

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO PROFISSIONAL

MARCELO LOURENÇO ANTUNES

ANÁLISE DE POSSÍVEIS CENÁRIOS PARA UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS EM UM
FRIGORÍFICO

CAXIAS DO SUL

2019

MARCELO LOURENÇO ANTUNES

**ANÁLISE DE POSSÍVEIS CENÁRIOS PARA UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS EM UM
FRIGORÍFICO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Caxias do Sul.

Área de concentração: Projeto e Fabricação.

Linha de pesquisa: Desempenho e Controle de Sistemas Energéticos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Altafini.

CAXIAS DO SUL

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

A636a Antunes, Marcelo Lourenço

Análise de possíveis cenários para utilização de biogás em um
frigorífico / Marcelo Lourenço Antunes. – 2019.

88 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2019.

Orientação: Carlos Roberto Altafini.

1. Biogás. 2. Biocombustíveis. 3. Desenvolvimento energético. 4.
Economia - Análise. I. Altafini, Carlos Roberto, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 662.767.2

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Michele Fernanda Silveira da Silveira - CRB 10/2334

“ANÁLISE DE POSSÍVEIS CENÁRIOS PARA UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS EM UM FRIGORÍFICO.”

Marcelo Lourenço Antunes

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, Área de Concentração: Projeto e Fabricação.

Caxias do Sul, 20 de agosto de 2019.

Banca Examinadora:

Dr. Carlos Roberto Altafini
Orientador
Universidade de Caxias do Sul

Dr. Lademir Luiz Beal
Universidade de Caxias do Sul

Dr. Marcos Alexandre Luciano
Universidade de Caxias do Sul

Dra. Zaida Cristiane dos Reis
Universidade de Caxias do Sul

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Carla, e à minha filha Amanda, pelo apoio, compreensão e incentivo, e por sempre terem acreditado em mim, durante todas as etapas necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Roberto Altafini, que não mediu esforços para o aperfeiçoamento técnico deste trabalho, e cujo conhecimento ímpar, disponibilidade e orientações, foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão do mesmo.

Ao Prof. Dr. Joanir Luís Kalnin, que sempre esteve disponível para auxiliar com suas contribuições e orientações, referentes às análises de investimentos deste trabalho.

Ao amigo Eng. Pedro Henrique Jung, pelo suporte para a realização dos experimentos em campo ao longo de todo o trabalho, e pela literatura técnica disponibilizada para o embasamento do mesmo.

À Cooperativa Santa Clara, de Carlos Barbosa - RS, empresa onde foi realizado o trabalho, pelo apoio e incentivo para o desenvolvimento do mesmo.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, acreditaram e incentivaram a condução deste trabalho, o qual possibilitou uma realização pessoal e profissional.

RESUMO

O uso do biogás em uma instalação pode torná-la energeticamente independente, por ser um gás com alto potencial energético, ser uma fonte renovável de energia e representar uma excelente alternativa econômica e ambiental. Este trabalho avaliou possíveis cenários para utilização de biogás em um frigorífico de suínos, oportunizando diferentes soluções para uso deste insumo energético bastante valorizado. Os cenários vislumbrados foram: avaliação da implementação de um sistema de combustão de biogás para substituição de lenha em caldeira; utilização do biogás para geração de energia elétrica para uso interno; e venda do biogás para empresas consumidoras do mercado. O uso do biogás na caldeira pode reduzir custos e reduzir riscos ergonômicos para o operador. Além disso, foi a opção mais atrativa, sob o ponto de vista econômico, devido ao menor prazo para recuperação do capital investido (2,94 anos), dentre os três cenários avaliados. A utilização do biogás para geração de energia elétrica para uso interno, demonstrou que é possível melhorar a disponibilidade de geração de eletricidade na planta através do biogás, pela aquisição de um novo grupo gerador. A venda do biogás para uma empresa externa, para uso como combustível, ou para produção de biometano, pode ser uma boa alternativa pela boa qualidade e quantidade de biogás gerado na planta. Entretanto, esse cenário resultou em um tempo de retorno do capital investido maior dentre os três avaliados (6,45 anos). Devido ao potencial de geração de energia da instalação exceder em 17,7% o consumo de energia previstos nos dois primeiros cenários, é possível trabalhar com ambos, simultaneamente. A análise financeira desta opção, demonstrou um *payback* descontado de 3,6 anos, ficando em posição intermediária entre os períodos do primeiro e segundo cenários.

Palavras chave: Energia renovável. Biocombustíveis. Biogás. Eficiência energética. Análise econômica.

ABSTRACT

The use of biogas in an installation can make it energy independent, as it is a gas with high energy potential, is a renewable source of energy and represents an excellent economic and environmental alternative. This work evaluated possible scenarios for the use of biogas in a swine slaughterhouse, providing different solutions for the use of this highly valued energy input. The scenarios envisioned were: evaluation of the implementation of a biogas combustion system to replace boiler firewood; use of biogas for electricity generation for internal use; and sale of biogas to consumer companies in the market. Using biogas in the boiler can reduce costs and reduce ergonomic risks for the operator. In addition, it was the most attractive option, from an economic point of view, due to the shorter term for recovery invested capital (2.94 years), among the three scenarios evaluated. The use of biogas for electricity generation for internal use has shown that it is possible to improve the availability of electricity in the plant through biogas by acquiring a new generator set. Selling biogas to an outside company for use as a fuel or for producing biomethane may be a good alternative because of the good quality and quantity of biogas generated in the plant. However, this scenario resulted in a longer return on invested capital among the three scenarios assessed (6.45 years). Because the facility's power generation potential exceeds the predicted power consumption by 17.7% in the first two scenarios, it is possible to work with both simultaneously. The financial analysis of this option showed a discounted payback of 3.6 years, being in an intermediate position between the periods of the first and second scenarios.

Key words: Renewable energy. Biofuels. Biogas. Energy efficiency. Economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de um biodigestor em manta impermeável.....	17
Figura 2 – Modelo de biodigestor chinês	19
Figura 3 – Modelo de biodigestor indiano.....	20
Figura 4 – Modelo de biodigestor da Marinha do Brasil.....	21
Figura 5 – Processo de fermentação anaeróbia	26
Figura 6 – Sistemas de aquecimento comumente utilizados	29
Figura 7 – Sistemas de agitação comumente utilizados	30
Figura 8 – Esquema de um filtro de membrana.....	32
Figura 9 – Purificação pelo método <i>WS</i>	33
Figura 10 – Filtro de carvão ativado do método <i>PSA</i>	35
Figura 11 – Esquema de purificação pelo método <i>PSA</i>	35
Figura 12 – Tanque de escalda e Depiladeira de suíno	40
Figura 13 – Autoclave para o derretimento de gordura suína	41
Figura 14 – Biodigestor anaeróbio	41
Figura 15 – Instalações para a produção de biogás	43
Figura 16 – Disposição dos biodigestores	44
Figura 17 – Sistema para remoção de lodo dos biodigestores.....	45
Figura 18 – Sistema para abastecimento dos caminhões com lodo dos biodigestores.....	46
Figura 19 – Equalizador de vazão	47
Figura 20 – Analisador de gases	47
Figura 21 – Caldeira flamotubular utilizada atualmente	48
Figura 22 – Abastecimento manual de lenha na caldeira	49
Figura 23 – Conjunto moto gerador de energia elétrica	50
Figura 24 – Aerador, bomba helicoidal e soprador	51
Figura 25 – Lagoa de estabilização de efluentes	51
Figura 26 – Resultados do PCI e PCS do biogás obtidos através do software Acomb.....	53
Figura 27 – Composição dos gases gerados no biodigestor	53
Figura 28 – Regressão linear simples	54
Figura 29 – Grupo gerado à biogás CHP 400W	57
Figura 30 – Curva de rendimento do grupo gerador à biogás CHP 400W	58
Figura 31 – Comparativo entre os três cenários	63
Figura 32 – Queimador de gases com ignitor automático tipo open flare	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de dejetos de animais e sua capacidade de produzir biogás	22
Tabela 2 – Composição básica do biogás.....	24
Tabela 3 – Poder calorífico inferior (PCI) de alguns combustíveis	24
Tabela 4 – Comparativo entre o biogás e outros combustíveis	25
Tabela 5 – Equipamentos consumidores de vapor	40
Tabela 6 – Dados da instalação	42
Tabela 7 – Potencial de produção de biogás.....	42
Tabela 8 – Dados de entrada de biomassa.....	43
Tabela 9 – Dados referentes à caldeira flamotubular	48
Tabela 10 – Dados de consumo dos equipamentos	50
Tabela 11 – Composição do biogás gerado ao longo de 2017 e a temperatura ambiente	52
Tabela 12 – Investimentos necessários para o sistema de combustão de biogás	55
Tabela 13 – Retorno do investimento do sistema de combustão de biogás	56
Tabela 14 – Investimentos necessários para o grupo gerador à biogás.....	58
Tabela 15 – Retorno do investimento do grupo gerador à biogás	59
Tabela 16 – Investimentos necessários para o sistema de captação e tratamento de biogás....	61
Tabela 17 – Retorno do investimento com a venda do biogás	62
Tabela 18 – Dados referentes à disponibilidade de energia	62
Tabela 19 – Retorno do investimento com os cenários 1 e 2	64

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
IPQM	Instituto de Pesquisas da Marinha
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NIOSHI	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
OCRA	<i>Occupational Repetitive Actions</i>
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PSA	Purificação por adsorção com oscilação de pressão (<i>Pressure Swing Adsorption Purification – PSA</i>)
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UPF	Unidade Padrão Fiscal (no RS, valor de 2019: R\$ 19,5356)
UPL	Unidade de Produção de Leitões
VPL	Valor Presente Líquido
WS	Método de purificação por lavagem de água (<i>Water Scrubbing – WS</i>)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. JUSTIFICATIVA.....	13
1.2. OBJETIVOS	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. BIODIGESTORES	17
2.1.1. Classificação quanto ao abastecimento de biomassa	18
2.1.2. Modelos de biodigestores	18
2.1.3. Modelo de biodigestor chinês	18
2.1.4. Modelo de biodigestor indiano	19
2.1.5. Modelo de biodigestor da Marinha do Brasil	20
2.2. BIOMASSA	21
2.3. BIOFERTILIZANTE.....	22
2.4. BIOGÁS.....	23
2.5. FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA	26
2.5.1. Hidrólise.....	26
2.5.2. Acidogênese.....	27
2.5.3. Acetogênese	27
2.5.4. Metanogênese	27
2.6. FATORES DE INTERFERÊNCIA NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA.....	28
2.6.1. Sistemas de aquecimento	28
2.6.2. Sistemas de agitação	30
2.7. PROCESSOS DE PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS.....	31
2.7.1. Purificação por membrana	32
2.7.2. Purificação por lavagem de água (<i>Water Scrubbing – WS</i>).....	33
2.7.3. Purificação por adsorção com oscilação de pressão (<i>Pressure Swing Adsorption Purification - PSA</i>)	34
2.8. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	36
2.8.1. Fluxo de caixa	36
2.8.2. Valor presente líquido (VPL).....	37
2.8.3. Taxa interna de retorno (TIR).....	37
2.8.4. Período de <i>Payback time</i>	38
2.9. CONSIDERAÇÕES DO REFERENCIAL TEÓRICO	38

3. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1. ABATE E PROCESSAMENTO DE SUÍNOS.....	39
3.2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS NA UNIDADE	41
3.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA.....	46
3.4. ANÁLISE DO BIOGÁS PRODUZIDO	47
3.5. GERAÇÃO DE VAPOR NA UNIDADE.....	48
3.6. UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO NA UNIDADE.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO NA UNIDADE.....	52
4.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE USO DO BIOGÁS	54
4.3. IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMBUSTÃO DE BIOGÁS PARA SUBSTITUIÇÃO DE LENHA EM CALDEIRA FLAMOTUBULAR	54
4.3.1. Análise dos investimentos necessários	55
4.3.2. Análise e retorno do investimento (<i>payback</i> descontado)	56
4.4. UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	57
4.4.1. Análise dos investimentos necessários	58
4.4.2. Análise e retorno do investimento (<i>payback</i> descontado)	59
4.5. VENDA DO BIOGÁS PRODUZIDO PARA UMA EMPRESA EXTERNA	60
4.5.1. Análise dos investimentos necessários	60
4.5.2. Análise e retorno do investimento (<i>payback</i> descontado)	61
4.6. DISPONIBILIDADE DE ENERGIA	62
5. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO	72
ANEXO A – PROJETO SISTEMA DE COMBUSTÃO DE BIOGÁS 290 M³/H.....	73
ANEXO B – SISTEMA DE COMBUSTÃO DE BIOGÁS 290 M³/H.....	74
ANEXO C – PROPOSTA GRUPO GERADOR À BIOGÁS CHP400W	81

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia a partir de fontes renováveis vem crescendo nos últimos anos, em função de pesquisas em desenvolvimento tecnológico, seja de fontes como solar, eólica, ou de biomassa, dentre outras. Em se tratando de biomassa, é possível converter esse passivo ambiental em uma boa opção para a geração de energia elétrica, térmica ou veicular, a partir do biogás, tendo, ainda, o biofertilizante, como resíduo do processo de tratamento da biomassa. A expectativa é que essas energias possam contribuir para que a produção agrícola impacte menos no meio ambiente, e que sejam fontes de energia alternativas ao petróleo. O uso de fontes renováveis de energia contribui para a redução das emissões de poluentes atmosféricos, e de gases de efeito estufa pela queima de combustíveis fósseis, além de outros impactos ambientais. Desta forma, o uso de fontes renováveis de energia em atividades agrícolas vem ao encontro das metas de redução de emissões de poluentes, e traz, ainda, benefícios ambientais, sociais e econômicos para a comunidade, e também, para as instalações industriais, através da geração de sua própria energia, à partir da matéria-prima disponível na propriedade rural.

1.1. JUSTIFICATIVA

Atualmente, a maioria dos frigoríficos utiliza lenha como combustível e, eventualmente, gás natural ou óleo diesel, para a geração de energia térmica em caldeiras. A implementação de sistemas de cogeração de energia em frigoríficos e/ou a substituição dos combustíveis tradicionalmente utilizados podem contribuir para a preservação do meio ambiente, redução da poluição e redução de custos de produção e de energia. As tecnologias mais recentes de cogeração de energia têm privilegiado a utilização de gás natural como combustível, não somente devido ao aumento de sua disponibilidade, como também aos seus reduzidos impactos ambientais.

A produção de biogás é um processo sustentável, o qual permite a geração simultânea de energia renovável e tratamento de resíduos orgânicos. O crescente interesse em utilizar o biogás como substituto do gás natural, ou sua utilização como combustível para transporte, abriu novas perspectivas no desenvolvimento de técnicas de melhoramento de biogás (ANGELIDAKI et al., 2018).

No Brasil, pode-se citar o exemplo do aproveitamento de resíduos da cana de açúcar e de resíduos rurais, havendo a possibilidade de geração de energia para o sistema elétrico e, principalmente, para o consumo local. Os resíduos rurais incluem todos os tipos gerados pelas

atividades produtivas nas zonas rurais, tais como: os resíduos agrícolas, florestais e pecuários. Os resíduos da pecuária são constituídos por dejetos e outros produtos resultantes das atividades biológicas de animais bovinos, suínos, caprinos e outros, cuja relevância local justifica seu aproveitamento energético. Esse tipo de resíduo é importante matéria-prima para a produção de biogás (BLEY JR. et al., 2009).

A geração e o aproveitamento do biogás a partir dos resíduos mencionados se mostra como uma opção interessante, pois permite o aproveitamento do biogás produzido nas propriedades rurais como fonte de energia térmica e elétrica, reduzindo os custos da demanda energética (FRANCISCO; OLIVEIRA; SOUZA, 2017).

O Brasil tem um considerável potencial inexplorado de produção de biogás. Devido ao investimento relativamente baixo, custos operacionais e requisitos técnicos, o biogás pode ser uma alternativa importante para a geração de energia térmica e elétrica, além de ser uma fonte de energia renovável. No entanto, ainda faltam estudos para fornecer informações para o governo, pesquisadores e empresas na tomada de decisões, planejamento e formulação de políticas públicas relativas ao uso do biogás (FLAUZINO et al., 2018).

O aspecto energético é cada vez mais evidenciado pela interferência no custo final de produção, sendo, no caso da suinocultura e da avicultura, o fator que merece ser melhor estudado, uma vez que as oscilações de preço podem reduzir a competitividade do setor. Ressalta-se que o contínuo crescimento do consumo energético mundial, o aquecimento global e a alta dos preços do petróleo, têm determinado uma incessante procura por alternativas energéticas, tanto para o meio urbano, quanto para o meio rural (HIGARASHI; OLIVEIRA, 2006).

