo de implantação, a cada período de 3 anos. Também foi prevista a substituição da campana do biodigestor a cada período de 2 anos, pois como esta parte é feita de uma manta de PVC, ela é mais suscetível a ação do tempo e a possíveis perfurações, quando comparada ao gasômetro do modelo indiano que é mais robusto.

A TAB. 15 apresenta o VPL para o sistema composto pelo modelo canadense mais o purificador.

Tabela 15-VPL modelo canadense.

Período (n)	0	1	2	3	4	5
Desconto (1+i) ⁿ	1,00	1,13	1,28	1,45	1,65	1,87
FMD (R\$)	-27.681,39	18.723,96	15.086,42	13.774,58	11.752,40	11.362,61
FMDA (R\$)	-27.681,39	-8.957,43	6.128,99	19.903,57	31.655,97	43.018,57
VPL (R\$)	25.123,72	-	-	-	-	-

Fonte: O AUTOR (2018).

O VPL do sistema composto pelo modelo canadense apresentou valor positivo o que, segundo Torres e Diniz Jr. (2013), classifica o empreendimento como economicamente viável. O investimento teve um tempo de retorno de 2 anos, 8 meses e 18 dias, assim, a partir deste período o proprietário passa a ter uma “verdadeira” economia com custos energéticos podendo reverter o valor economizado para outras áreas da propriedade.

A taxa interna de retorno também se mostrou favorável a implantação deste tipo de sistemas, pois esta apresentou valor positivo e igual a 48%, sendo aproximadamente 3,6 vezes maior que a TMA. De acordo com Hirschfeld (2015), como a TIR do empreendimento mostrou-se superior à TMA o investimento é economicamente viável.

A depreciação dos equipamentos também foi analisada, porém ela incide apenas sobre o fluxo de caixa indireto, não tendo efeito sobre o fluxo monetário. Sendo assim os resultados obtidos permanecem inalterados, independentemente da depreciação dos equipamentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biodigestores constituem uma grande alternativa para gerar economia em propriedades rurais, além de ser uma boa opção para o tratamento de resíduos das fazendas, podendo tratar os resíduos animais e sanitários gerados pela propriedade.

A análise da viabilidade econômica da implantação dos dois sistemas de produção e purificação de biogás, mostrou que a inviabilidade da implantação de biodigestores de modelo indiano, construído em alvenaria revestida com aditivo impermeabilizante e gasômetro de aço carbono. Um dos motivos para esta conclusão é o consumo energético médio é inferior a 35 KWh é inviável, podendo ser estudada a possibilidade de construção com materiais mais baratos.

Em relação ao modelo canadense, construído em alvenaria revestida com aditivo impermeabilizante e campana de manta geotérmica de PVC, constatou-se ser um empreendimento rentável, gerando uma economia anual de R\$ 21.214,24, compensando o investimento inicial em menos de 3 anos, após sua implantação. Confirma-se assim, o cenário que afirma que o biodigestor canadense é o mais utilizado no Brasil e no mundo, devido sua eficiência e rentabilidade.

Como os custos de manutenção de ambos os modelos foram estimados de maneira preliminar, para trabalhos futuros pode-se realizar um estudo mais aprofundado, levando em consideração o desgaste do corpo do biodigestor, provocado pela utilização diferentes tipos de biomassa e pelas condições climáticas do local de implantação.

Também, para um futuro estudo, sugere-se a realização de uma análise de viabilidade da implantação de uma cadeia de comercialização e distribuição do biofertilizante produzido e também a utilização de outros materiais na construção dos biodigestores a fim de aumentar a economia gerada.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2. ed. 2005.
- ARAÚJO, G. M. **REMOÇÃO BIOLÓGICA DE GÁS SULFÍDRICO CONCENTRADO PARA TRATAMENTO DE BIOGÁS**. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- BARBIERI, J. C.; ALVARES, A. C. T.; MACHLINE, C.. **Taxa Interna de Retorno: Controvérsias e interpretações**. *Gestão da Produção, operações e Sistemas*, São Paulo, v. 5, n. 2, p.131-142, outubro de 2007.
- BARRERA, P. **Biodigestores: Energia, fertilidade e Saneamento para zona rural**. São Paulo, Ícone, 2011.
- BEZERRA, K.L.P et al. **Uso de Biodigestores na Suinocultura**. *Revista Eletrônica Nutritime*, Corrente-PI, v. 11, n. 5, p.3714-3722, out 2014. Disponível em http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO275.pdf. Acesso em: 01 maio 2018
- BOTEGA, J. V. L. **Diagnostico da Automação na Pecuária Leiteira**. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3369/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Diagn%C3%B3stico%20da%20automa%C3%A7%C3%A3o%20na%20pecu%C3%A1ria%20leiteira.pdf . Acesso em: 21 ago. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982**. Brasília, DF, 1982.
- BRETON, J. et al. **Renewable energy sources and Technologies on farm systems: focusing on Dasih scenario**. The Royal Veterinary and agricultural University, Denmark: Department of Agricultural Sciences, 2004.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Planilha Múltipla versão 3.0.5**, Brasília, DF, 2018.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Planilha SINAPI, Belo Horizonte**, MG, 2018.
- CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012, 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - UFRJ/Escola Politécnica, Rio de Janeiro.

CARVALHO, A., **Modelagem matemática do processo de digestão anaeróbia**. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) -Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Trás-os-Montes.

CEMIG. **Valores de Tarifas e Serviços**. Belo Horizonte, MG, out, 2018. Disponível me: https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx. Acesso em: 3 out. 2018.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. **Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica**. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 30, nº. 5, p. 831-844, set./out. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n5/v30n5a06.pdf>> Acesso em: 03 out. 2018.

CLASSEN, P.A.M; LIER, J.B.; STAMRS, A.J.M. **Utilization of biomass for supply of energy carrier**. *Applied microbiology and biotechnology*, v.52, p.741-755, 1999.

COELHO *et al*; **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**; Dupligráfica; Brasília; 2000

DAROLT, M. R.; T. NETO, E. A.. **BIOFERTILIZANTES: Caracterização Química, Qualidade Sanitária e Eficiência em Diferentes Concentrações na Cultura da Alfafa**. Curitiba: Ufp, 2006.