No que diz respeito à suinocultura brasileira, nos últimos anos esta atividade passou por mudanças organizacionais que permitiram alterações tecnológicas, relacionadas principalmente ao aumento de produtividade e redução dos custos de produção. Além disso, a suinocultura é uma das atividades mais importantes para a economia brasileira, devido à geração de emprego e renda. Juntamente com o aumento da produção suína, veio o incremento de dejetos, ganhando cada vez mais importância no contexto ambiental, uma vez que a poluição provocada pelo manejo inadequado pode acarretar graves problemas ao meio ambiente. Este fato necessita de estudos que ofereçam soluções para a redução dos impactos ambientais causados pelos dejetos, quer seja por meio de uma maior consciência ambiental dos produtores, quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral, quer seja, ainda, pelo avanço tecnológico (CARDOSO et al., 2015).

O Brasil aumentou sua participação no mercado global de produção de suínos, destacando-se como o quarto maior produtor e exportador mundial de suínos. Geralmente, essas unidades produtoras de suínos concentram um grande número de animais e geram efluentes que devem ser corretamente manejados para evitar impactos ambientais, sendo que a digestão anaeróbia é uma alternativa interessante para o tratamento desses efluentes (AMARAL et al., 2016).

A geração e o aproveitamento do biogás ajudam a reduzir os impactos ambientais causados pelos dejetos de animais, visto que a poluição causada por este tipo de dejetos pode acarretar contaminação em fontes de água, odores e proliferação de insetos. Dentro deste contexto, o sistema de produção de biogás desempenha um papel importante na redução dos problemas ambientais relacionados às atividades de suinocultura (CHAICHANA; DAMRONGSAK; WONGSAPAI, 2017).

A utilização do biogás, oriundo da biodigestão anaeróbia, tem sido afirmada como uma opção de grande eficiência no tratamento dos dejetos de animais. É importante lembrar que este tipo de resíduo deve receber a devida atenção, pois caso seja mal manejado, pode ser extremamente prejudicial ao meio ambiente, produzindo gás metano, impactando negativamente na qualidade do ar atmosférico, assim como se infiltrar no solo, causando sérios problemas ao alcançar ao lençol freático (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

O biogás é um composto gasoso, constituído em média por 59% de gás metano (CH_4), 40% de gás carbônico (CO_2), e 1% de gases-traço, entre eles o gás sulfídrico (H_2S). O biogás resulta da degradação anaeróbia (ausência de oxigênio) da matéria orgânica, realizada por colônias mistas de microrganismos. Pode também ser produzido, se o processo for realizado com eficiência, em equipamentos de engenharia sanitária, os chamados biodigestores. Esses equipamentos podem ser grandes recipientes, dimensionados especialmente para digerir biomassas de diferentes origens, como efluentes industriais, dejetos de animais e resíduos sólidos orgânicos de diversas origens. Os materiais citados, quando livres na natureza, podem representar sérios impactos ambientais, tanto em relação à poluição hídrica, como atmosférica. É considerado um recurso renovável porque faz parte do ciclo biogeoquímico do carbono (BLEY JR., 2015).

É o alto percentual de CH_4 , que confere ao biogás um elevado poder calorífico, que varia de 20.000 kJ/m^3 a 30.000 kJ/m^3 , dependendo da concentração deste composto químico, em maior ou menor quantidade. O biogás altamente purificado (biometano), pode alcançar até 36.000 kJ/m^3 . A utilização do biogás como combustível contempla várias formas de uso, desde motores a combustão interna, passando por aquecimento de caldeiras e fornos, e ainda, podendo

ser utilizado em turbinas a gás ou em microturbinas. Mas, para que esses usos possam ocorrer, é necessário identificar a vazão, composição química e poder calorífico do biogás produzido. São essas as características do biogás que determinam o seu potencial de geração de energia, tanto na forma de energia térmica como de energia mecânica/elétrica. Esses parâmetros também são fundamentais para o dimensionamento do processo de tratamento do biogás, como a remoção do dióxido de carbono (CO_2), do ácido sulfídrico (H_2S) e umidade (BARRERA, 1993).

Este trabalho propõe uma análise de possíveis cenários para utilização de biogás nas instalações do frigorífico de suínos da Cooperativa Santa Clara, em Carlos Barbosa – RS. Atualmente, a empresa dispõe de um sistema para produção de biogás, que opera com três biodigestores anaeróbios, com potencial de produção de biogás de 259 m^3/h na CNTP. A partir de dados históricos, referentes ao potencial de geração de biogás nas instalações do frigorífico analisado, foi realizada a validação dos resultados, com relação à viabilidade técnica e econômica da implementação dos possíveis cenários para utilização do biogás.

Dentro deste contexto, a implementação de um sistema de combustão de biogás para substituição de lenha na caldeira, pode eliminar os custos com a aquisição deste insumo, proporcionando uma operação mais eficiente e econômica. Também, a utilização do biogás em um projeto piloto de geração de energia elétrica, para uso interno nas instalações da estação de tratamento de efluentes – ETE, pode proporcionar uma economia na conta de energia elétrica da instalação. Ainda, existe a possibilidade da venda do biogás para empresas consumidoras do mercado, para ser utilizado como combustível, ou para sua conversão em biometano.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral a análise de possíveis cenários para utilização de biogás em uma planta frigorífica, centrada em três possibilidades: na geração de vapor, na geração de energia elétrica, ou na venda para empresas consumidoras do mercado.

Para atender ao objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) identificar os parâmetros que influenciam a produção do biogás da unidade em estudo;
- b) caracterizar o biogás produzido da unidade estudada;
- c) dimensionar e especificar os equipamentos necessários para a planta de geração e distribuição de biogás, e sua conversão em energia térmica e elétrica;
- d) analisar a viabilidade econômica da implementação dos possíveis cenários, levando em conta os investimentos necessários, e seu retorno financeiro (*payback*).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

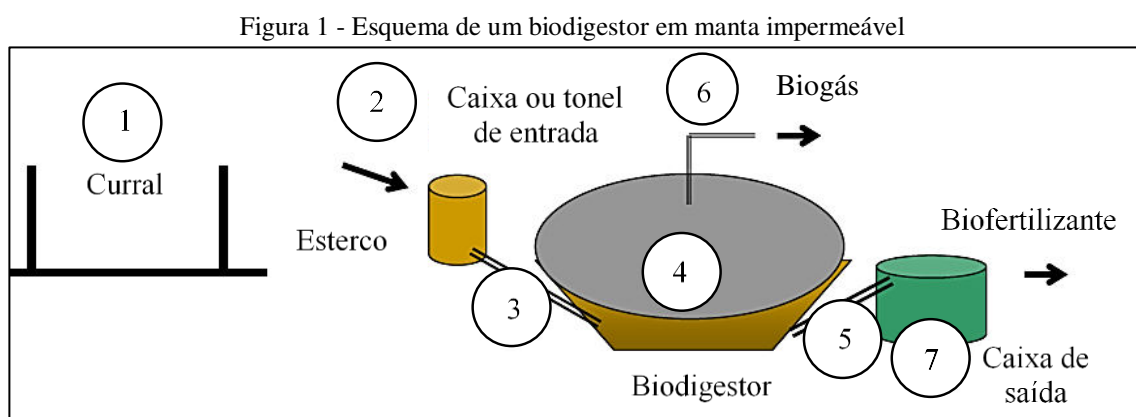
Neste capítulo é feita uma revisão do estado da arte na geração de biogás, envolvendo os diferentes tipos de biodigestores, as biomassas aplicadas no processo de biodigestão, as características do biogás gerado e os processos de depuração do biogás, para produzir o biometano.

2.1. BIODIGESTORES

Um biodigestor consiste, basicamente, de uma câmara fechada, na qual uma biomassa (em geral dejetos de animais), é fermentada anaerobiamente, isto é, sem a presença de oxigênio. Como resultado desta fermentação, ocorre a liberação de biogás e a produção de biofertilizante (GASPAR, 2003).

A biodigestão anaeróbia é um processo utilizado como forma de tratar resíduos e efluentes orgânicos, e de produzir energia a partir do biogás. Para isso, são utilizados os biodigestores, que são câmaras fechadas onde ocorre o processo de biodigestão anaeróbia. A utilização de biodigestores contribui para a integração das atividades agropecuárias, convertendo os resíduos em dois elementos importantes para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável: energia renovável e biofertilizante (BIASI et al., 2018).

Nos últimos anos, o processo de digestão anaeróbia de resíduos da agricultura e pecuária, indústria, resíduos orgânicos urbanos, lodo de esgoto, dentre outros, tornou-se uma importante opção para a geração de energia renovável. A degradação natural do material orgânico resulta na produção de biogás, através da ação de microrganismos em condições anaeróbias específicas (DALLEMAND et al., 2018). A Figura 1 representa um esquema de instalação de um biodigestor.



Fonte: Adaptado de Oliver et al., 2008.

2.1.1. Classificação quanto ao abastecimento de biomassa

Segundo Oliveira (2009), em relação ao abastecimento de biomassa, o biodigestor pode ser classificado como:

- a) contínuo com abastecimento diário de biomassa, com descarga de biogás e biofertilizante proporcionais à entrada de biomassa;
- b) intermitente quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, aguardando o ciclo completo de biodigestão, sendo retirados os resíduos, e recarregado novamente. O modelo de abastecimento intermitente é mais indicado quando da utilização de materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção, como no caso de palha ou forragem misturada a dejetos de animais.

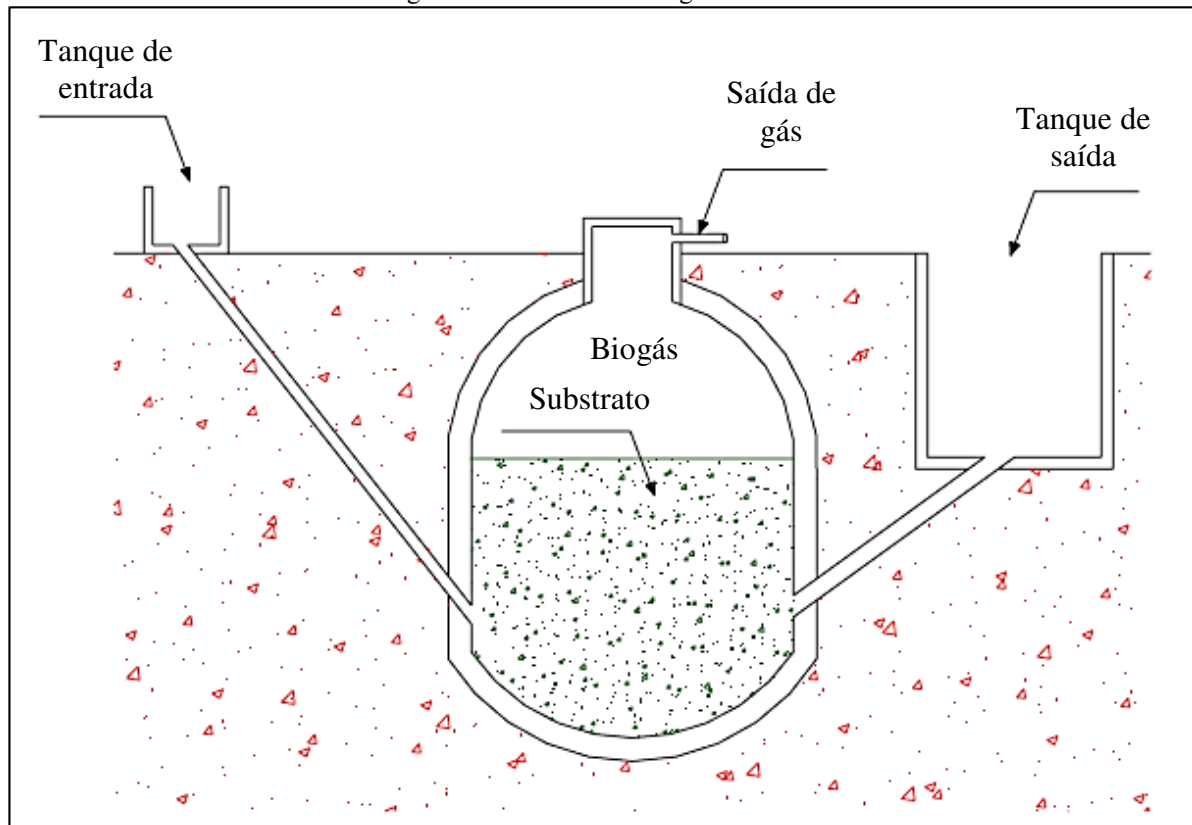
2.1.2. Modelos de biodigestores

Pode-se definir os biodigestores anaeróbios como sendo uma câmara fechada, onde os substratos orgânicos são degradados na ausência de oxigênio, tendo como resultado a formação do biogás e biofertilizante. Os modelos de biodigestores utilizados atualmente, foram desenvolvidos e aperfeiçoados na China e na Índia. As diferenças entre o modelo chinês e o indiano de biodigestores não são expressivas, sendo que o maior diferencial está relacionado com a cúpula. No modelo chinês, a cúpula é fixa, sendo feita de alvenaria, já no modelo indiano, a cúpula é móvel, podendo ser feita de metal, fibra de vidro, plástico resistente à corrosão, ou qualquer outro tipo de material. Ainda, existe o modelo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), na década de 70, conhecido como biodigestor modelo da Marinha do Brasil (FEIDEN et al., 2015).

2.1.3. Modelo de biodigestor chinês

Esse modelo caracteriza-se por uma construção subterrânea, com uma única câmara de forma vertical, totalmente em alvenaria, como mostra a Figura 2. Sua construção exige cuidados especiais nessa fase, principalmente no que diz respeito à impermeabilização, devido a esse modelo ser suscetível a infiltrações provenientes das chuvas e lençóis freáticos próximos. Esse modelo é mais indicado para pequenos e médios projetos (OLIVEIRA, 2009).

Figura 2 - Modelo de biodigestor chinês



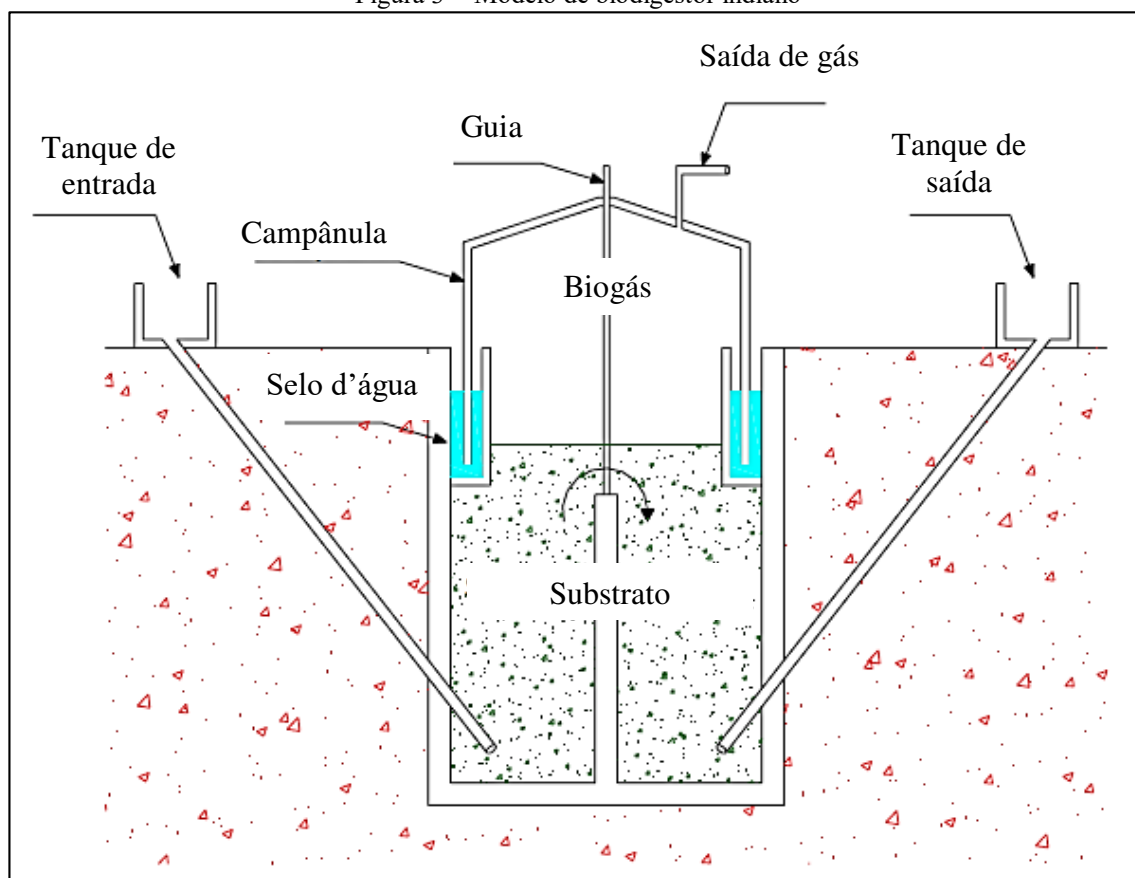
Fonte: Nishimura, 2009.

Este tipo de biodigestor funciona com base no princípio da prensa hidráulica. Com o aumento da produção de biogás, há o aumento da pressão interna da câmara, que força o deslocamento do resíduo interno da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário, quando ocorre uma redução da pressão interna da câmara. A utilização do modelo de biodigestor chinês é recomendada para instalações de pequeno e médio porte, onde a produção de biogás é alta, pois o mesmo necessita de fornecimento diário de substrato, com concentração máxima de 8% em volume de sólidos totais, de forma a evitar o entupimento dos dutos de abastecimento e desabastecimento, bem como facilitar a circulação dos resíduos no interior da câmara de fermentação (DEGANUTTI et al., 2002).

2.1.4. Modelo de biodigestor indiano

O modelo de biodigestor indiano, como mostra a Figura 3, consiste de uma câmara de digestão, construída em geral abaixo do nível do solo, tendo em sua parte superior o acoplamento de uma campânula móvel, de material impermeável e rígido, normalmente de metal ou fibra de vidro, e que serve como reservatório de biogás (DEGANUTTI et al., 2002).

Figura 3 - Modelo de biodigestor indiano



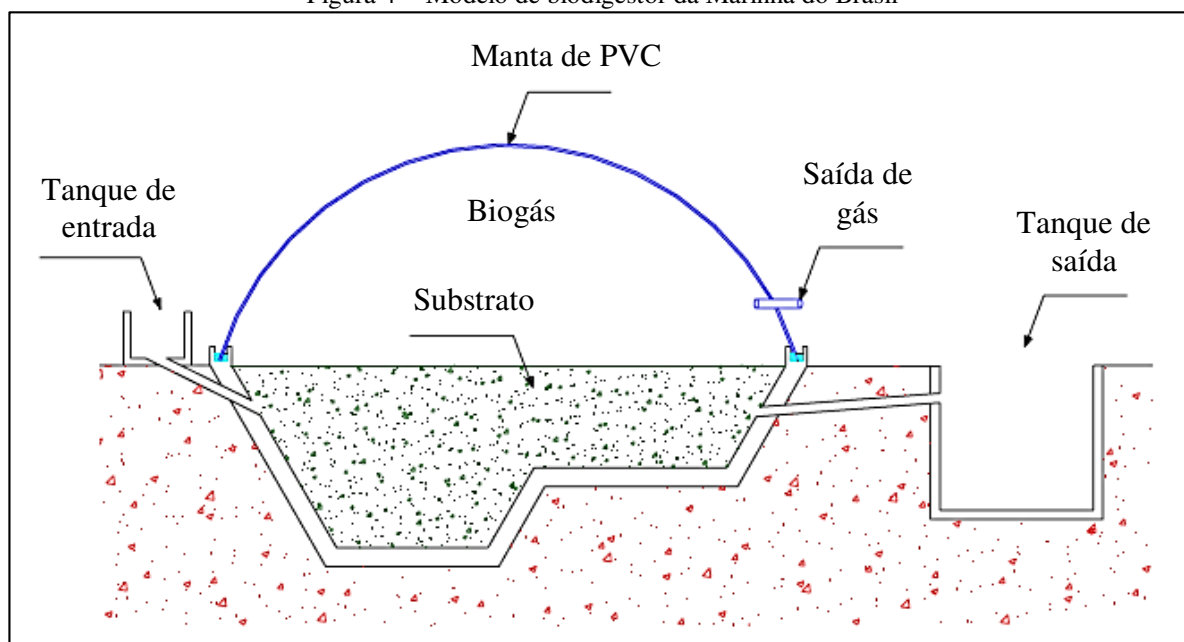
Fonte: Nishimura, 2009.

A pressão de operação do modelo indiano é constante, pois à medida que o volume de biogás produzido não é consumido, a campânula de cobertura se desloca verticalmente para cima, aumentando, assim, o volume da câmara de armazenamento de biogás, mantendo, desta forma, a pressão constante no interior da câmara (BARRERA, 1993). No modelo de biodigestor indiano, a alimentação de substrato deve ser diária, devendo apresentar uma concentração máxima de 8% em volume de sólidos totais, de forma a facilitar a circulação dos resíduos no interior da câmara de fermentação, e evitar o entupimento dos dutos de abastecimento e desabastecimento (DEGANUTTI et al., 2002).

2.1.5. Modelo de biodigestor da Marinha do Brasil

O modelo de biodigestor desenvolvido pela Marinha do Brasil, como mostra a Figura 4, apresenta uma base quadrangular, com paredes de alvenaria, revestidas com lona impermeável. Sua cúpula utiliza o mesmo material que reveste as paredes internas, e conforme o volume de gás aumenta em seu interior, a mesma infla, atuando como um balão (OLIVEIRA, 2009).

Figura 4 - Modelo de biodigestor da Marinha do Brasil



Fonte: Nishimura, 2009.

A escolha desse modelo de biodigestor deve-se às condições favoráveis do clima brasileiro, e à facilidade na obtenção e instalação do mesmo, podendo ser montado pelo próprio usuário, que deve adquirir a câmara de gás em empresa especializada. O biodigestor desenvolvido pela Marinha do Brasil é aconselhável também por ser um modelo de fluxo contínuo, o que permite a introdução constante de dejetos, sem alterar o tempo de retirada do fertilizante e a produção de biogás (BARRERA, 1993).

2.2. BIOMASSA

Para Seixas et al. (1980), após a escolha do modelo de biodigestor, deve-se analisar o tipo e a quantidade de biomassa disponível para utilização. Só assim será possível calcular a capacidade real de produção de biogás após ser instalado o biodigestor.

Segundo Araújo (2017), biomassa é qualquer material orgânico, passível de decomposição pela ação de diferentes tipos de microrganismos. A biomassa decomposta sob a ação de microrganismos anaeróbios produz biogás sob condições específicas, que incluem: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), relação carbono/nitrogênio (C/N), presença ou não de oxigênio, nível de umidade e quantidade de bactérias por volume de biomassa.

A biomassa pode ser obtida de vegetais não-lenhosos, de vegetais lenhosos, como é o caso da madeira e seus resíduos, e também de resíduos orgânicos, nos quais encontram-se os resíduos urbanos, agrícolas e industriais. Assim como também pode-se obter biomassa dos

biofluidos, como os óleos vegetais, por exemplo, mamona e soja. A utilização da biomassa, como fonte de matriz energética, por países que aderiram a tal tecnologia, tem sido reconhecida como precursora de um ato estratégico para o futuro, pois trata-se de uma fonte renovável com baixo custo, com aproveitamentos dos resíduos que ainda podem ser utilizados como biofertilizantes, sem contar seu potencial menos poluente em relação às fontes convencionais (CORTEZ et al., 2008).

A biomassa residual, caracteriza-se como subprodutos das transformações naturais ou industriais, como resíduos de poda e de cultivos agrícolas, lodos de estação de tratamento de efluentes, resíduos orgânicos e dejetos de animais. Atualmente, existem várias opções tecnológicas para converter a energia da biomassa, sob a forma de calor ou eletricidade, ou convertê-la em outra forma, como o biocombustível líquido ou biogás (ATLAS DAS BIOMASSAS DO RIO GRANDE DO SUL, 2016).

De acordo com a Aneel (2005), a biomassa, vista como uma fonte de energia, “é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal), que pode ser utilizado na produção de energia”. Dentro deste contexto, os resíduos oriundos das atividades biológicas dos suínos são uma importante matéria-prima para geração de biogás (GASPAR, 2003). A Tabela 1 mostra exemplos de dejetos de animais e sua capacidade de produzir biogás.

Tabela 1 - Exemplos de dejetos de animais e sua capacidade de produzir biogás

Dejetos	Produção diária	Produção de biogás
Bovinos	15 kg/animal	270 m ³ por tonelada
Suínos	2,25 kg/animal	560 m ³ por tonelada
Equinos	10 kg/animal	260 m ³ por tonelada
Ovinos	2,8 kg/animal	250 m ³ por tonelada
Aves	0,18 kg/animal (frango)	285 m ³ por tonelada

Fonte: Adaptado de Barrera, 1993.

2.3. BIOFERTILIZANTE

Para Oliver et al. (2008), o biofertilizante é resultado da decomposição anaeróbia da biomassa nos biodigestores. Por ser rico em nutrientes para o solo, o biofertilizante é utilizado na adubação dos cultivos agrícolas nas propriedades onde é gerado, representando economia e diminuindo o uso de adubos químicos. O biofertilizante é composto, basicamente, de três elementos: Nitrogênio (N₂), em concentração que varia de 1,5% a 2,0 % em relação à massa; Fósforo (P), em concentração de 1,0 % a 1,5 % em relação à massa, e de 0,5% a 1% de Potássio (K), em relação à massa. Por se tratar de um fertilizante orgânico, não possui agentes causadores

de danos e doenças às culturas das plantações. O biofertilizante possui algumas características próprias que estimulam seu uso na agricultura, sendo que, dentre outras, é possível citar:

- a) possui potencial hidrogeniônico (pH) de 7,5, contribuindo para correção da acidez do solo, além de que o aumento do potencial hidrogeniônico (pH), dificulta a proliferação de fungos patogênicos à cultura;
- b) reconstitui solos degradados, pois favorece a proliferação de bactérias no solo;
- c) gera aumento da produtividade, com baixo custo;
- d) com o manuseio correto do biodigestor, o biofertilizante está completamente estabilizado na caixa de saída, e não irá fermentar. Desta forma, não é poluente, não possui odor e evita proliferação de moscas e outros insetos.

O biofertilizante tem uma importante contribuição para a viabilidade de implementação dos biodigestores, tornando-se mais uma fonte de energia para a propriedade. Além da energia do biogás, a biodigestão contribui, também, para recuperação do solo e diminuindo os danos ambientais ocasionados por dejetos de origem animal despejados na natureza, sem passarem por um processo de fermentação (OLIVER et al., 2008).

2.4. BIOGÁS

Biogás é o nome dado para o gás resultante da fermentação biológica anaeróbia de matérias orgânicas, no interior dos biodigestores. Esse gás é principalmente composto por metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), gás sulfídrico (H_2S) e umidade, onde o metano representa de 50% a 75% do volume total. Naturalmente, a composição do biogás varia de acordo com o tipo e a quantidade de biomassa empregada, os fatores climáticos e as dimensões do biodigestor, entre outros, mas a composição básica não deve variar significativamente (GASPAR, 2003).

Segundo Deublein e Steinhauser (2008), através da conversão de biomassa em energéticos, pode-se obter o biogás, que é uma mistura gasosa produzida a partir da decomposição anaeróbia de materiais orgânicos. O percentual em volume do biogás fica na faixa de 55% a 70% de metano, e de 30% a 45% de dióxido de carbono, com pequenas quantidades de gás sulfídrico e amônia (NH_3), traços de hidrogênio (H), nitrogênio (N), monóxido de carbono (CO), carboidratos e oxigênio (O_2). A Tabela 2 mostra a composição básica do biogás.

Tabela 2 – Composição básica do biogás

Tipo de gás	Composição do biogás em %
Metano (CH ₄)	55 a 70
Dióxido de carbono (CO ₂)	30 a 45
Gás sulfídrico (H ₂ S)	Traços
Amônia (NH ₃)	Traços
Hidrogênio (H ₂)	Traços
Nitrogênio (N ₂)	Traços
Monóxido de carbono (CO)	Traços
Oxigênio (O ₂)	Traços

Fonte: Adaptado de Deublein; Steinhauser; 2008.

O biogás, por ser composto em sua maior parte de metano (CH₄), possui um alto poder calorífico, característica físico-química de maior relevância em um combustível, pois representa a quantidade de energia liberada durante sua combustão. Segundo Barrera (1993), o biogás possui alto poder calorífico, devido à grande quantidade de metano em sua composição, podendo variar de 21.000 kJ/m³ a 29.000 kJ/m³, e que, submetido a um alto índice de purificação, pode gerar um poder calorífico de até 50.000 kJ/m³. A Tabela 3 traz o exemplo de alguns combustíveis, e seu poder calorífico inferior (PCI).

Tabela 3 – Poder calorífico inferior (PCI) de alguns combustíveis

Combustível	PCI
Bagaço de cana (50 % de umidade)	7.542 kJ/kg
Carvão mineral – Charqueadas/RS	12.989 kJ/kg
Carvão vegetal	31.425 kJ/kg
Cavaco de eucalipto	18.017 kJ/kg
Gás de biodigestor (biogás)	19.697 kJ/kg
Gás GLP	45.252 kJ/kg
Gás natural	47.225 kJ/kg
Lenha (40 % de umidade)	8.860 kJ/kg
Óleo diesel	36.117 kJ/L

Fonte: Adaptado de TEC Tecnologia em calor Ltda., 2018.

O biogás pode ter seu poder calorífico comparado ao poder calorífico de outros tipos de combustíveis. Conforme reportado na Tabela 4, compara-se o poder calorífico de 1 m³ de biogás, com o de outros combustíveis, em termos de equivalência.

Tabela 4 – Comparativo entre o biogás e outros combustíveis

Combustível	Equivalente a 1 m³ de Biogás
Gasolina	0,613 L
Querosene	0,579 L
Óleo diesel	0,553 L
Gás de cozinha	0,464 L
Lenha	1,536 kg
Álcool hidratado	0,790 L
Eletricidade	1,428 kW

Fonte: Adaptado de Barrera, 1993.

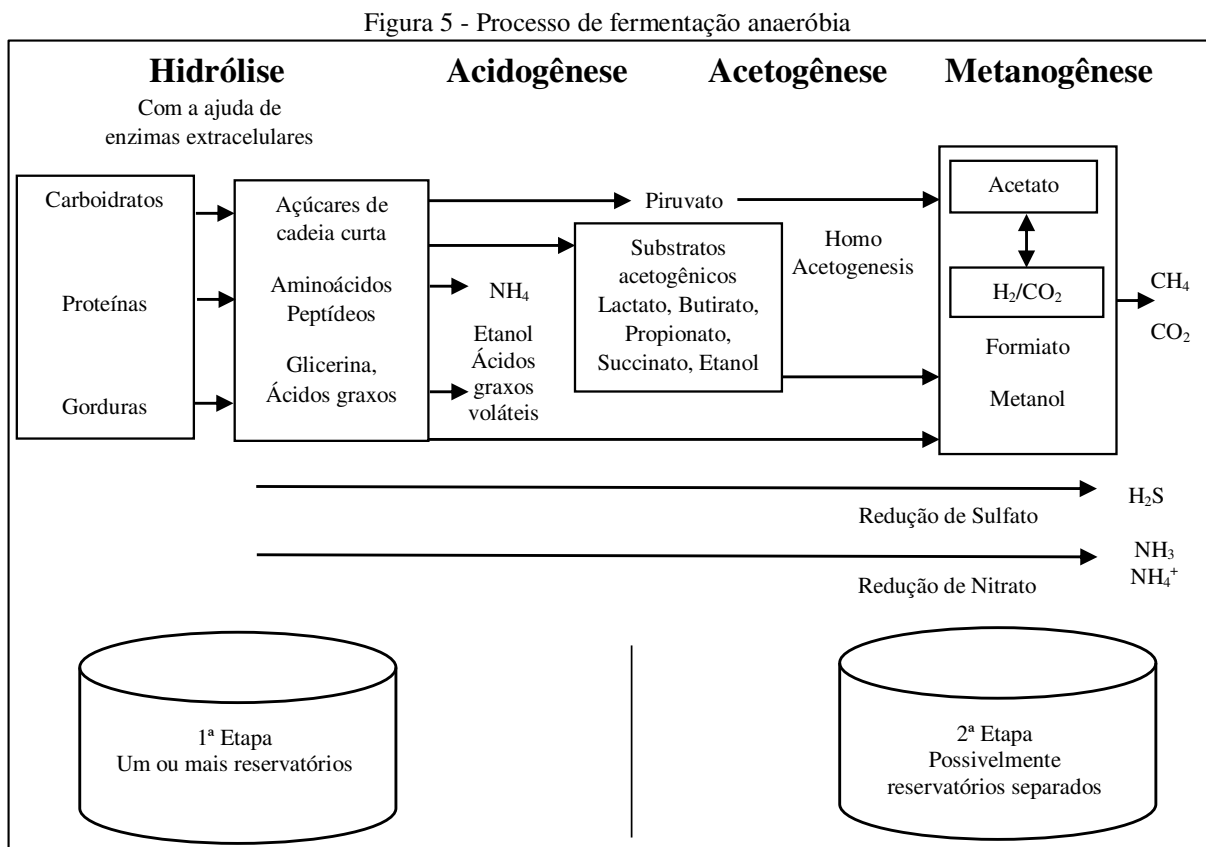
O metano (CH₄), principal componente do biogás, por ser altamente inflamável, incolor e inodoro, pode ser aproveitado em inúmeras aplicações. “O uso do biogás pode ser das mais diferentes formas possíveis: motores, geradores, moto picadeiras, resfriadores de leite, aquecedor de água, geladeira, fogão, lampião, lança chamas, aquecedores para pintos e leitões, entre outros” (BARRERA, 1993).