DEGANUTTI, Roberto et al. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. Bauru: Departamento de Artes e Representação Gráfica, Faac - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Unesp - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2002. 5 p. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br> . Acesso em: 18 abr. 2018

DINIZ JR, O. G.; TORRES, I. A. **As contribuições do valor presente líquido, da taxa interna de retorno, do payback e do fluxo de caixa descontado para avaliação e análise de um projeto de investimento em cenário hipotético** - doi: 10.5102/un.gti.v3i1.2277. *Universitas: Gestão e TI*, [s.l.], v. 3, n. 1, p.85-96, 28 jun. 2013. Centro de Ensino Unificado de Brasília. <http://dx.doi.org/10.5102/un.gti.v3i1.2277>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco nacional energético 2017: ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

FAPAN- FACULDADE DE PARAISO DO NORTE. **Payback Simples e Descontado**, Paraiso do Norte, 2007. Disponível em:

<http://www.fapanpr.edu.br/site/docente/arquivos/PAYBACK%20SIMPLES%20E%20DESCONTADO.pdf>

FERREIRA, C. R. **Gestão financeira e contábil: Análise de Investimentos**. Araçatuba:

Unisalesiano / Inbrape, 2006. Disponível em:

http://www.unisalesiano.edu.br/~notas/apostilas/Pos_Graduacao/MBA em Gestão Financeira e Contábil/Análise de Investimentos/Apostila Análise de Investimento - MBA Lins 2007.pdf .

Acesso em: 02 nov. 2017.

FILHO, N. C.; KOPITTKKE, B. H.. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão e Estratégia Empresarial**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

FRARE, L. M; GIMENES, M. L; PEREIRA, N. C. **Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás**. Eng Sanit Ambient. Medianeira, v. 14, n. 2, p. 167-172, abr. 2009.

GASPAR, R.M. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de toledo – pr**. 2013, 119 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GITMAN, L.J. **Princípios Da Administração Financeira**. 10.ed. São Paulo: Pearson Addisson Wesley, 2004.

HIRSCHFELD, H. . **Engenharia Econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. São: Atlas, 2015.

HOJI, M.. **Administração Financeira e Orçamentária: Matemática Financeira aplicada, Estratégias financeiras e Orçamento empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

INCRA-INSTITUTO NACIONAL COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Classificação do Imóveis Rurais**. Brasília-DF, 2018. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais> . Acesso em: 23 out. 2018.

JUNQUEIRA, S. L.. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado**. 2014. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

KAFRUNI, S., FERRARI, H. **Alta do PIB: "Setor agropecuário carregou a economia", avalia especialista.**2018.

KLASS, D. L.. **Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals.** Boston: Academic Press, 1998. 651 p.

KUHNEN, O. L. **Matemática Financeira aplicada e Análise de Investimentos.** 3. Ed. São Paulo:Atlas,2001.

LA FACE, M. **Leite: O que o mercado reserva para 2018?** 2018. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

MARI, A. G., **Redução de sólidos e capacidade de produção de biogás em biodigestor de fluxo ascendente em uma pequena propriedade do município de Marechal Cândido Rondon.** 2012. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialista em Energias Renováveis Com ênfase em Biogás, Universidade Federal de Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu, 2012.

MATIAS, J. C. O., DEVEZAS, T. C., 2007, “**Consumption dynamics of primary energy sources: The century of alternative energies**”. *Applied Energy*, v. 84, pp. 763–770

MATTOS, L. C.; FARIAS JR., M.. **Manual do biodigestor sertanejo.** Recife: Gef, 2011. Disponível em: https://www.projetedomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigos_e_Publicacoes/Biodigestor/Biodigestor_Portugues.pdf . Acesso em: 28 set. 2018.

MORAES, B. M. M.; BENDER FILHO, R. **Mercado Brasileiro de Lácteos: análise do impacto de políticas de estímulo à produção.** Revista de Economia e Sociologia Rural, [s.l.], v. 55, n. 4, p.783-800, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

MOTTA, K. U.. **Avaliação da geração de biogás de um biodigestor de dejetos bovinos e suínos.** 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MUFIDATUL, I. et al. **Water Scrubbing for Removal of CO (Carbon Dioxide) and H S (Hydrogen Sulfide) in Biogas from Manure.** *Kne Energy & Physics*, Surabaya, v. 5, n. 36,

p.126-131, nov. 2015. Disponível em: <https://www.knepublishing.com/index.php/KnE-Energy/article/view/367/1262> . Acesso em: 20 set. 2018.

NEVES, C. F. C.; SCHVARTZMAN, M. M. A. M. **Separação de CO₂ por meio da tecnologia PSA. Química Nova**, Belo Horizonte, v. 28, n. 4, p.622-628, abr. 2005.

NOGUEIRA, L.A.H. **Biodigestão, a alternativa energética**. Editora Nobel, p.1-93. São Paulo,1986.

OLIVEIRA, M. H. da F. **A Avaliação Econômico-financeira De Investimentos Sob Condição De Incerteza: Uma Comparação Entre O Método De Monte Carlo E O Vpl Fuzzy**. 2008. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono**. 2009. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

PALHARES, J.C.P.. **Biodigestão anaerobia de dejetos suínos:aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro**. 2008. Disponível em: <<http://www.infobios.com>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

PAMPLONA E.O.; MONTEVECHI, J.A.B. **Apostila do curso de engenharia econômica Avançada**. UNIFEI, Itajubá, 2006.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP-Estudo de caso**. 2006. 237 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

PORTES, Z. A.; FLORENTINO, H. O., Aplicativo computacional para projetos e construção de biodigestores rurais. **Energia e Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 1, p.118-138, jun. 2006.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores**. 2010. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RABOBANK, **Mercado de Lácteos brasileiro e Global**, Lagoa da Prata, 2018

RESENDE, M. L., **Dimensionamento de um biodigestor para o tratamento de dejetos bovinos em uma fazenda da zona rural de lagoa da prata – mg.** 2017. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Centro Universitário de Formiga- Unifor-mg, Formiga, 2017.

RIBEIRO, D. S.. Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida. **Holos**, Rio Grande Do Norte., v. 1, n. 27, p.118-126, jun. 2011.

SALGADO, F. M. M.. **O futuro do Leite no Brasil:** Uma análise de ambiente da cadeia produtiva de lácteos. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: http://www.ufjf.br/mestradoleite/files/2013/05/Francisco-M.M.Salgado-Dissertação-final_stk.pdf . Acesso em: 06 jun. 2018.

SANTOS, A. C. V. dos. **Efeitos nutricionais e fitossanitários do biofertilizante líquido a nível de campo.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.13, n4, p. 275 – 279. 1991.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE E OBRAS PÚBLICAS. **Planilha de referencia SETOP.** Belo Horizonte, MG, 2018.

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

SILVEIRA, O. **Biodigestor. Solução energética para o campo.** São Paulo, Secretaria de Ciência: Família Cristã, jul. 1981.

SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO RURAL. Tabela de índices básicos. Brasília-DF, 2018. Disponível em: http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/indices-cadastrais/indices_basicos_2013_por_municipio.pdf . Acesso em: 23 out. 18

SOARES, R. C., SILVA, S. R. **Evolução histórica do Uso do Biogás com combustível.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Cuiabá, [200-?]