A atualização para biometano permite estender as aplicações do biogás aos setores de transporte, contribuindo com as metas para a neutralidade do carbono. O biometano produzido a partir da modernização do biogás conta atualmente com um grande número de usinas, estimado pela Associação Europeia de Biogás em mais de 17.000 unidades no ano de 2016, com uma capacidade total instalada de geração de energia de 9.985 GW. Após 2020, o biogás e o biometano contarão para a meta de 32% de participação de energia renovável do consumo de energia da União Europeia, e para uma meta mínima de 14% da energia consumida no setor de transportes até 2030 (CONTON et al., 2019).

O biogás é uma energia alternativa e limpa, que pode ser usada para substituir os combustíveis fósseis e aumentar a segurança energética em todo o mundo. O biogás é comparável ao gás natural, sendo uma fonte de energia potencialmente importante para a produção de calor, eletricidade e combustível, sendo um dos recursos mais promissores e abundantes atualmente, e que pode facilmente ser produzido em dispositivos de engenharia sanitária, os chamados biodigestores (INDRAWAN et al., 2018). Conforme Oliveira (2005), para aumentar o poder calorífico, rendimento térmico e eliminar a característica corrosiva devido à presença de H₂S, e água, é preciso tratar e purificar o biogás produzido.

2.5. FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é um processo de fermentação complexo, que requer condições anaeróbias, e depende da atividade conjunta de uma associação de microrganismos para transformar material orgânico em metano e dióxido de carbono. O processo pode ser dividido em quatro fases, sendo, hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, conforme representado na Figura 5. Cada etapa é realizada por diferentes grupos de microrganismos, de forma simbiótica, e podem requerer diferentes condições ambientais (KUNZ et al., 2016).



Fonte: Adaptado de Deublein; Steinhauser; 2008.

2.5.1. Hidrólise

Na fase de hidrólise, as ligações moleculares complexas, como carboidratos, proteínas e gorduras, são quebradas por enzimas em um processo bioquímico, sendo liberadas por um grupo específico de bactérias e dão origem à compostos orgânicos simples (monômeros), como aminoácidos, ácidos graxos e açúcares.

Existem diversos tipos de hidrólise, que podem variar em função da matéria orgânica utilizada, como por exemplo, a hidrólise de glicosídeos para a formação de açúcares, e de proteínas para aminoácidos. Esse processo é de fundamental importância para a produção de biogás, pois uma vez realizada a quebra dos polímeros maiores, tem início o processo de biodigestão anaeróbia (ARAÚJO, 2017).

2.5.2. Acidogênese

Na fase de acidogênese, as substâncias resultantes da hidrólise são transformadas por bactérias acidogênicas em ácido propanóico, ácido butanóico, ácido láctico e álcoois, assim como hidrogênio e gás carbônico. A formação de produtos nesta fase também depende da quantidade de hidrogênio dissolvido na mistura. Quando a concentração de hidrogênio é muito alta, esta interfere negativamente na eficiência da acidogênese, o que causa o acúmulo de ácidos orgânicos. Com isso, o pH da mistura é reduzido, e o processo é afetado (KUNZ et al., 2016).

2.5.3. Acetogênese

A acetogênese é a fase na qual os materiais resultantes da acidogênese são transformados em ácido etanóico, hidrogênio e gás carbônico por bactérias acetogênicas. Essa é uma das fases mais críticas do processo, considerando que é necessário manter o equilíbrio, para que a quantidade de hidrogênio gerado seja consumida pelas bactérias responsáveis pela metanogênese (ARAÚJO, 2017).

2.5.4. Metanogênese

Durante a metanogênese na biodigestão anaeróbia, o ácido acético, o hidrogênio e dióxido de carbono são finalmente convertidos em metano e gás carbônico, através da ação de microrganismos metanogênicos, classificados como um distinto grupo de bactérias, denominadas Arqueas, devido à suas características genéticas. As Arqueas são divididas em dois grupos principais em função de sua fisiologia. Enquanto os microrganismos metanogênicos hidrogenotróficos utilizam o hidrogênio e dióxido de carbono, os metanogênicos acetoclásticos utilizam basicamente o ácido acético e metanol, para a geração de metano e gás carbônico (KUNZ et al., 2016).

2.6. FATORES DE INTERFERÊNCIA NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA

O processo de decomposição anaeróbia dos compostos orgânicos pode sofrer alterações, que estão relacionadas com as condições de operação do sistema de tratamento, e com mudanças ambientais. Mudanças estas que variam conforme a temperatura, pH, concentração de nutrientes e elementos potencialmente tóxicos presentes no substrato. A temperatura é o fator físico mais importante no processo de biodigestão, pois está diretamente ligada ao crescimento dos microrganismos biológicos, pois estes não possuem mecanismos de controle de temperatura interna, ficando assim sobre influência de controles externos (PELLIZZER, 2017).

O processo de biodigestão anaeróbia pode ocorrer em uma faixa de temperatura que varia de 10 °C a 60 °C, dependendo dos microrganismos que estarão atuando. As bactérias criofílicas agem na faixa inferior a 20 °C, as mesofílicas agem na faixa de 20 °C a 45 °C, e as termofílicas atuam entre 45 °C e 60 °C (CASTRO; CORTEZ, 1998).

No caso dos biodigestores anaeróbios (como os usados neste trabalho), as bactérias são mesofílicas, e agem na faixa de temperatura de 35 °C.

Um outro fator que também tem interferência no processo de fermentação anaeróbia, é o tempo de retenção hidráulica, que é o tempo em que o material permanece no interior do biodigestor, ou seja, o tempo entre a entrada do efluente e a saída do afluente do biodigestor. De acordo com os diferentes substratos utilizados para a alimentação do biodigestor, e dos demais fatores de interferência, o tempo de retenção varia de 4 a 60 dias (ARAÚJO, 2017).

Para o substrato composto de resíduos de matéria orgânica, o tempo de retenção varia na faixa de 20 a 30 dias, sendo que, com 30 dias, a carga orgânica já sofreu grande redução, e, devido a isso, a produção de biogás já atingiu seu máximo, passando a decair a partir deste período (BEUX, 2005).

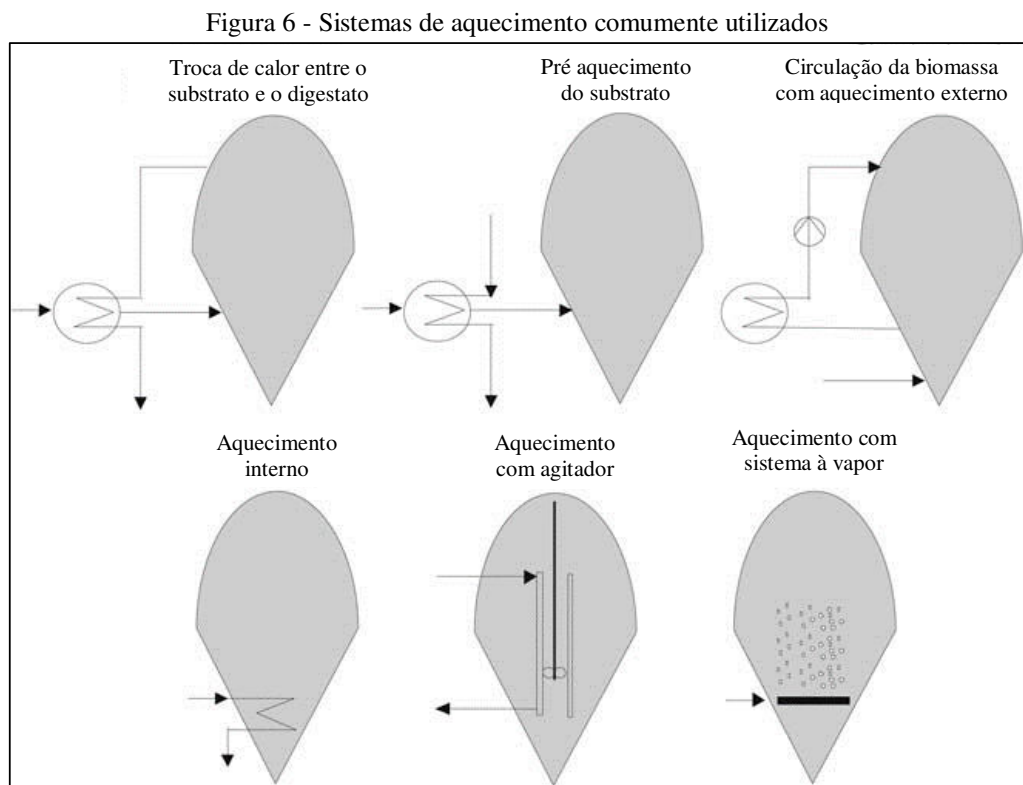
2.6.1. Sistemas de aquecimento

Dentre os diversos fatores que afetam a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia, a temperatura é um dos mais importantes, pois o desenvolvimento dos microrganismos ligados à produção do biogás, se dá em função da temperatura operacional do biodigestor (SANTOS, 2004). O processo de biodigestão anaeróbia decompõe eficientemente resíduos orgânicos para produção de biogás e fertilizantes orgânicos. A temperatura de digestão é um parâmetro tecnológico chave, que influencia o desempenho dos reatores de biogás. Muitos resultados de

estudos mostraram a notável correlação entre as temperaturas e o desempenho de reatores de biogás, com relação à taxa de produção de biogás (CUI et al., 2018).

Em processos de produção de biogás do tipo contínuo, o método de aquecimento é de extrema importância. O requisito de temperatura irá depender do fluxo de volume do substrato, da sua capacidade térmica específica, e da diferença de temperatura entre o substrato e a temperatura de operação do biodigestor. Também, deverá ser considerada a perda de calor na superfície do biodigestor (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Existem várias possibilidades para o aquecimento da biomassa em um biodigestor. Alguns sistemas optam pelo aquecimento do substrato, outros pelo aquecimento direto da biomassa, e outros, ainda, pela circulação de água aquecida através de serpentinas, na parte interna do reator (KUNZ et al., 2016). A Figura 6, representa os sistemas de aquecimento comumente utilizados.



Fonte: Adaptado de Deublein; Steinhauser; 2008.

Para uma maior eficiência energética do processo de fermentação anaeróbia da biomassa, o modo de aquecimento do digestor pode ser feito por fonte de energia externa ao sistema, ou por combustão do biogás produzido no interior do sistema, através de um sistema de aquecimento controlado (BAO et al., 2016). A prática mais adotada é a utilização de serpentinas como trocador de calor, onde circula água aquecida através da biomassa, mantendo

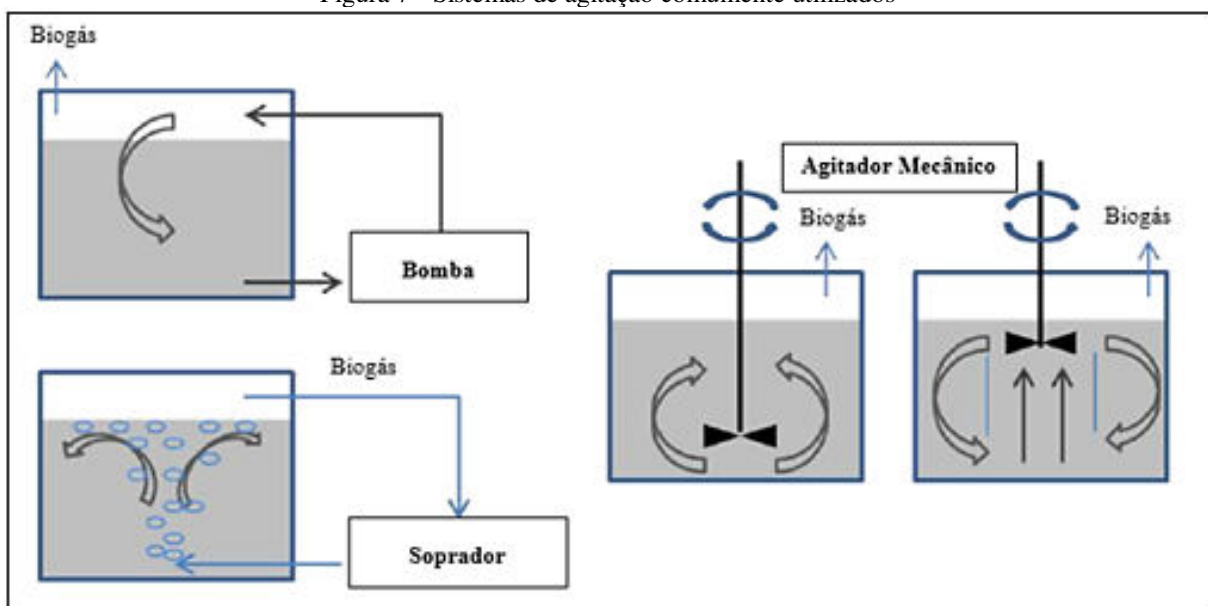
a temperatura desejada. Por meio de processos de transferência de calor, o substrato é aquecido até a temperatura desejada e adequada à produção de biogás (KUNZ et al., 2016).

2.6.2. Sistemas de agitação

A utilização de sistema de agitação implica em um ganho de 15% a 30% na produtividade de biogás, pois a agitação adequada contribui para o aumento na distribuição de substratos, nutrientes, enzimas e microrganismos no biodigestor. A agitação também colabora para eliminação/diminuição de crostas nas superfícies internas no biodigestor, melhorando a liberação do biogás presente no lodo (KARIM et al., 2003).

O processo de agitação tem como finalidade manter a temperatura uniforme no substrato e evitar a formação de crostas, podendo ser feito por meio de agitadores mecânicos, ou por meio da recirculação do efluente, através de sistemas de bombeamento. A utilização de sistemas de agitação da biomassa contribui para o processo de biodigestão anaeróbia e, conseqüentemente, para produção de biogás (SOUZA, 2005). A ausência de agitação forma um sobrenadante de sólidos flutuantes, que dificultam a passagem do biogás. Em biodigestores sem agitadores, se observa uma separação no conteúdo, na qual a maior parte das bactérias encontra-se no fundo, sendo que o substrato em decomposição se acumula na parte superior, tornando menor o espaço para atuação das bactérias (GÜLZOW, 2013). A Figura 7, representa os sistemas de agitação comumente utilizados.

Figura 7 - Sistemas de agitação comumente utilizados



Fonte: Adaptado de KUNZ et al., 2016.

2.7. PROCESSOS DE PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS

O biogás é principalmente utilizado para geração de energia térmica e elétrica. No entanto, muitos países já possuem esta tecnologia difundida, utilizando o biogás como combustível veicular, injetando o mesmo no sistema de gás natural. Para permitir a injeção de biometano à rede de gás natural, ou o uso como combustível para veículos, deve ser removido o CO₂, a fim de que a fração de metano seja superior a 96,5% e atender as normas de qualidade para substituir o gás natural (BLEY JR., 2015).

O biogás, gerado nos biodigestores, contém uma série de impurezas, que são prejudiciais aos equipamentos que irão utilizá-lo. Desta forma, o mesmo deverá passar por um processo de purificação antes de seu uso final, de forma a elevar seu poder calorífico, através da retirada da água e do dióxido de carbono, presentes na mistura. Além destes, podem estar presentes na mistura gasosa o H₂S, que deverá ser removido, uma vez que pode afetar tanto o rendimento, quanto a vida útil do equipamento utilizado, por ser um gás altamente corrosivo (COELHO et al., 2006). Portanto, para maior eficiência e melhor comercialização, é necessário purificar o biogás bruto, de forma a melhorar seu valor energético. Atualmente, existem métodos disponíveis para esta finalidade, aumentando as aplicações comerciais de biogás (GHOSH et al., 2018).

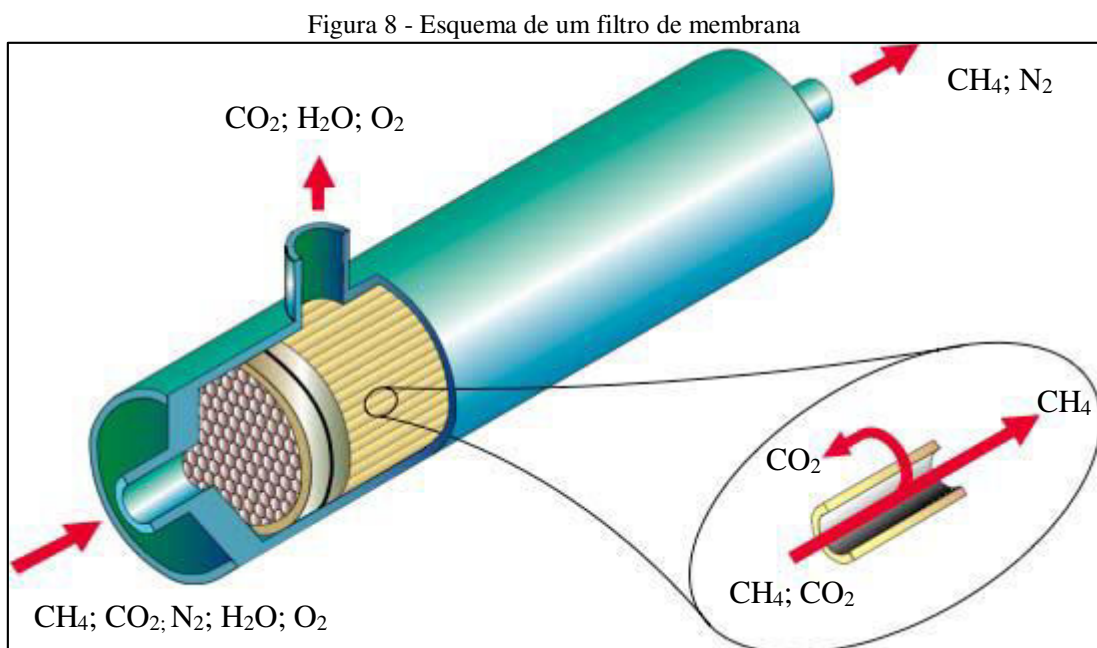
Com uma demanda crescente por biometano, foram desenvolvidas técnicas de separação de contaminantes do biogás, possibilitando uma operação com menor risco de danos aos equipamentos que utilizam este tipo de combustível (BARA et al., 2018). Outra grande vantagem é que, após a purificação, o biometano pode ser armazenado em recipientes pressurizados, melhorando o desempenho e o rendimento do motor, quando utilizado em moto geradores, devido à pressão ser constante e estável (SOUZA et al., 1995).