SOSA, R.; CHAO, R.; DEL RÍO, J. . **Aspectos bioquímicos y tecnológicos del tratamiento de residuales agrícolas con producción de biogás.** Revista Computadorizada de Producción Porcina, Havana, v. 6, n. 2, p.5-19, fev. 1999.

THOMÉ, B. B.. **BDI na Construção Civil: O que é e como usar?** 2016. Disponível em: <https://www.sience.com.br/blog/bdi-na-construcao-civil-o-que-e-como-usar/> . Acesso em: 28 set. 2018.

VELOSO E SILVA, C. A. B. **Limpeza e purificação de biogás.** 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Trás-os-Montes, 2009.

VELOSO, A. V., **Aplicativo computacional para dimensionamento de um biodigestor piloto.** 2011. 89 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica)- Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

VILELA, D et al. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF v. 26, n. 1, p.5-24, mar. 2017. Trimestral. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1243/1037> . Acesso em: 21 ago. 2018.

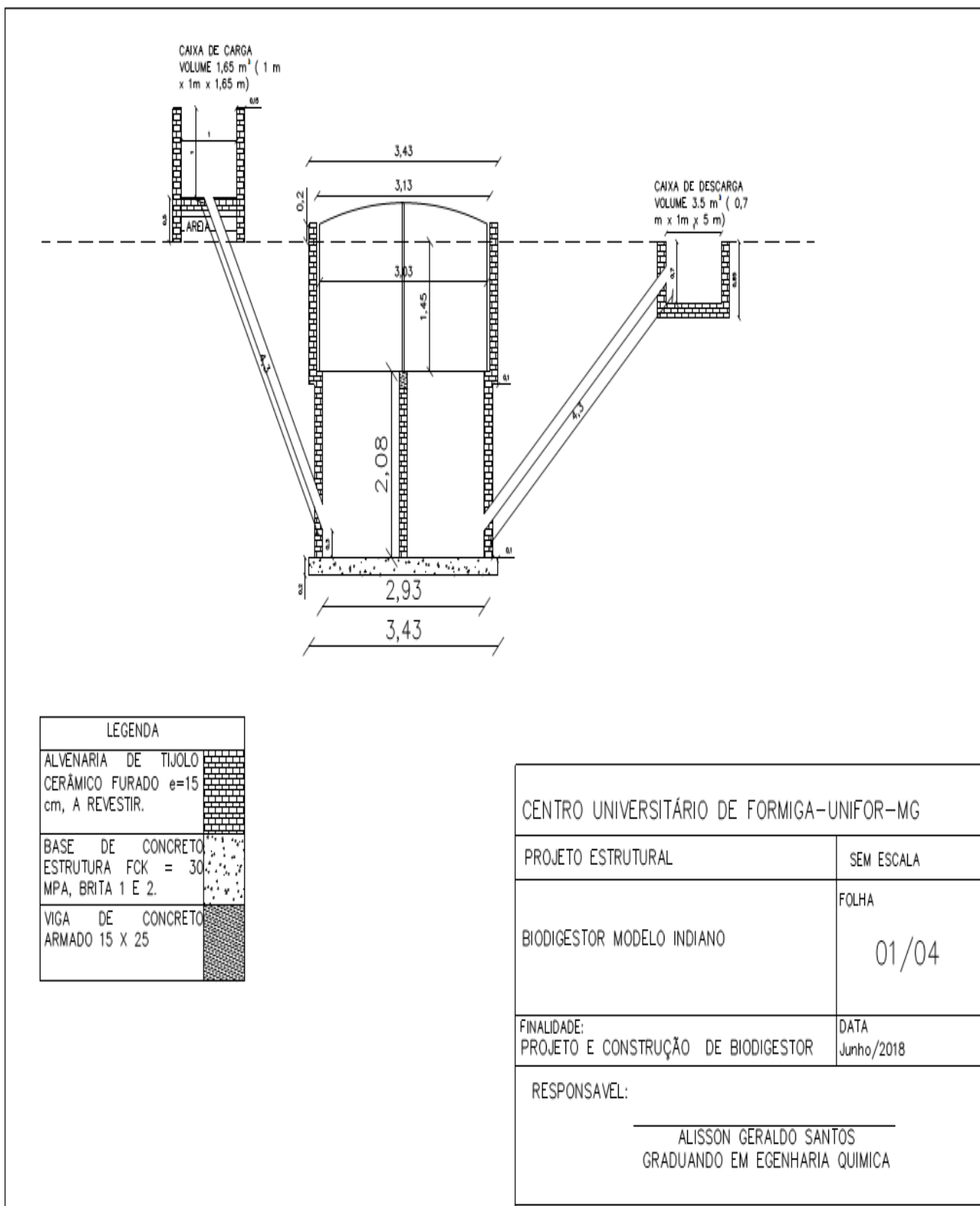
WALSH JR., J.et al. **Handbook on biogás utilization**, U.S. Department of energy. 1998. 156p.

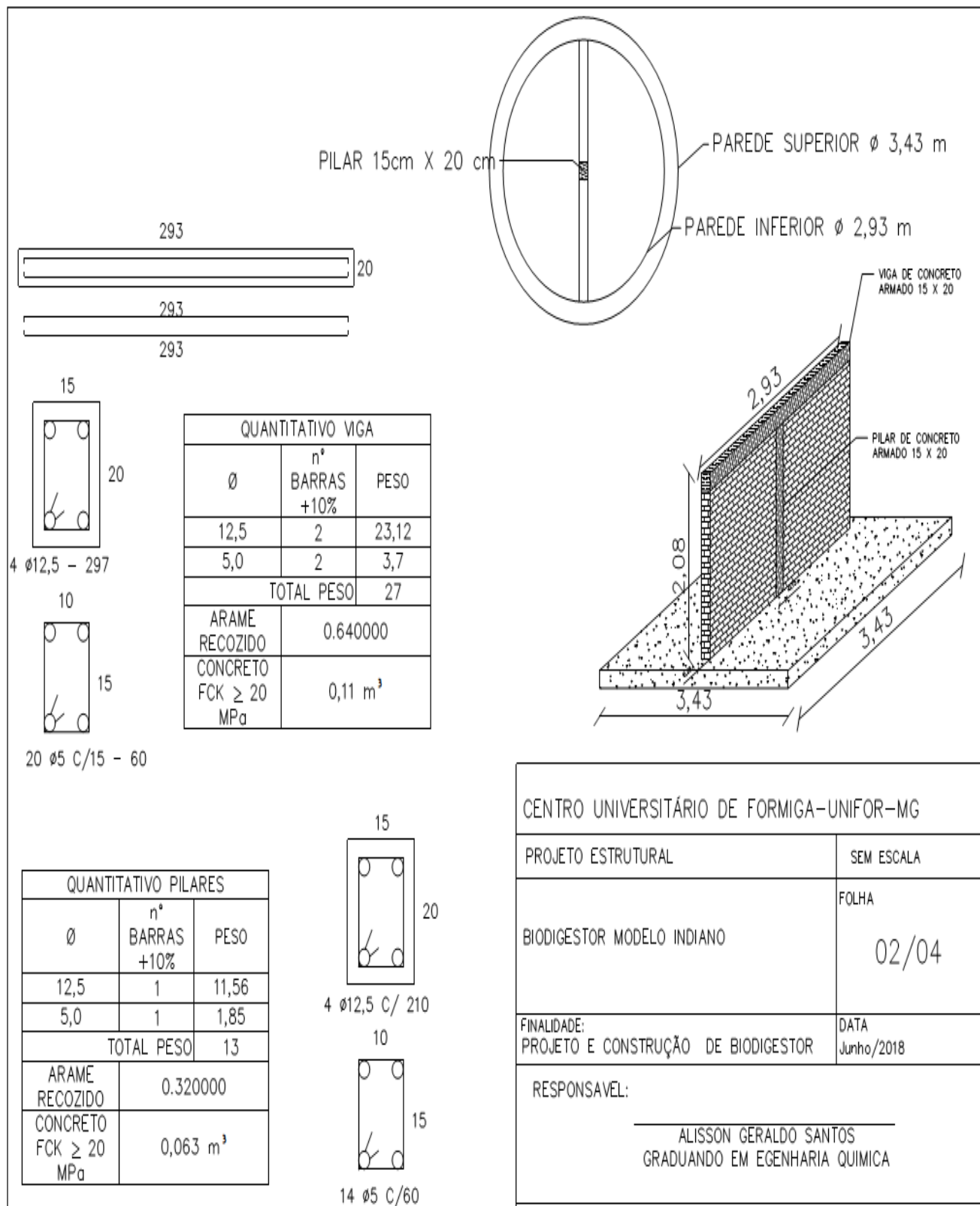
ZANETTE, A. L. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

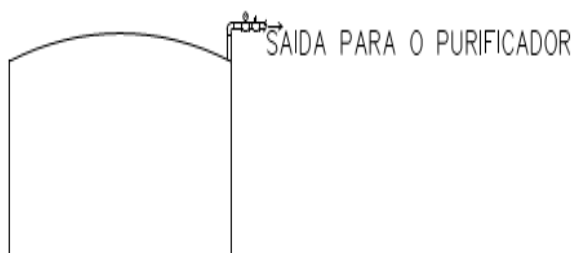
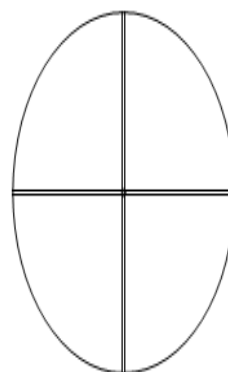
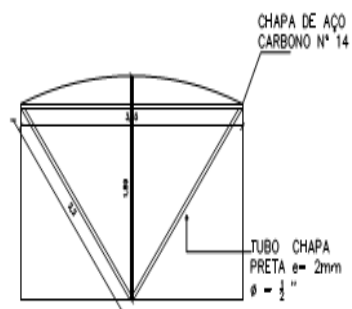
ZOCCAL, R., **Dez países top no leite.** 2017. Disponível em <http://www.baldebranco.com.br/dez-paises-top-no-leite/> .Acesso em 06 de junho de 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Projeto estrutural do biodigestor modelo Indiano.



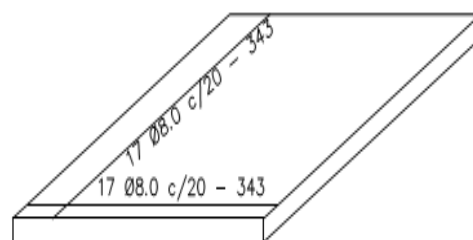




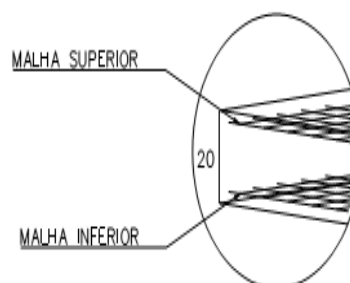
TUBULAÇÃO DE SAÍDA	QUANTITATIVO
TUBO GALVANIZADO 1 1/2" ROSCAVEL	12 m
MANÔMETRO DE BUORDON	1 UNIDADE
JOELHO 90° GALVANIZADO ROSCAVEL	1 UNIDADE
VALVULA DE ALÍVIO DE PRESSÃO	1 UNIDADE

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA-UNIFOR-MG	
PROJETO ESTRUTURAL	SEM ESCALA
BIODIGESTOR MODELO INDIANO	FOLHA 03/04
FINALIDADE: PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR	DATA Junho/2018
RESPONSÁVEL: ALISSON GERALDO SANTOS GRADUANDO EM ENGENHARIA QUÍMICA	

QUANTITATIVO LAJE DA BASE		
Ø	nº BARRAS +10%	PESO
8,0	22	104,28
TOTAL PESO		104.28
ARAME RECOZIDO	2 kg	
CONCRETO FCK ≥ 25 MPa	2.41 m ³	