Desta forma, qualquer processo de purificação e limpeza do biogás, com a finalidade de evitar danos aos equipamentos de queima e aumentar o seu poder calorífico, consiste essencialmente em isolar o metano dos demais constituintes do biogás. Assim, é atingida uma redução nas emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, aumentando o seu potencial energético (SILVA, 2009). Assim sendo, para proceder a este tipo de separação, poderão ser utilizados diversos métodos, como os que são apresentados a seguir.

2.7.1. Purificação por membrana

Segundo Silva (2009), para a purificação e enriquecimento do biogás, um dos processos mais recentes consiste na aplicação de membranas. As membranas são estudadas já há algum tempo, porém, somente recentes desenvolvimentos tornaram viável o seu uso, sob o ponto de vista técnico e econômico.

O princípio de funcionamento do sistema de purificação por membrana, é que alguns componentes do biogás podem ser transportados através de uma membrana fina (< 1 mm), enquanto outros ficam retidos. O transporte de cada componente acontece por diferença de pressão parcial e pela dependência do componente à permeabilidade do material da membrana. Para o caso do CH_4 com alta pureza, a permeabilidade deve ser elevada. Uma membrana sólida, construída de polímeros de acetato de celulose, é de 20 a 60 vezes mais permeável para o CO_2 , e para o H_2S , respectivamente, do que para o metano. A pressão requerida pelo processo encontra-se entre os 25 bar e 40 bar (SILVA, 2009). A Figura 8, representa o esquema de um filtro de membrana.



Fonte: Air Liquide, 2011.

Conforme Air Liquide (2011), após a geração e coleta, o biogás deve ser purificado em uma unidade de pré tratamento, através de compressão, antes de ser enviado para a(s) unidade(s) consumidora(s), de forma a reduzir o teor de dióxido de carbono, para menos de 2% do volume total. Os sistemas de purificação por membrana irão separar seletivamente o CH_4 , e o CO_2 ,

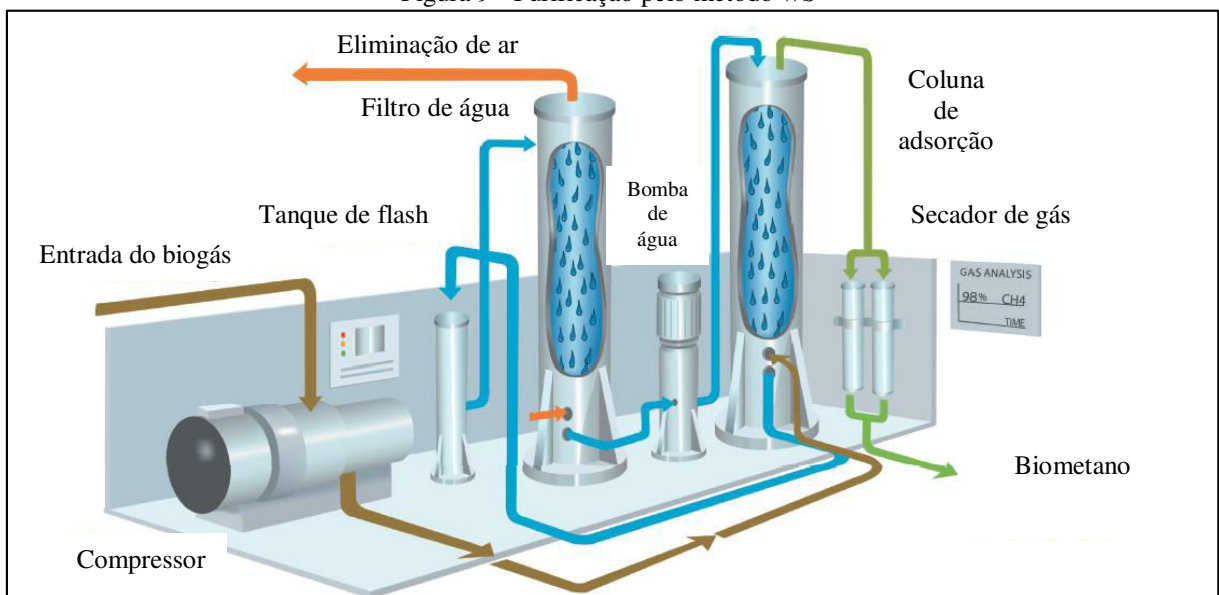
fazendo com que seja possível um percentual de recuperação de metano, acima de 90% do volume total. Sistemas de purificação por membrana modular podem ser projetados para pré tratamento de volumes e concentrações específicos para cada local, conforme a necessidade.

2.7.2. Purificação por lavagem de água (*Water Scrubbing – WS*)

Segundo Silva (2009), o método de purificação por lavagem de água (*Water Scrubbing – WS*), utilizado para lavagem do biogás, é geralmente aplicado e bastante eficiente, até mesmo para baixas produções de biogás. A facilidade e o baixo custo deste método envolvem o uso da água pressurizada como absorvente, e pouca infraestrutura. O biogás é comprimido e alimentado no sentido ascendente da base de uma coluna de absorção, e água pressurizada é pulverizada em sentido descendente e contrário ao biogás. O processo de absorção é contracorrente.

Desta forma, o dióxido de carbono, e o gás sulfídrico, são dissolvidos na água, sendo recolhidos no fundo da torre de absorção. A água pode ser reciclada e usada para a primeira lavagem do biogás na torre, sendo este um dos métodos mais simples de lavagem do biogás (SILVA, 2009). A Figura 9, representa o esquema de purificação por lavagem de água (*Water Scrubbing – WS*).

Figura 9 - Purificação pelo método WS



Fonte: Adaptado de Ab; Lammi; 2010.

Quando se opera com elevadas pressões, grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), são absorvidas pela água, o que a torna muito ácida e, conseqüentemente, corrosiva. Isso pode representar um problema no momento do descarte, devendo a mesma ser enviada para uma estação de tratamento de efluentes – ETE, antes do descarte final em algum manancial de água (CRAVEIRO, 1982).

O método de remoção de dióxido de carbono (CO_2), e de gás sulfídrico (H_2S), a partir deste tipo de processo, é bastante conhecido em instalações de produção e purificação de biogás, na Suécia, França e Estados Unidos. Os resultados mostram que de 5% a 10% do volume total de dióxido de carbono, permanece após a lavagem (AB; LAMMI; 2010).

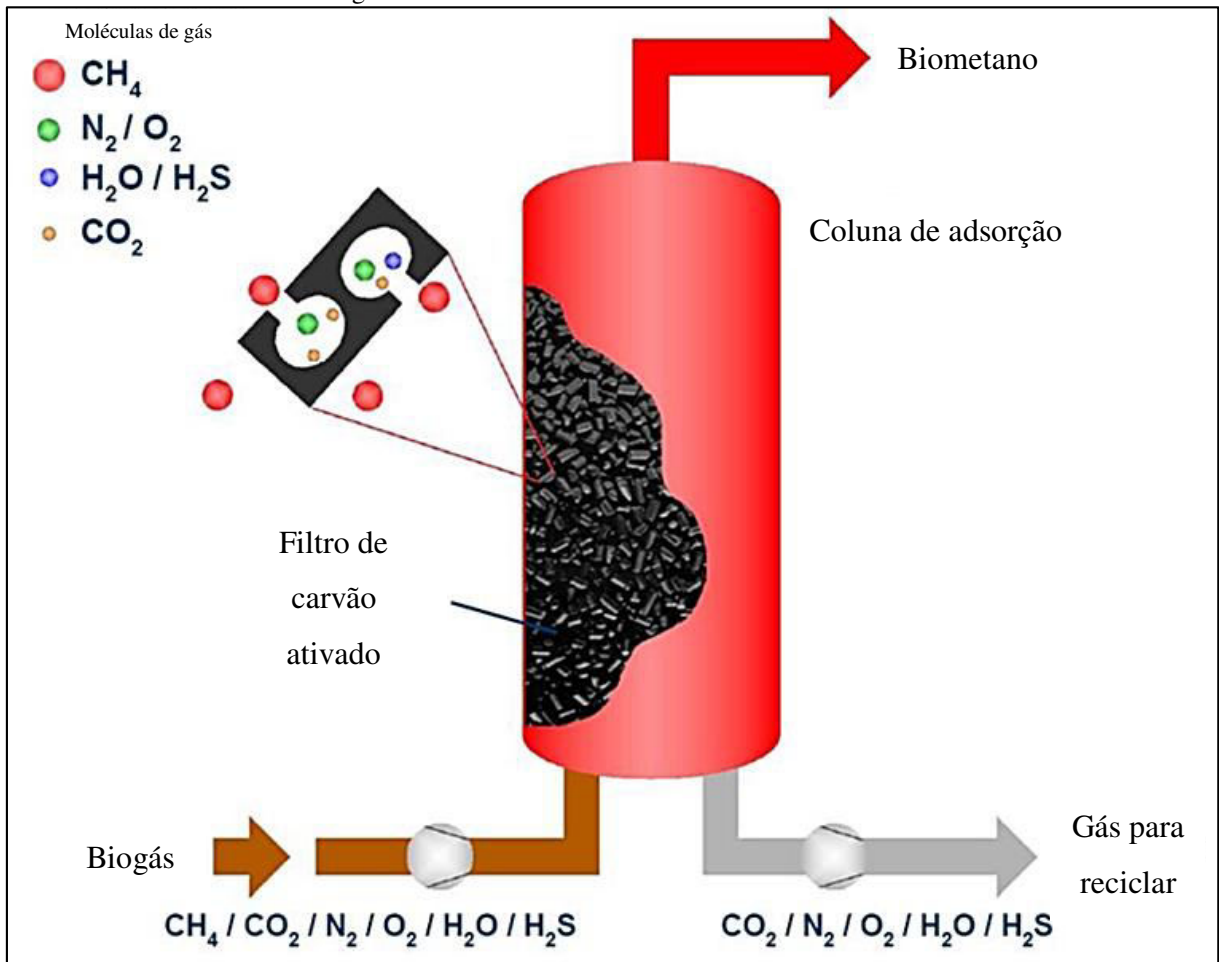
2.7.3. Purificação por adsorção com oscilação de pressão (*Pressure Swing Adsorption - PSA*)

O sistema de purificação *PSA*, constitui outro método de limpeza e purificação do biogás. Este processo é utilizado para a separação de certos componentes de uma mistura de gases sob pressão, considerando as características moleculares e a capacidade de serem captadas pelos materiais de adsorção, que selecionam apenas algumas moléculas do gás. Os materiais de adsorção selecionados para o efeito, poderão ser: carvão ativado, sílica gel, alumina, entre outros. Estes materiais de adsorção, são utilizados como filtro molecular a altas pressões. O sistema de purificação por adsorção com oscilação de pressão (*Pressure Swing Adsorption – PSA*), requer uma pressão entre 1 e 10 bar, sendo mais frequente a pressão de 4 a 7 bar, e uma temperatura de 5 °C a 35 °C (KAFFKA et al., 2014).

A Figura 10, representa o esquema do filtro de carvão ativado, utilizado no sistema de purificação por adsorção com oscilação de pressão (*Pressure Swing Adsorption – PSA*). A utilização do sistema de purificação *PSA* permite a produção de biogás altamente purificado, com concentrações de CH_4 da ordem de 99% do volume (CHU et al., 2018). O sistema consiste de quatro colunas de adsorção. Durante o processo, o biogás é injetado pela base das colunas de adsorção. Nas colunas de adsorção, o dióxido de carbono (CO_2), o oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2), são retidos, fazendo com que na saída das colunas de adsorção, o gás contenha um percentual de CH_4 maior que 97% (KAFFKA et al., 2014).

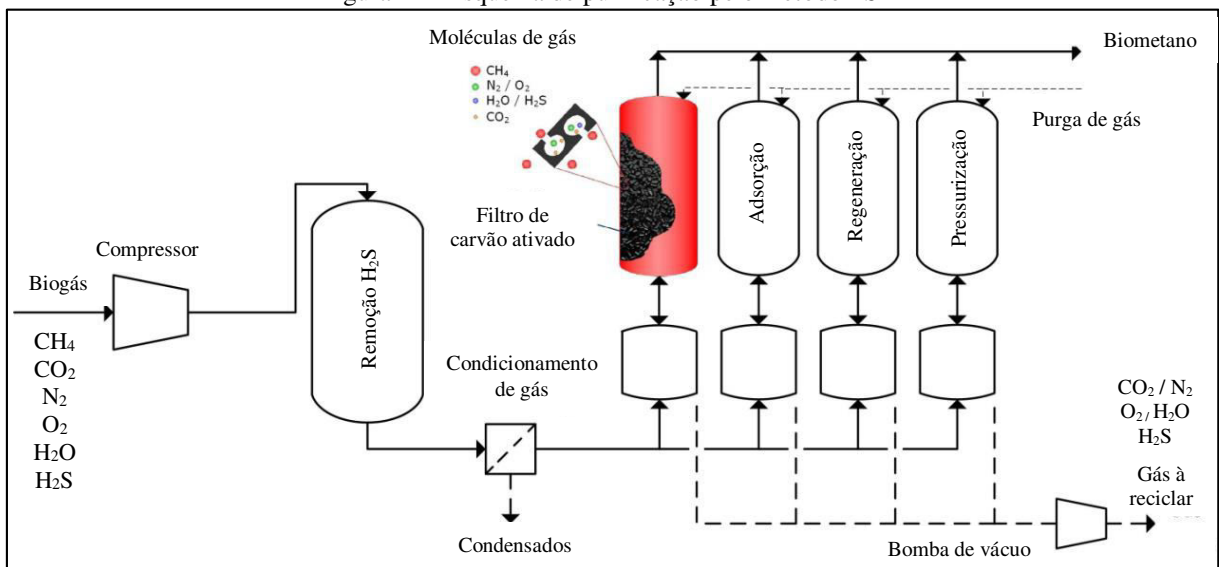
O sistema de purificação por adsorção com oscilação de pressão é a tecnologia mais utilizada para remover compostos voláteis prejudiciais, como siloxanos, que juntamente com o H_2S , são os componentes mais prejudiciais do biogás, na maioria das aplicações (ANIA et al., 2018). A Figura 11, mostra um sistema de adsorção de pressão de quatro vasos, utilizando peneiras moleculares de carbono (carvão ativado).

Figura 10 – Filtro de carvão ativado do método PSA



Fonte: Adaptado de Kaffka et al., 2014.

Figura 11 - Esquema de purificação pelo método PSA



Fonte: Adaptado de Kaffka et al., 2014.

Segundo Silva (2009), o processo de operação é efetuado da seguinte forma: antes da coluna de adsorção estar completamente saturada com impurezas, a fase de adsorção é parada, e o processo é transferido para outra coluna de adsorção que já tenha sido regenerada, de forma a assegurar um funcionamento contínuo. A regeneração das colunas de adsorção é efetuada através da sua despressurização até à pressão atmosférica, e posteriormente, até muito próximo do vácuo. O gás libertado pelas colunas de adsorção nesta fase, contém grandes quantidades de metano, o qual vai ser reciclado, retornando novamente para a linha de biogás a purificar. Antes de se passar novamente à fase de adsorção, cada coluna, é novamente pressurizada até à pressão de adsorção. Os sistemas de *PSA* podem produzir biogás altamente purificado, com concentrações de CH_4 , de 95% a 98%.

2.8. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Segundo Damodaran (2002), os recursos das empresas devem ser distribuídos através de decisões de investimento, que podem ser aquelas que criam receitas e lucros, tal como o lançamento de uma nova linha de produtos. Ou ainda, aquelas que poupam recursos, tal qual a implementação de um sistema de distribuição novo e mais eficiente.