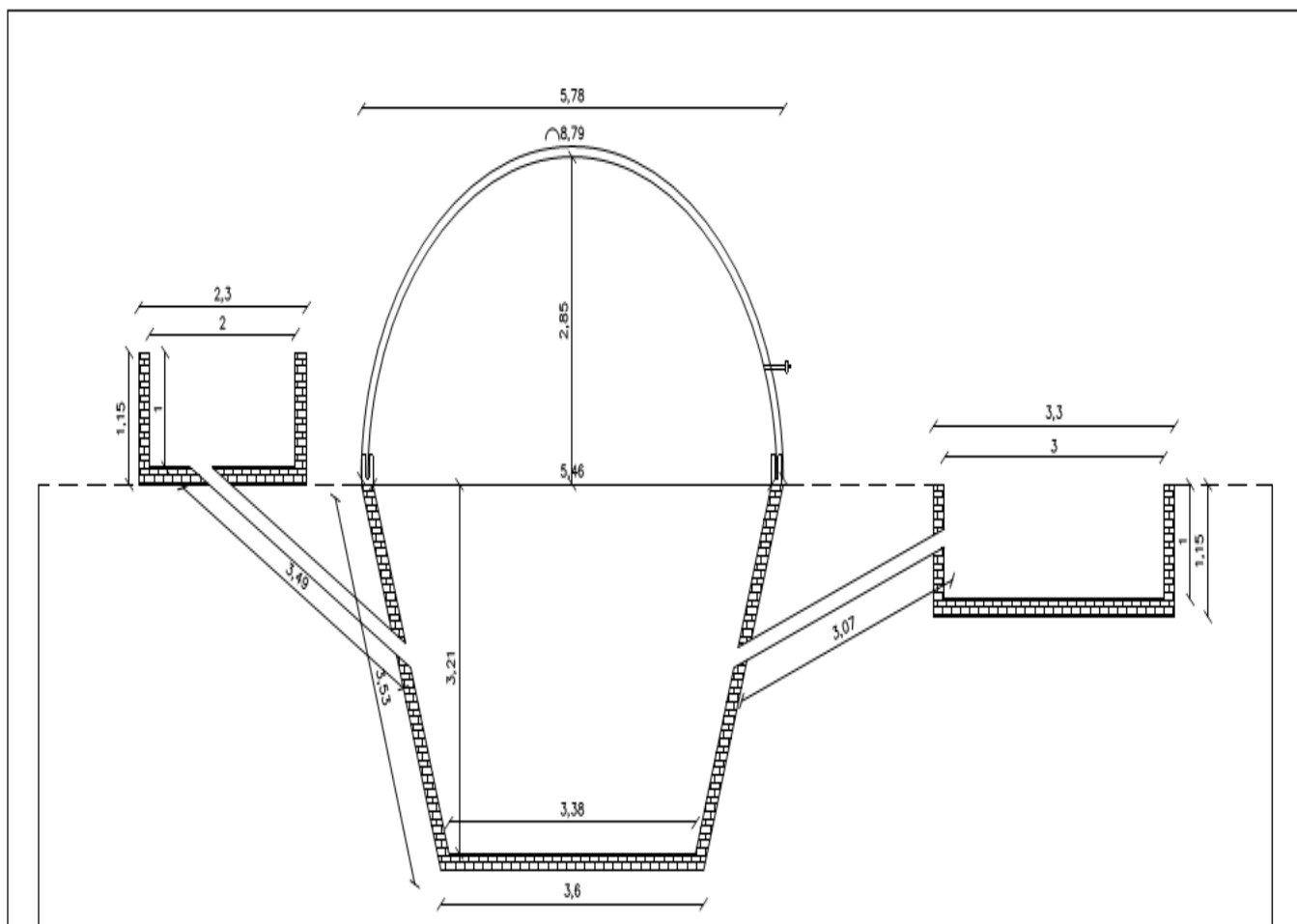


DETALHE - POSITIVOS E NEGATIVOS



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA-UNIFOR-MG	
PROJETO ESTRUTURAL	SEM ESCALA
BIODIGESTOR MODELO INDIANO	FOLHA 04/04
FINALIDADE: PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR	DATA Junho/2018
RESPONSÁVEL: ALISSON GERALDO SANTOS GRADUANDO EM ENGENHARIA QUÍMICA	

APÊNDICE B – Projeto estrutural do biodigestor modelo Canadense.



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA-UNIFOR-MG

PROJETO ESTRUTURAL

SEM ESCALA

BIODIGESTOR MODELO INDIANO

FOLHA

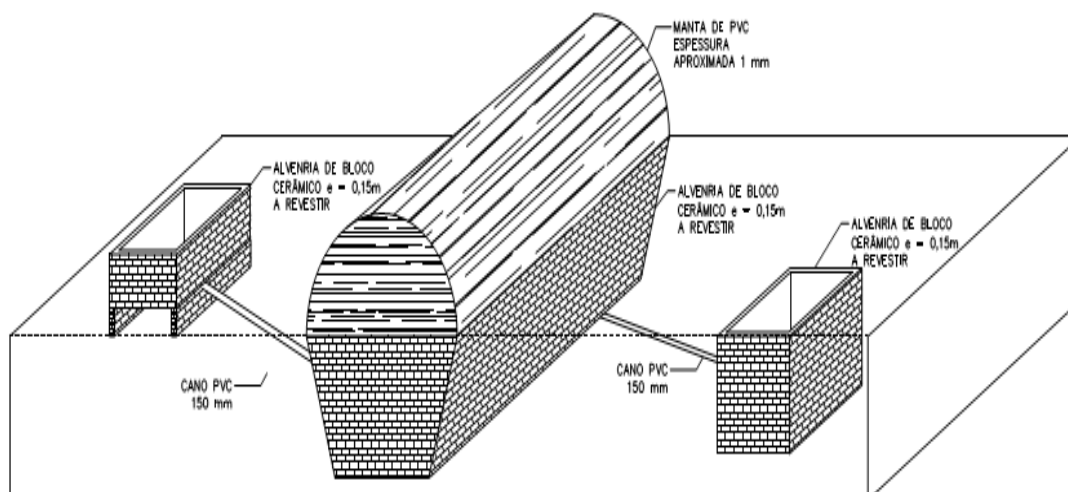
01/02

FINALIDADE:
PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR

DATA
Junho/2018

RESPONSÁVEL:

ALISSON GERALDO SANTOS
GRADUANDO EM ENGENHARIA QUÍMICA



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA-UNIFOR-MG

PROJETO ESTRUTURAL

SEM ESCALA

BIODIGESTOR MODELO CANADENSE

FOLHA

02/02

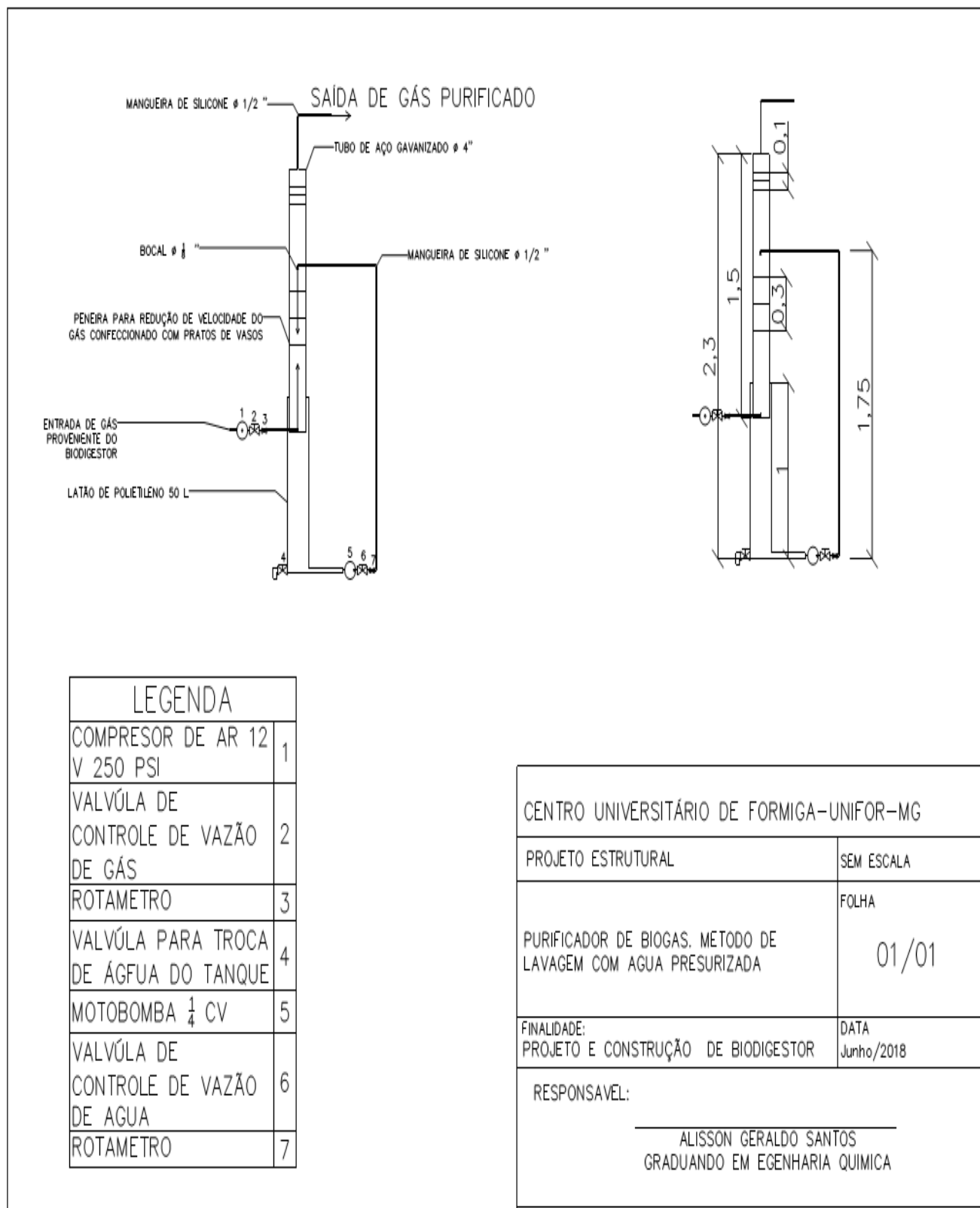
FINALIDADE:
PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR

DATA
Junho/2018

RESPONSÁVEL:

ALISSON GERALDO SANTOS
GRADUANDO EM ENGENHARIA QUÍMICA

APÊNDICE C – Projeto estrutural do purificador de gás ws.



LEGENDA

COMPRESOR DE AR 12 V 250 PSI	1
VALVÚLA DE CONTROLE DE VAZÃO DE GÁS	2
ROTAMETRO	3
VALVÚLA PARA TROCA DE ÁGUA DO TANQUE	4
MOTOBOMBA $\frac{1}{4}$ CV	5
VALVÚLA DE CONTROLE DE VAZÃO DE ÁGUA	6
ROTAMETRO	7

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA-UNIFOR-MG

PROJETO ESTRUTURAL

SEM ESCALA

PURIFICADOR DE BIOGÁS. METODO DE LAVAGEM COM AGUA PRESURIZADA

FOLHA

01/01

FINALIDADE:
PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR

DATA
Junho/2018

RESPONSÁVEL:

ALISSON GERALDO SANTOS
GRADUANDO EM ENGENHARIA QUÍMICA

APÊNDICE D – Planilha de Custo biodigestor modelo Indiano.


PO - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
 Orçamento Base para Licitação - OGU

 Grau de Sigilo
 #PUBLICO

Nº OPERAÇÃO		Nº SICOV	PROponente / TOMADOR	APELIDO DO EMPREENDIMENTO			MUNICÍPIO / UF			BDI 1	BDI 2	BDI 3
LOCALIDADE SINAPI		DATA BASE	ALISSON GERALDO SANTOS	Biodigestor Indiano			0/PEDRA DO INDAÍ			23,70%	0,00%	0,00%
BELO HORIZONTE		08-18 (N DES.)	DESCRIÇÃO DO LOTE									
Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)	RECURSO		
0									23.951,96			
1.			FUNDAÇÃO						2.691,27			
1.1.			MOVIMENTO DE SOLO						418,68			
1.1.1.	SINAPI	89903	ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M³ / 111 HP), FROTA DE 2 CAMINHÕES BASCULANTES DE 18 M³, DMT DE 0,2 KM E VELOCIDADE MÉDIA 4 KM/H. AF - 12/2013	M3	52,73	6,42	BDI 1	7,94	418,68	RA		
1.2.			BASE DE CONCRETO ARMADO						2.272,59			
1.2.1.	SINAPI	92786	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TERREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF - 12/2015	KG	104,28	8,02	BDI 1	9,92	1.034,46	RA		
1.2.2.	SETOP/MG	EST-FOR-005	FORMA E DESFORMA EM TABUAS DE PINHO, EXCLUSIVE ESCORAMENTO (3X)	M2	2,74	69,53	BDI 1	86,01	235,67	RA		
1.2.3.	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	M3	2,35	260,75	BDI 1	322,55	757,99	RA		
1.2.4.	SINAPI	74157/4	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO MANUAL DE CONCRETO EM FUNDACOES	M3	2,35	84,10	BDI 1	104,03	244,47	RA		
2.			CAMÁRA DE BIODIGESTÃO E CAIXAS DE CARGA E DESCARGA						6.949,68			
2.1.			ALVENARIA						3.807,73			
2.1.1.	SETOP/MG	ALV-TIU-030	ALVENARIA DE TUIJO CERÂMICO FURADO E = 15 CM, A REVESTIR	M2	38,89	43,90	BDI 1	54,30	2.111,73	RA		
2.1.2.	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	38,89	2,46	BDI 1	3,04	118,23	RA		
2.1.3.	SETOP/MG	REV-REB-010	REBOCO COM ARGAMASSA 1:2:9 CIMENTO, CAL E AREIA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M2	38,89	32,80	BDI 1	40,57	1.577,77	RA		
2.2.			PILAR CENTRAL						220,71			
2.2.1.	SETOP/MG	EST-FOR-005	FORMA E DESFORMA EM TABUAS DE PINHO, EXCLUSIVE ESCORAMENTO (3X)	M2	0,75	69,53	BDI 1	86,01	64,51	RA		
2.2.2.	SETOP/MG	ARM-AÇO-020	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE AÇO CA-50/60	KG	13,41	7,87	BDI 1	9,74	130,61	RA		
2.2.3.	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	M3	0,06	260,75	BDI 1	322,55	19,35	RA		
2.2.4.	SINAPI	74157/4	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO MANUAL DE CONCRETO EM FUNDACOES	M3	0,06	84,10	BDI 1	104,03	6,24	RA		
2.3.			CINTA DE ESCORAMENTO						405,41			
2.3.1.	SETOP/MG	EST-FOR-005	FORMA E DESFORMA EM TABUAS DE PINHO, EXCLUSIVE ESCORAMENTO (3X)	M2	1,23	69,53	BDI 1	86,01	105,79	RA		
2.3.2.	SETOP/MG	ARM-AÇO-020	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE AÇO CA-50/60	KG	26,82	7,87	BDI 1	9,74	261,23	RA		
2.3.3.	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	M3	0,09	260,75	BDI 1	322,55	29,03	RA		
2.3.4.	SINAPI	74157/4	LANÇAMENTO/APLICAÇÃO MANUAL DE CONCRETO EM FUNDACOES	M3	0,09	84,10	BDI 1	104,03	9,36	RA		
2.4.			CAIXA DE CARGA						1.075,76			
2.4.1.	SETOP/MG	ALV-TIU-030	ALVENARIA DE TUIJO CERÂMICO FURADO E = 15 CM, A REVESTIR	M2	8,60	43,90	BDI 1	54,30	466,98	RA		
2.4.2.	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	15,55	2,46	BDI 1	3,04	47,27	RA		
2.4.3.	SETOP/MG	REV-REB-015	REBOCO COM ARGAMASSA 1:2:8 CIMENTO, CAL E AREIA	M2	15,55	29,19	BDI 1	36,11	561,51	RA		
2.5.			CAIXA DE DESCARGA						1.440,07			
2.5.1.	SETOP/MG	ALV-TIU-030	ALVENARIA DE TUIJO CERÂMICO FURADO E = 15 CM, A REVESTIR	M2	15,41	43,90	BDI 1	54,30	836,76	RA		