Antes da decisão de investir, uma série de análises financeiras precisam ser feitas, tais como a análise de viabilidade econômica de projetos. Essa análise busca avaliar se os investimentos necessários para a aquisição de uma nova máquina, a substituição de equipamentos, o lançamento de um novo produto, a expansão do mercado, ou a construção de uma nova fábrica, são compatíveis com os retornos desejados, por ocasião dos investimentos (KASSAI et al., 2000).

2.8.1. Fluxo de caixa

Fluxo de caixa é um instrumento de gestão financeira, que projeta para períodos futuros todas as entradas e as saídas de recursos financeiros da empresa, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado. Em finanças, o valor de uma empresa é dado por sua capacidade de gerar fluxo de caixa financeiro (ROSS et al., 2002).

Segundo Gitman (2010), os fluxos de caixa são o foco principal do gestor financeiro, seja na gestão das finanças rotineiras, seja no planejamento e tomada de decisões a respeito da geração de valor ao acionista. Um fator importante, que afeta o fluxo de caixa, é a depreciação, assim como qualquer outra despesa não reembolsável.

Normalmente, a depreciação e a amortização são os maiores itens que não representam caixa. Por essa razão, muitos analistas presumem que o fluxo de caixa é igual ao lucro líquido, mais a depreciação e menos a amortização (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006).

2.8.2. Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL), ou *Net Present Value (NPV)*, é um dos métodos mais utilizados para se avaliar propostas de investimentos de capital. O mesmo reflete os valores monetários do investimento, os quais são medidos pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, a uma determinada taxa de desconto (KASSAI et al., 2000).

O valor presente líquido exige a definição prévia da taxa de desconto à ser utilizada nos vários fluxos de caixa, sendo que, para a aceitação ou rejeição do mesmo, é considerado atraente todo o investimento que apresente um valor presente líquido maior ou igual a zero. Projetos com VPL negativo indicam retorno inferior à taxa mínima requerida para o investimento, sendo, desta forma, economicamente desinteressante a sua aceitação (NETO, 2009). O VPL pode ser obtido por meio da equação 2.1.

$$VPL = \left[\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \right] - \left[I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} \right] \quad (2.1)$$

onde FC_t é o fluxo (benefício) de caixa de cada período; K é a taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida; I_0 é o investimento processado no momento zero; I_t é o valor do investimento previsto em cada período subsequente.

2.8.3. Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR), é uma das técnicas mais sofisticadas de orçamento de capital, uma vez que consiste na taxa de desconto que faz com que o valor presente líquido (VPL), de uma oportunidade de investimento, seja igual a zero (GITMAN, 2010). A TIR é também chamada de taxa interna de retorno, pois indica que a taxa de viabilidade de um projeto não depende do mercado de capitais, e sim dos fluxos de caixa do referido projeto (ROSS et al., 2002). A TIR pode ser obtida através da equação 2.2.

$$FC_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2.2)$$

onde FC_0 é valor total do investimento, ou seja, o fluxo de caixa no período zero (data presente); t é o período considerado.

2.8.4. Período de *Payback time*

O *payback time* é o período de recuperação de um investimento, o qual consiste na identificação do prazo em que o montante de capital investido em um determinado projeto, seja recuperado por meio de fluxos líquidos de caixa e gerados por tal investimento (KASSAI et al., 2000). O período de *payback*, consiste na determinação do tempo necessário para que o valor do investimento de capital, seja recuperado por meio de benefícios incrementais líquidos (fluxo de caixa), que são promovidos pelo investimento (NETO, 2009).

Para o cálculo do período de *payback*, são utilizadas, normalmente, duas metodologias, sendo que a primeira delas, é conhecida como *payback* simples. Neste método, o prazo de recuperação do capital é encontrado somando-se os valores dos fluxos de caixa negativos com os valores dos fluxos de caixa positivos, até o momento em que essa soma resulta em zero. O segundo método, conhecido como *payback* descontado, considera os valores dos fluxos de caixa, descontando os valores da taxa mínima de atratividade (TMA), de forma a verificar o prazo de recuperação do capital investido (ROSS et al., 2002). O *payback* descontado proporciona uma análise mais elaborada do tempo de retorno do investimento, uma vez que desconta os valores da taxa mínima de atratividade (TMA), utilizada para o projeto (KASSAI et al., 2000).

2.9. CONSIDERAÇÕES DO REFERENCIAL TEÓRICO

Com base no referencial teórico, no capítulo 3 são mostrados os materiais e métodos do trabalho, começando pela caracterização do frigorífico estudado, e por fim apresentando os equipamentos e métodos de medição que foram utilizados para a obtenção dos dados de estudo.

Já no capítulo 4, são mostrados os resultados obtidos, começando pela caracterização do biogás produzido na unidade, e terminando com os cenários de uso do biogás, bem como as análises financeiras. Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões obtidas deste trabalho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido nas instalações do frigorífico de suínos da Cooperativa Santa Clara, em Carlos Barbosa – RS, através da avaliação técnica e econômica da implementação de um sistema de combustão de biogás para substituição de lenha em caldeira; da utilização do biogás para geração de energia elétrica para uso nas instalações; e da venda do biogás para empresas consumidoras do mercado.

A cooperativa foi fundada em 1912, ou seja, está com 107 anos de existência, e conta com cerca de 2.000 colaboradores. Possui uma diversificada gama de produtos em sua linha de frigorífico, tendo o suíno como sua matéria-prima, sendo criado e tratado em instalações próprias, denominadas UPL (Unidade de Produção de Leitões).

3.1. ABATE E PROCESSAMENTO DE SUÍNOS

A UPL de Carlos Barbosa – RS, abriga cerca de 8.000 (oito mil) suínos de alto padrão genético, e atua em todas as fases dessa cadeia produtiva (matrizes, leitões de maternidade, leitões de creche e suínos de terminação). Atualmente, a unidade do frigorífico da Cooperativa Santa Clara, em Carlos Barbosa – RS, tem capacidade para abater e processar 300 (trezentos) suínos por dia, com média de peso por animal vivo de 150 kg.

Os recursos mais utilizados em um abatedouro de suínos são a energia elétrica, a qual é utilizada como força motriz para os mais diversos equipamentos e sistemas de refrigeração; a água, que possui uma quantidade mínima normalizada por número de suínos abatidos; e o vapor, que é utilizado para produzir água quente. Essa água é utilizada para a escaldada dos suínos após o abate, para o processo de retirada do pelo, para limpeza das máquinas e instalações, higienização das mãos e luvas, e também, para esterilização de facas e de serras de carcaça.

Ainda, o vapor gerado é utilizado em trocadores de calor para as estufas de cura do produto processado, para as autoclaves, que têm a função de derreter a gordura do suíno, para a produção de banha, e para a máquina de higienização e lavagem de caixas plásticas, utilizadas no processo. Dentre os diversos equipamentos consumidores de vapor na planta frigorífica, o tanque de escaldada do suíno, e a autoclave, são os que mais consomem este recurso, sendo que os demais equipamentos consumidores, estão listados na Tabela 5, podendo ser identificados no Apêndice A – Fluxograma do processo produtivo.

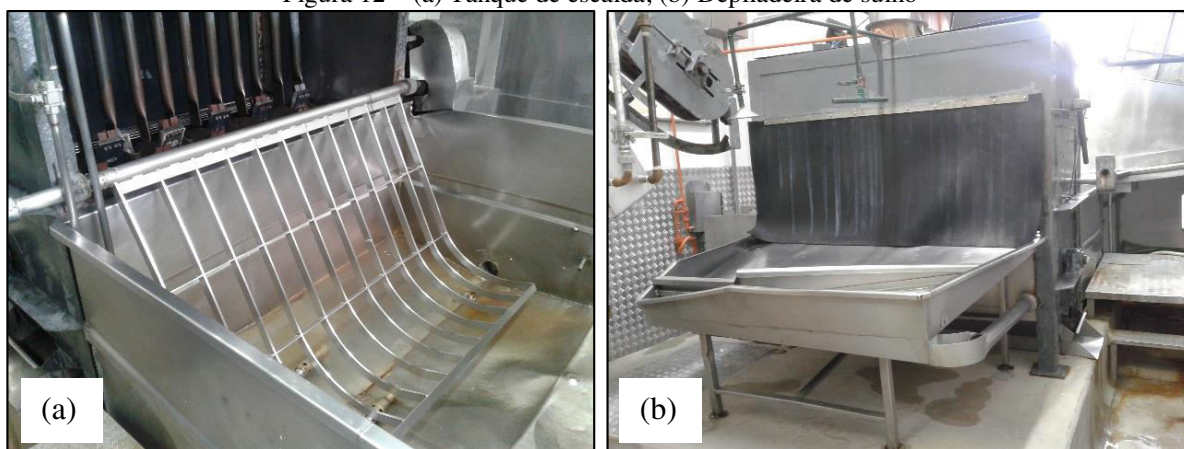
Tabela 5 – Equipamentos consumidores de vapor

Código	Descrição
M27	Lavadora de salame
M31	Túnel de encolhimento
M40	Digestor da banha
M45	Máquina de lavar caixas
U10	Estufas de cozimento
U17	Autoclave
U18	Chuveiros
U19	Tanque de escalda do suíno

Fonte: Autor (2018).

A Figura 12 mostra o tanque de escalda de suíno, que utiliza a água quente produzida em trocadores de calor vapor/água, para facilitar a remoção do pelo, após o abate. O suíno permanece dentro do tanque de escalda por um período de tempo pré-determinado, sendo após conduzido para dentro da máquina de remoção do pelo, o que é feito de forma automática. A esta máquina, dá-se o nome de depiladeira de suíno.

Figura 12 – (a) Tanque de escalda; (b) Depiladeira de suíno



Fonte: Autor (2018).

A Figura 13 mostra a autoclave, cuja função é derreter a gordura do suíno, para a produção de banha, utilizando vapor no processo, através de um sistema de câmara dupla.

Figura 13 – Autoclave para o derretimento de gordura suína



Fonte: Autor (2018).

3.2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS NA UNIDADE

Atualmente, a empresa dispõe de um sistema para produção de biogás, que opera com três biodigestores anaeróbios, modelo Marinha do Brasil, de leito não aquecido, com sistema de agitação por bomba helicoidal, conforme mostrado na Figura 14. Os dados referentes à instalação são apresentados na Tabela 6.

Figura 14 – Biodigestor anaeróbio



Fonte: Autor (2018).

Tabela 6 – Dados da instalação

Dados gerais	
Volume dos biodigestores	$19\text{ m} \times 40\text{ m} \times 3,5\text{ m} = 2.660\text{ m}^3 \times 3$ biodigestores = 7.980 m^3
Volume de estocagem de biogás	$19\text{ m} \times 40\text{ m} \times 2\text{ m} = 1.520\text{ m}^3 \times 3$ biodigestores = 4.560 m^3
Capacidade de produção teórica de biogás, com base nos dejetos suínos	$8.000\text{ animais} \times 2,25\text{ kg de dejetos/dia por animal} \times 560\text{ m}^3/\text{tonelada} = 10.080\text{ m}^3/\text{dia}$
Potencial de produção de biogás (AME)	$259\text{ m}^3/\text{h}$
Poder calorífico inferior do biogás (PCI)	21.000 kJ/m^3
Capacidade de geração de energia	$(259\text{ m}^3/\text{h} \times 21.000\text{ kJ/m}^3) / 3600 = \mathbf{1.510\text{ kW}}$

Fonte: Autor (2018).

Conforme Bio Eficiência Assessoria e Consultoria em Engenharia Ltda. (2015), considerando a vazão de entrada de biomassa de $105\text{ m}^3/\text{dia}$, a DQO de entrada no sistema de biodigestão (biodigestores 1/2/3) na faixa de 131.700 mg/l , e uma eficiência global de remoção de carga orgânica próximo a 75% , o potencial de produção de biogás é de $259\text{ m}^3/\text{h}$ na CNTP, estimado através do estudo técnico quanto ao potencial de produção e utilização de biogás. Os dados referentes ao potencial de produção de biogás são representados na linha destacada na Tabela 7.

Tabela 7 – Potencial de produção de biogás

Vazão de biomassa (m^3/dia)	DQO entrada (mg/l)	Eficiência global de remoção (%)	DQO saída (mg/l)	Produção de biogás (m^3/dia)	Produção de biogás (m^3/h)
105	131.700	50	65.850	4.149	173
105	131.700	55	59.265	4.563	190
105	131.700	60	52.680	4.978	207
105	131.700	65	46.095	5.393	225
105	131.700	70	39.510	5.808	242
105	131.700	75	32.925	6.223	259
105	131.700	80	26.340	6.638	277
105	131.700	85	19.755	7.053	294

Fonte: Adaptado de Bio Eficiência Assessoria e Consultoria em Engenharia Ltda. (2015).

A biomassa, utilizada nos biodigestores, é composta basicamente por resíduos de suinocultura, os quais são transferidos por gravidade até os biodigestores, em função da diferença de cota das instalações. A Figura 15 representa as instalações para a produção de biogás da Cooperativa Santa Clara.

Figura 15 – Instalações para a produção de biogás



Fonte: Autor (2018).

Os biodigestores têm o regime de produção de biogás do tipo contínuo, com descarga de biogás e biofertilizante proporcionais à entrada de biomassa, conforme Tabela 8.

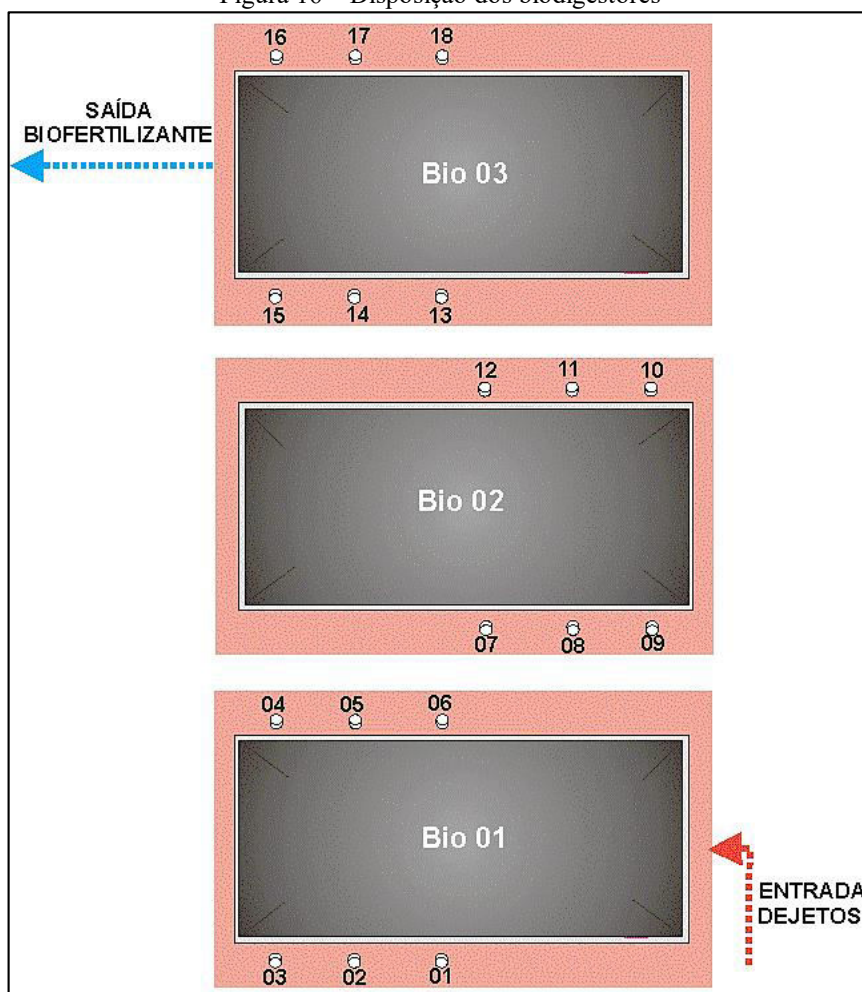
Tabela 8 – Dados de entrada de biomassa

Dados gerais	
Tipo de dejetos	Dejetos de suínos
Número de animais	8.000
Produção diária de dejetos	2,25 kg por animal
Produção diária total	18.000 kg
Produção de biogás	560 m ³ /tonelada
Produção teórica	10.080 m ³ /dia

Fonte: Autor (2018).

O biodigestor número 01 recebe toda a carga de dejetos aplicada, sendo as cargas decantadas remanescentes encaminhadas para o biodigestor número 02, sendo após conduzido para o biodigestor número 03, em fluxo contínuo e em sequência, conforme representado na Figura 16.

Figura 16 – Disposição dos biodigestores



Fonte: Ecobio Carbon, 2010.

Os sólidos que entram nos biodigestores podem ser classificados da seguinte forma:

- a) sólidos decantáveis, sólidos pesados que decantam rapidamente no fundo do biodigestor, e que têm a densidade maior que a da água;
- b) sólidos solúveis, sólidos leves que demoram alguns dias para decantar, e que têm a densidade próxima à da água; e
- c) sólidos flutuantes, sólidos que dificilmente decantam, e que têm a densidade menor que a da água.

Os sólidos decantáveis e os sólidos solúveis, são facilmente atacados pelas colônias de bactérias localizadas no fundo do biodigestor, e irão produzir o biogás e o biofertilizante.

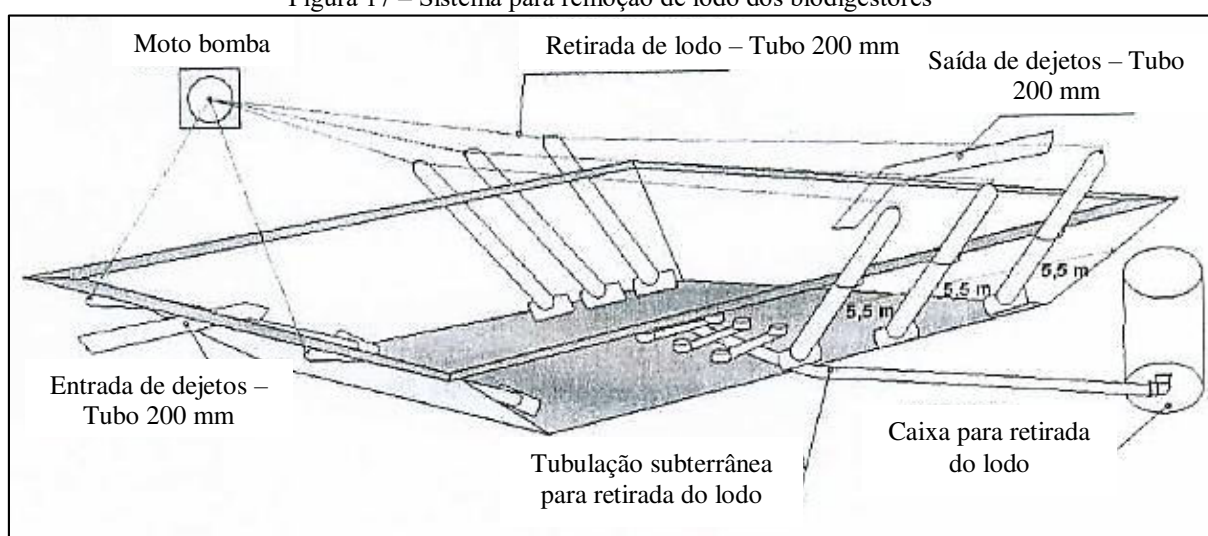
Diariamente, os biodigestores de fluxo contínuo recebem estes três tipos de sólidos, sendo que o acúmulo destes no biodigestor irá diminuir a capacidade de fermentação anaeróbia. Portanto, o manejo dos sólidos no biodigestor é fundamental para a vida útil do reator.

A retirada do sistema do lodo, ou biofertilizante, é um dos manejos mais importantes do projeto. A retirada deve ser contínua, e calculada corretamente, a fim de que os biodigestores atinjam o equilíbrio necessário à manutenção constante de biogás no sistema.

Em cada um dos três biodigestores, estão instalados 6 (seis) tubos de PVC de 200 mm de diâmetro para remoção do lodo, que pode ser feita por meio de um sistema de bombeamento, usando bombas do tipo helicoidais, instaladas acima do nível dos biodigestores.

O lodo pode também ser removido por gravidade, por meio de uma tubulação subterrânea interligada à uma caixa de concreto, conforme representado na Figura 17.

Figura 17 – Sistema para remoção de lodo dos biodigestores



Fonte: Ecobio Carbon, 2008.

A remoção do lodo dos biodigestores é feita diariamente, por meio de dois caminhões próprios da empresa, com capacidade para 10 m³ cada um, sendo que os mesmos transportam em torno de 20 cargas por dia, totalizando 100 cargas por semana, com um volume total de 200 m³ de lodo por dia, ou 1.000 m³ de lodo por semana.

O lodo ou biofertilizante dos biodigestores, é distribuído para produtores associados, que cultivam culturas de verão e de inverno, de forma que possam receber este material em suas lavouras o ano inteiro.

Os caminhões trabalham em regime de revezamento, ou seja, enquanto um caminhão está descarregando o lodo ou biofertilizante nas lavouras, o outro caminhão está na plataforma para abastecimento, sendo carregado com a próxima carga.

A Figura 18 mostra o sistema para abastecimento dos caminhões com o lodo dos biodigestores.

Figura 18 – Sistema para abastecimento dos caminhões com lodo dos biodigestores



Fonte: Autor (2018).

3.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA

A temperatura é um dos fatores que influencia na biodigestão anaeróbia, podendo comprometer diretamente na termodinâmica da reação, alterando a velocidade específica de geração de biogás. Atualmente, os resíduos de suinocultura são transferidos por gravidade até os biodigestores à temperatura ambiente.

A entrada de dejetos nos biodigestores se dá através de um tanque construído em alvenaria, chamado equalizador de vazão, que possui basicamente duas principais funções:

- a) equalizar as vazões de dejetos líquidos produzidas na granja de suínos ao longo do dia; e
- b) remover por decantação os sólidos de baixa digestibilidade.

A prática mais adotada para aquecimento dos dejetos, mas que não é feito na planta em questão, é a utilização de serpentinas como trocador de calor, onde circula água aquecida através da biomassa, mantendo a temperatura desejada.

Por meio de processos de transferência de calor, o substrato é aquecido até a temperatura desejada e adequada à produção de biogás, mantendo, desta forma, uma produção de biogás constante ao longo do ano, independente da temperatura ambiente.

O equalizador de vazão possui as dimensões de 7,0 m (c) x 4,0 m (l) x 1,5 m (h), conforme mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Equalizador de vazão

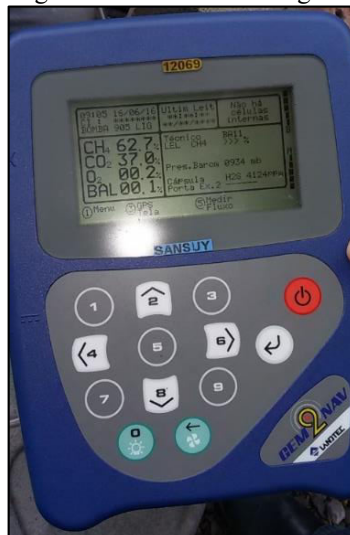


Fonte: Ecobio Carbon, 2008.

3.4. ANÁLISE DO BIOGÁS PRODUZIDO

Os dados referentes à composição dos gases produzidos no biodigestor, bem como da temperatura ambiente, foram coletados através da utilização de um analisador de gases marca Landtec, modelo GEM2NAV, mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Analisador de gases



Fonte: Autor (2018).

3.5. GERAÇÃO DE VAPOR NA UNIDADE

A geração de vapor para suprir a demanda da unidade é feita, atualmente, por meio de uma caldeira tipo flamotubular, com abastecimento manual de lenha de eucalipto, em toras de 1 metro de comprimento. Este processo traz problemas ergonômicos ao operador pela repetitividade e frequência de abastecimento em vista do peso das toras e a postura inadequada.

Também, os estrados de lenha trazem sérios riscos: presença de animais peçonhentos e de sujeira na área de operação devido à folhas e galhos, prensagem de mãos e dedos, entre outros. Os dados da caldeira flamotubular são apresentados na Tabela 9 e a Figura 21 ilustra o ambiente de sua instalação.

Tabela 9 – Dados referentes a caldeira Flamotubular

Característica	Dados
Caldeira Flamotubular	Marca H. Bremer
Ano de fabricação	1986
Produção nominal de vapor	12 ton/h
Pressão nominal de trabalho	10 kgf/cm ²
Produção atual de operação de vapor	3 ton/h
Pressão de operação	8 kgf/cm ²
Consumo de lenha (24 horas/dia, 22 dias/mês)	15 m ³ /dia
Densidade da lenha (eucalipto)	370 kg/m ³
Poder calorífico inferior da lenha (PCI)	10.000 kJ/kg x 370 kg/m ³ = 3.700.000 kJ/m ³
Energia necessária para operação	15 m ³ /dia/24 horas = (0,625 m ³ /h x 3.700.000 kJ/m ³) / 3600 ≅ 642,4 kW

Fonte: Autor (2018).

Figura 21 – Caldeira flamotubular utilizada atualmente



Fonte: Autor (2018).

A implementação de um sistema de combustão de biogás para substituição de lenha na caldeira irá eliminar os riscos ergonômicos. Isso possibilitará uma operação segura da caldeira, uma vez que não haverá mais a necessidade de movimentação manual de cargas, posturas inadequadas, sobrecarga física e patologias associadas.

As tarefas executadas pelo operador da caldeira podem ser observadas na Figura 22, e são descritas da seguinte forma:

- a) pegar as toras de lenha dos estrados (postura inadequada);
- b) abastecer as toras de lenha na fornalha (esforço físico inadequado); e
- c) exposição ao calor da fornalha da caldeira.

Figura 22 – Abastecimento manual de lenha na caldeira



Fonte: Autor (2018).

As tarefas desempenhadas no setor da caldeira foram analisadas de forma sistemática (vídeo, fotos, observações, aferição de medidas, entrevista com os trabalhadores, aplicação de questionário).

Ferramentas de análise metodológica indicadas pela ISO 11228, partes 1 e 3, foram aplicadas para a avaliação quantitativa e avaliação sob forma de acompanhamento constante das tarefas, para um resultado qualitativo.

Visto que o equipamento necessita de 15 m³/dia de lenha para a operação, e que a densidade da lenha de eucalipto é de 370 kg/m³, são movimentados manualmente por dia a quantidade aproximada de 5.550 kg de lenha.

3.6. UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO NA UNIDADE

O biogás produzido na unidade está sendo utilizado na geração de energia elétrica para uso na estação de tratamento de efluentes – ETE, por meio do moto gerador da Figura 23.

Figura 23 – Conjunto moto gerador de energia elétrica



Fonte: Autor (2018).

Os dados referentes ao conjunto moto gerador são: gerador Fockink, modelo SG-75B, com motor Mercedes Benz OM 366G (Ottolizado), seis cilindros em linha, sistema de geração de energia elétrica por alternador síncrono WEG, trifásico, potência de 75kVA/60kW, tensão de 380/220VCA, 60 Hz, 4 polos, ligação em estrela, consumo estimado de 90 m³/h de biogás.

A Tabela 10 reporta os dados referentes ao consumo dos equipamentos ligados ao moto gerador.

Tabela 10 – Dados de consumo dos equipamentos

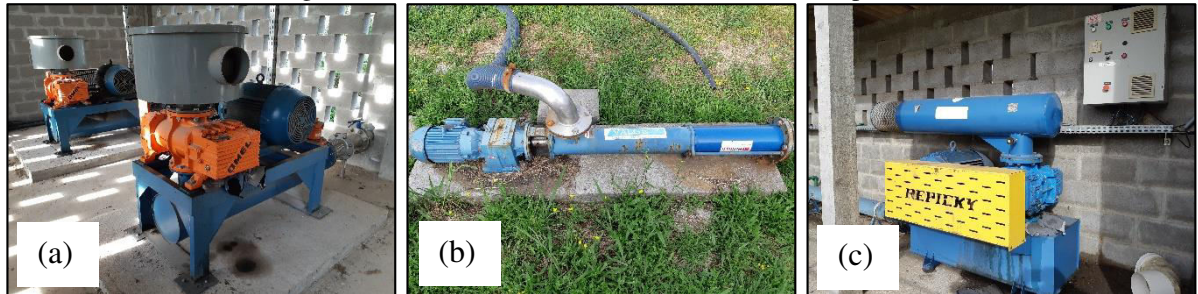
Equipamento	Potência (kW)	Horas/ano de operação	Consumo (kWh)	Custo (kWh)	Custo (R\$/ano)
Aerador 1	11	8.760	96.360	0,34868064	R\$ 33.598,87
Aerador 2	11	8.760	96.360	0,34868064	R\$ 33.598,87
Bomba helicoidal	7,4	8.760	64.824	0,34868064	R\$ 22.602,87
Bomba helicoidal	2,2	8.760	19.272	0,34868064	R\$ 6.719,77
Soprador	37	8.760	324.120	0,34868064	R\$ 113.014,37
Total	68,6	43.800	600.936	0,34868064	R\$ 209.534,75

Fonte: Autor (2018).

Os equipamentos ligados ao moto gerador são utilizados para fazer a aeração da lagoa de estabilização de efluentes, e operam em regime contínuo, durante 24 horas por dia, 365 dias por ano. Porém, o moto gerador apresenta baixa disponibilidade de geração de energia elétrica, devido à frequentes paradas para manutenção corretiva, e falhas devido ao mau funcionamento do motor à biogás.

A Figura 24 representa os equipamentos ligados ao moto gerador. A Figura 25 mostra uma das lagoas de estabilização de efluentes.

Figura 24 – (a) Aerador; (b) Bomba helicoidal; (c) Soprador



Fonte: Autor (2018).

Figura 25 – Lagoa de estabilização de efluentes



Fonte: Autor (2018).

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico, em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia), e/ou redução fotossintética das algas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo são apresentados os principais resultados técnicos e econômicos relativos aos três cenários previstos no objetivo geral do trabalho. Entretanto, por primeiro se apresenta as características do biogás produzido na planta em questão.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO NA UNIDADE

Com base nos dados históricos mensais, coletados por um período de doze meses, referentes à composição do biogás produzido nos biodigestores, na Tabela 11 são reportados os percentuais volumétricos de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂), e gases traço, entre eles o nitrogênio (N₂), e o gás sulfídrico (H₂S), obtidos a partir de análises feitas com o analisador de gases.

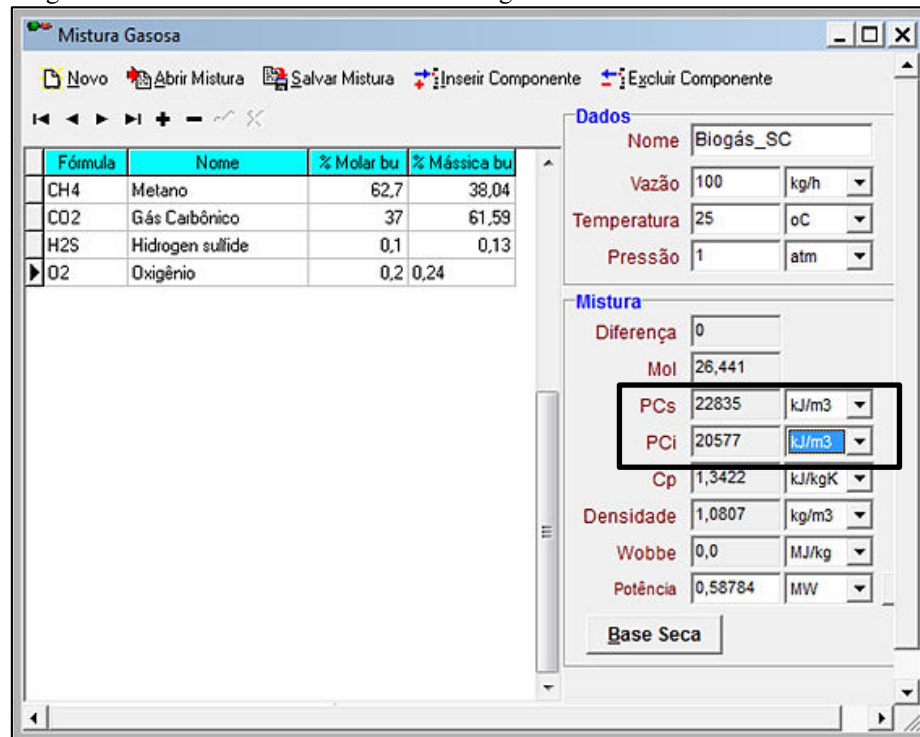
Tabela 11 – Composição do biogás gerado ao longo de 2017 e a temperatura ambiente

Medição	Mês	T (°C)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Gases traço (N ₂ , H ₂ S) %	Total (%)
1	jan/17	24,50	62,7	37,0	0,2	0,1	100
2	fev/17	24,50	63,8	35,3	0,1	0,8	100
3	mar/17	23,50	62,3	36,3	1,2	0,2	100
4	abr/17	20,50	60,1	34,8	1,4	3,7	100
5	mai/17	16,00	57,2	33,5	1,8	7,5	100
6	jun/17	15,50	57,1	33,7	1,5	7,7	100
7	jul/17	14,00	55,6	23,7	2,7	18,0	100
8	ago/17	15,50	56,7	33,0	1,7	8,6	100
9	set/17	16,50	58,4	33,6	1,6	6,4	100
10	out/17	19,00	59,6	33,2	1,7	5,5	100
11	nov/17	20,50	59,9	34,7	1,9	3,5	100
12	dez/17	22,50	61,5	35,2	1,6	1,7	100

Fonte: Autor (2018).

A partir da composição média do biogás, foi possível determinar o poder calorífico superior (PCS), e o poder calorífico inferior (PCI), em kJ/m³, por meio do *software* Acomb (IPT), cujos resultados podem ser observados no quadro destacado na Figura 26.