Nº OPERAÇÃO	Nº SICOMV	PROPOSTANTE / TOMADOR	APELIDO DO EMPREENDIMENTO		
		ALISSON GERALDO SANTOS	Biodigestor Indiano		
LOCALIDADE SINAPI	DATA BASE	DESCRIÇÃO DO LOTE	MUNICÍPIO / UF	BDI 1	BDI 2
BELO HORIZONTE	08-18 (N DES.)		01 PEDRA DO INDAIA	23,70%	0,00%
				BDI 3	
				0,00%	

RECURSO

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)
0									23.951,96
2.5.2.	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	15,41	2,46	BDI 1	3,04	46,85
2.5.3.	SETOP/IMG	REV-REB-015	REBOCO COM ARGAMASSA 1:2:8 CIMENTO, CAL E AREIA	M2	15,41	29,19	BDI 1	36,11	556,46
3.			GASOMETRO E TUBULAÇÕES						9.562,17
3.1.			GASOMETRO						6.951,94
3.1.1.	COMPOSIÇÃO	AT	GASOMETRO CILINDRICO COM TETO ABOBADADO, DIAMETRO INTERNO 3,03 m, ALTURA 1,65 m, CONFECCIONADO EM CHAPA DE AÇO CARBONO N° 14, ESPESURA MINIMA DE 2 mm.	UND	1,00	5.620,00	BDI 1	6.951,94	6.951,94
3.2.			ARMAÇÃO DO GASOMETRO						714,56
3.2.1.	SETOP/IMG	GAS-TUB-010	TUBO AÇO PRETO SCH-40, D = 1/2" SEM COSTURA	M	16,75	34,49	BDI 1	42,66	714,56
3.3.			TUBULAÇÃO DE CARGA E DESCARGA						471,45
3.3.1.	SETOP/IMG	HID-TUB-055	TUBO PVC ESGOTO PB, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES, 100 MM	M	8,60	44,32	BDI 1	54,82	471,45
3.4.			TUBULAÇÃO DESAIDA DE GAS						1.424,22
3.4.1.	SINAPI	97536	TUBO DE AÇO GALVANIZADO COM COSTURA, CLASSE MÉDIA, CONEXÃO ROSQUEADA, DN 25 (1"), INSTALADO EM RAMAIS E SUB-RAMAIS DE GÁS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	12,00	36,04	BDI 1	44,58	534,96
3.4.2.	SINAPI	85120	MANOMETRO 0 A 200 PSI (0 A 14 KGf/cm2), D = 50MM - FORNECIMENTO E COLOCACAO	UN	1,00	110,69	BDI 1	136,92	136,92
3.4.3.	SETOP/IMG	ARC-VAL-085	VALVULA DE ALÍVIO E SEGURANÇA, DIÂMETRO DE 1/2" NPT	UN	1,00	608,20	BDI 1	752,34	752,34
4.			MOTOGERADOR						4.748,84
4.1.			MOTOGERADOR						4.748,84
4.1.1.	COMPOSIÇÃO		Gerador de Energia a Gás - Monofásico 4 KVA - Partida Elétrica	UND	1,00	3.839,00	BDI 1	4.748,84	4.748,84

Encargos sociais:

Para elaboração deste orçamento, foram utilizados os encargos sociais do SINAPI para a Unidade da Federação indicada.

Observações:

--

Foi considerado arredondamento de duas casas decimais para Quantidade; Custo Unitário; BDI; Preço Unitário; Preço Total.

Siglas da Composição do Investimento: RA - Rateio proporcional entre Repasse e Contrapartida; RP - 100% Repasse; CP - 100% Contrapartida; OU - 100% Outros.

PEDRA DO INDAIA
Local

quarta-feira, 17 de outubro de 2018

Data

Responsável Técnico
Nome: ALISSON GERALDO SANTOS
CREA/CAU:
ART/RRT:

Nº OPERAÇÃO	Nº SICOV	PROponente / TOMADOR	APELIDO DO EMPREENDIMENTO
LOCALIDADE SINAPI BELO HORIZONTE	08-18 (N DES.)	ALISSON GERALDO SANTOS DESCRIÇÃO DO LOTE	Biodigestor Indiano
DATA BASE	MUNICÍPIO / UF	BDI 1	BDI 2
08-18 (N DES.)	0 PEDRA DO INDAÍÁ	20,72%	0,00%
			BDI 3
			0,00%

RECURSO

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)
0									25.320,93
1.			SERVIÇOS PRELIMINARES						
1.1.			MOVIMENTO DE SOLO						
1.1.1.	SETOP/IMG	TER-ESC-005	ESCAVAÇÃO MECÂNICA COM TRATOR, INCLUSIVE TRANSPORTE ATÉ 50 M EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA	M3	170,00	2,56	BDI 1	3,09	525,30 RA
2.			ALVENARIA E REVESTIMENTO						15.206,97
2.1.			PAREDES DA VALA						
2.1.1.	SETOP/IMG	ALV-TIJ-030	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO E = 15 CM. A REVESTIR	M2	99,18	43,90	BDI 1	53,00	9.478,63 RA
2.1.2.	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF. 06/2014	M2	99,18	2,46	BDI 1	2,97	294,56 RA
2.1.3.	SETOP/IMG	REV-REB-010	REBOCO COM ARGAMASSA 1:2:9 CIMENTO, CAL E AREIA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M2	99,18	32,80	BDI 1	39,60	3.927,53 RA
2.2.			CAIXA DE CARGA						2.556,38
2.2.1.	SETOP/IMG	ALV-TIJ-030	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO E = 15 CM. A REVESTIR	M2	20,82	43,90	BDI 1	53,00	1.103,46 RA
2.2.2.	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF. 06/2014	M2	34,13	2,46	BDI 1	2,97	101,37 RA
2.2.3.	SETOP/IMG	REV-REB-010	REBOCO COM ARGAMASSA 1:2:9 CIMENTO, CAL E AREIA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M2	34,13	32,80	BDI 1	39,60	1.351,55 RA
2.3.			CAIXA DE DESCARGA						3.171,96
2.3.1.	SETOP/IMG	ALV-TIJ-030	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO E = 15 CM. A REVESTIR	M2	33,19	43,90	BDI 1	53,00	1.759,07 RA
2.3.2.	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF. 06/2014	M2	33,19	2,46	BDI 1	2,97	98,57 RA
2.3.3.	SETOP/IMG	REV-REB-010	REBOCO COM ARGAMASSA 1:2:9 CIMENTO, CAL E AREIA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M2	33,19	32,80	BDI 1	39,60	1.314,32 RA
3.			TUBULAÇÕES E CAMPANULA						4.954,22
3.1.			CAMPANULA						1.847,97
3.1.1.	Composição		LONA MANTA GEOMEMBRANA SOLDADA PARA TANQUES E LAGOS E = 1 mm	M2	67,15	22,80	BDI 1	27,52	1.847,97 RA
3.2.			TUBULAÇÃO						3.106,25
3.2.1.	SETOP/IMG	DRE-TUB-020	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO NBR-7362 D = 150 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	M	6,56	51,19	BDI 1	61,80	405,41 RA
3.2.2.	SETOP/IMG	HID-TUB-105	TUBO AÇO GALVANIZADO INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES, 25 MM	M	20,00	75,92	BDI 1	91,65	1.833,00 RA
3.2.3.	SINAPI	85120	MANOMETRO 0 A 200 PSI (0 A 14 KG/CM2), D = 50MM - FORNECIMENTO E COLOCACAO	UN	1,00	110,69	BDI 1	133,62	133,62 RA
3.2.4.	SETOP/IMG	ARC-VAL-085	VALVULA DE ALÍVIO E SEGURANÇA, DIÂMETRO DE 1/2" NPT	UN	1,00	608,20	BDI 1	734,22	734,22 RA
4.			MOTOGERADOR						4.634,44
4.1.			MOTOGERADOR						4.634,44
4.1.1.	Composição		Gerador de Energia a Gás - Monofásico 4 KVA - Partida Elétrica	UND	1,00	3.839,00	BDI 1	4.634,44	4.634,44 RA

Nº OPERAÇÃO	Nº SICOV	PROponente / TOMADOR	APeLIDO DO EMPReENDIMENTO	BDI 1	BDI 2	BDI 3
		ALISSON GERALDO SANTOS	PURIFICADOR WS	23,70%	0,00%	0,00%
LOCALIDADE SINAPI	DATA BASE	DESCRIÇÃO DO LOTE	MUNICÍPIO / UF			
BELO HORIZONTE	08-18 (N. DES.)		0 PEDRA DO INDAÍÁ			

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)
PURIFICADOR									
CORPO									
1.1.1.	SETOP/IMG	HID-TUB-126	TUBO AÇO GALVANIZADO INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES , 100 MM	M	1,50	196,96	BDI 1	243,64	365,46 RA
1.1.2.	Composição		LATÃO DE PLASTICO 50 L	UND	1,00	223,00	BDI 1	275,85	275,85 RA
1.1.3.	Composição		PRATO PLATICO (JARDIM) ZX11	UND	7,00	0,60	BDI 1	0,74	5,18 RA
ACESSÓRIOS									
1.2.1.	Composição		COMPRESSOR DE AR 12 V 120 PSI	UND	1,00	39,90	BDI 1	49,36	49,36 RA
1.2.2.	SETOP/IMG	ARC-VAL-015	VALVULA DE ESFERA EM LATAO, DIAMETRO DE 1/2" NPT	UN	3,00	51,39	BDI 1	63,57	190,71 RA
1.2.3.	Composição		BOMBA PERIFERICA IDB-35 1/4 CV BIVOLT	UND	1,00	163,31	BDI 1	202,01	202,01 RA
1.2.4.	SINAPI	92918	LUBRIFICANTE, EM FERRO GALVANIZADO, 1" X 1/2", CONEXÃO ROSQUEADA, INSTALADO EM REDE DE ALIMENTAÇÃO PARA HIDRANTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF -12/2015	UN	1,00	16,77	BDI 1	20,74	20,74 RA
1.2.5.	Composição		MANGUEIRA DE SILICONE TRASLUCIDA, ATOXICA, DIAMETRO INTERNO DE 1/2 POLEGADAS	M	10,00	25,85	BDI 1	31,98	319,80 RA
1.2.6.	Composição		ROTÂMETRO FLUXÓMETRO MEDIDOR DE VAZÃO DE AGUA 50-100 L/MIN	UND	2,00	365,00	BDI 1	451,51	903,02 RA
1.2.7.	Composição		CONJUNTO PARA MANGUEIRA 4 PEÇAS - DY-8025- TRAPP 1/2"	UND	1,00	22,90	BDI 1	28,33	28,33 RA
									2.360,46
									2.360,46
									646,49
									365,46
									275,85
									5,18
									1.713,97

RECURSO ↓

Encargos sociais: Para elaboração deste orçamento, foram utilizados os encargos sociais do SINAPI para a Unidade da Federação indicada.

Observações:

Foi considerado arredondamento de duas casas decimais para Quantidade; Custo Unitário; BDI; Preço Unitário; Preço Total.
 Siglas da Composição do Investimento: RA - Rateio proporcional entre Repasse e Contrapartida; RP - 100% Repasse; CP - 100% Contrapartida; OU - 100% Outros.

PEDRA DO INDAÍÁ
 Local
 quarta-feira, 17 de outubro de 2018
 Data
 Responsável Técnico
 Nome: ALISSON GERALDO SANTOS
 CREA/CAU: _____
 ART/IRT: _____