Figura 26 – Resultados do PCS e PCI do biogás obtidos através do software Acomb

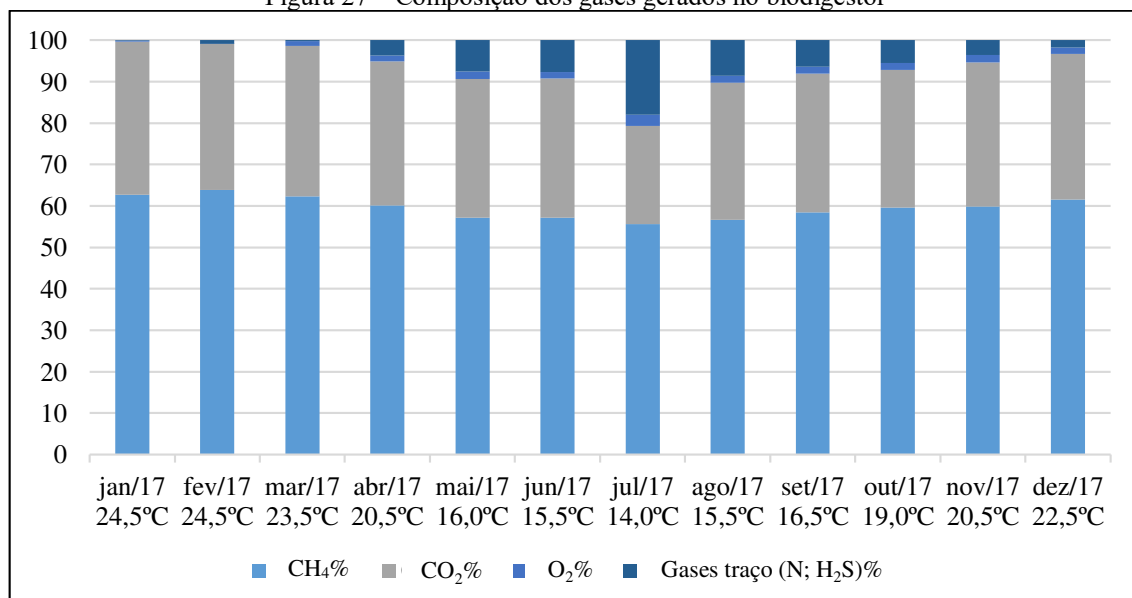


Fonte: Autor (2018).

Como observa-se da Figura 26, o valor do PCI em kJ/m^3 obtido com o auxílio do *software* Acomb se aproxima muito do valor reportado na Tabela 3 para o biogás.

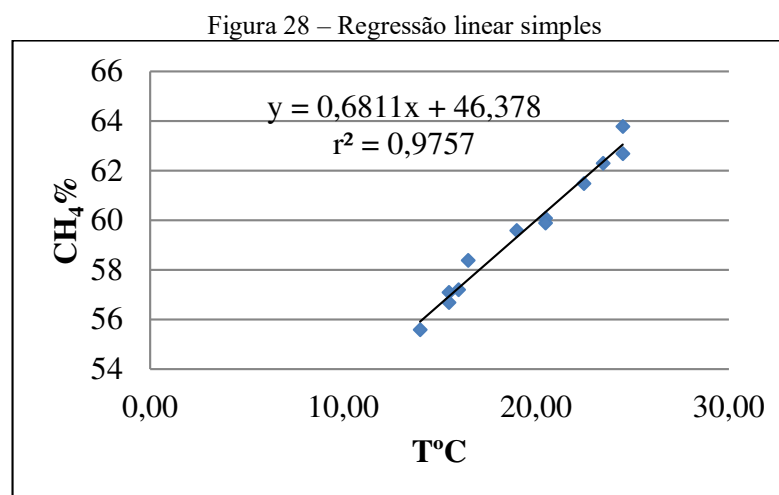
A partir dos dados da Tabela 11, foi gerado o gráfico da Figura 27, onde percebe-se que existe uma correlação significativa entre a temperatura ambiente e os percentuais de gases gerados.

Figura 27 – Composição dos gases gerados no biodigestor



Fonte: Autor (2018).

A análise de resíduos do percentual de metano ($\text{CH}_4\%$), em função da temperatura ambiente ($T\text{ }^\circ\text{C}$), através do método de regressão linear simples, demonstra que o coeficiente de determinação (r^2) próximo de 1 ($r^2 = 0,9757$), indica uma forte correlação positiva entre as variáveis, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 28.



Fonte: Autor (2018).

4.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE USO DO BIOGÁS

Três possíveis cenários estão sendo vislumbrados para a utilização do biogás produzido. O primeiro cenário prevê a substituição da lenha na caldeira geradora de vapor identificada na seção 3.5. Um segundo cenário considera a geração de energia elétrica para aplicação na própria empresa. Além disso, um terceiro cenário admite a venda do biogás produzido para uma empresa externa, para ser utilizado como combustível, ou para produção de biometano.

4.3. IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMBUSTÃO DE BIOGÁS PARA SUBSTITUIÇÃO DE LENHA EM CALDEIRA FLAMOTUBULAR

A implementação de um sistema de combustão de biogás para substituição de lenha na caldeira do frigorífico requer o dimensionamento e a escolha dos tipos apropriados de sistemas de bombeamento, purificação, distribuição e combustão de biogás. Isso porque o queimador deve dispor de uma capacidade que atenda a demanda de geração de energia térmica necessária para o funcionamento da planta. Além disso, serão necessárias alterações na câmara de combustão da caldeira, de forma que possibilite a instalação e operação do novo sistema de combustão de biogás. O sistema proposto demonstra ter viabilidade técnica, uma vez que o

biogás necessário para a operacionalização deste projeto, já é produzido com boa qualidade e elevada disponibilidade na planta. O uso do biogás irá aumentar a segurança, reduzir custos, além de possibilitar uma gestão energética melhorada da planta, podendo, desta forma, ser considerado como uma importante estratégia, para aumentar a eficiência energética da instalação frigorífica. Ainda, irá reduzir os riscos ergonômicos para o operador da caldeira, pois segundo a metodologia de análise biomecânica ocupacional NIOSH by OCRA (MARCATTO, 2016), o manuseio das lenhas para alimentação manual da caldeira, pode expor o operador a um nível de riscos ergonômicos considerável, além da sua exposição ao calor. Isso provém da porta da fornalha da caldeira aberta.

4.3.1. Análise dos investimentos necessários

De modo que seja possível a implementação do sistema de combustão de biogás para substituição de lenha na caldeira do frigorífico, foi realizado o dimensionamento dos sistemas necessários, bem como o levantamento de custos para a operacionalização deste cenário, visando verificar a viabilidade econômica, bem como o retorno do investimento no mesmo.

Foi realizada uma análise dos investimentos necessários, sendo que o retorno do capital foi calculado tomando como base o consumo de lenha anual da caldeira. Os valores de investimentos são apresentados Tabela 12, de acordo com as especificações técnicas e de custos mostradas nos Anexos A e B, acrescidos dos custos de acessórios/componentes de outros fornecedores.

Tabela 12 – Investimentos necessários para o sistema de combustão de biogás

Componente	Custo estimado
Sistema de tratamento e bombeamento de biogás modelo UCB-300	R\$ 332.000,00
Sistema de combustão duo bloco modelo AV-150	R\$ 131.000,00
Serviço de campo (diária de técnico para supervisão da instalação)	R\$ 12.500,00
Bomba de agitação para revolvimento do lodo sedimentado e acelerar a degradação anaeróbia do sistema	R\$ 10.000,00
Gasoduto de polietileno de alta densidade (PEAD)	R\$ 43.000,00
Medidor de vazão para biogás	R\$ 7.500,00
Sistema de aquecimento de dejetos	R\$ 45.000,00
Serviços de instalação	R\$ 24.000,00
Total	R\$ 605.000,00 (30.969,10 UPF)

Fonte: Autor (2018).

4.3.2. Análise e retorno do investimento (*payback* descontado)

Para análise do prazo de retorno do investimento deste projeto, foi utilizada a técnica do *payback* descontado, que considera os valores dos fluxos de caixa, descontando os valores da taxa mínima de atratividade (TMA), de forma a verificar o prazo de recuperação do capital investido. Foi considerada uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% ao ano, que é a taxa utilizada pela empresa, além de um prazo para depreciação do investimento de 10 anos.

O cálculo de retorno do investimento foi realizado tomando como base o valor atualmente gasto com a lenha de eucalipto, utilizada como combustível para a caldeira, com relação ao valor do investimento necessário para a instalação do sistema de combustão de biogás proposto. Sendo que a caldeira consome 15 m³/dia de lenha para a operação, e considerando que a densidade da lenha de eucalipto é de 370 kg/m³, são consumidos diariamente a quantidade de 5.550 kg de lenha, durante 22 dias por mês. O valor da lenha é de R\$ 169,00 por tonelada, perfazendo um valor anual de R\$ 247.618,80 (12.675,26 UPF). Desta forma, os valores referentes ao custo atual com lenha, valor do investimento e *payback* descontado para este projeto, podem ser vistos na Tabela 13.

Tabela 13 – Retorno do investimento do sistema de combustão de biogás

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado	Saldo
0	-R\$ 605.000,00	-R\$ 605.000,00	-R\$ 605.000,00
1	R\$ 247.618,80	R\$ 225.108,00	-R\$ 379.892,00
2	R\$ 247.618,80	R\$ 204.643,64	-R\$ 175.248,36
3	R\$ 247.618,80	R\$ 186.039,67	R\$ 10.791,31
4	R\$ 247.618,80	R\$ 169.126,97	R\$ 179.918,28
5	R\$ 247.618,80	R\$ 153.751,79	R\$ 333.670,07
6	R\$ 247.618,80	R\$ 139.774,36	R\$ 473.444,43
7	R\$ 247.618,80	R\$ 127.067,60	R\$ 600.512,03
8	R\$ 247.618,80	R\$ 115.516,00	R\$ 716.028,02
9	R\$ 247.618,80	R\$ 105.014,54	R\$ 821.042,57
10	R\$ 247.618,80	R\$ 95.467,77	R\$ 916.510,33

Fonte: Autor (2018).

Com base nos dados da Tabela 13, é possível verificar que o retorno do investimento, calculado através do método do *payback* descontado, deve ocorrer entre o segundo e o terceiro ano. A fração de ano pode ser obtida através da divisão entre o saldo do segundo ano, e o fluxo de caixa descontado do terceiro ano $|(-R\$ 175.248,36/R\$ 186.039,67)| = 0,94$. Desta forma, o período do *payback* descontado, será de 2,94 anos, ou seja, 35,3 meses, podendo ser considerado um curto prazo para recuperação do capital investido.

4.4. UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

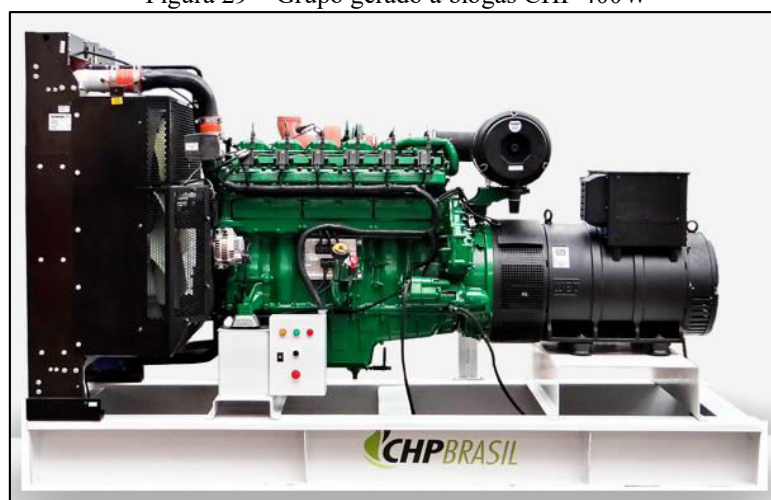
Como evidenciado na seção 3.6, o biogás produzido na unidade está sendo utilizado na geração de energia elétrica para uso na estação de tratamento de efluentes - ETE, por meio de um moto gerador. De forma a melhorar a disponibilidade de geração de energia elétrica por meio do biogás, para uso nos equipamentos da ETE, a proposta deste segundo cenário é a aquisição de um novo grupo gerador à biogás.

A intenção é utilizar um motor à combustão da marca CHP Brasil, modelo CHP 400W, quatro tempos. As especificações técnicas do grupo gerador são as seguintes: motor ciclo Otto de seis cilindros em linha, 12 litros, arrefecido a água, turbo alimentado, com intercooler, sistema elétrico 24 VCC, com potência nominal em regime contínuo de 312 kVA/250 kW, consumo estimado de biogás na potência contínua de 110 m³/h. A proposta de fornecimento do grupo gerador à biogás pode ser vista no Anexo C. No escopo de fornecimento, está incluso um sistema para tratamento do biogás, composto pelos seguintes itens:

- a) 1 lavador de gás e separador de água;
- b) 2 compressores radiais para biogás;
- c) 1 *chiller* secador para biogás.

A Figura 29 mostra o grupo gerador à biogás CHP 400W.

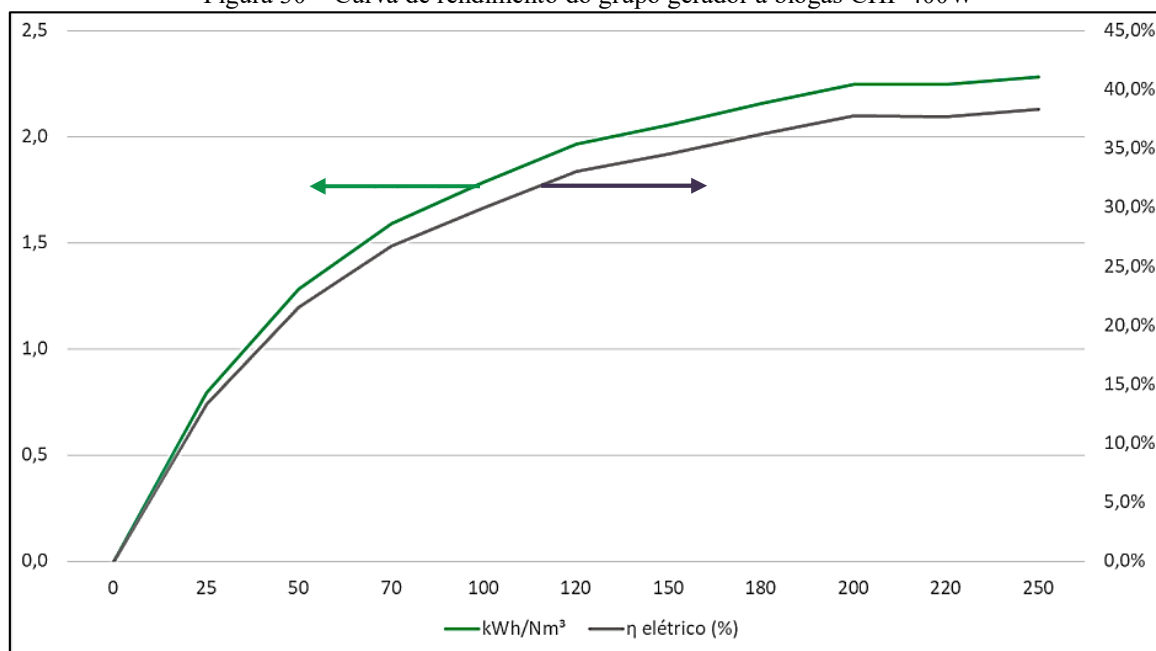
Figura 29 – Grupo gerado à biogás CHP 400W



Fonte: CHP Brasil (2018).

O grupo gerador à biogás, com motor CHP 400W, pode alcançar até 39% de eficiência elétrica, sendo que o consumo estimado de biogás na potência contínua de 110 m³/h, já está considerando esta eficiência, conforme pode ser observado na curva de rendimento do grupo gerador, mostrada na Figura 30.

Figura 30 – Curva de rendimento do grupo gerador à biogás CHP 400W



Fonte: Adaptado de CHP Brasil (2018).

4.4.1. Análise dos investimentos necessários

De forma a melhorar a disponibilidade de geração de energia elétrica por meio do biogás, para uso nos equipamentos da ETE, foi realizado o dimensionamento dos sistemas necessários e, o levantamento de custos para a operacionalização deste cenário, visando verificar a viabilidade econômica e, o retorno do investimento do mesmo.

Dentre estes, estão o grupo gerador à biogás CHP 400W, com sistemas de lavador de gás e separador de água, compressores radiais para biogás, e *chiller* secador para biogás.

Foi realizada uma análise dos investimentos necessários, sendo que o retorno do capital foi calculado tomando como base o valor atualmente gasto com a energia elétrica (custo do kWh), cujos valores podem ser vistos na Tabela 14.

Tabela 14 – Investimentos necessários para o grupo gerador à biogás

Componente	Custo estimado
<i>Chiller</i> secador para biogás	R\$ 30.000,00
Comissionamento e <i>startup</i>	R\$ 8.000,00
Compressores radiais para biogás	R\$ 20.906,00
Grupo gerador à biogás CHP 400W	R\$ 625.814,65
Lavador de gás e separador de água	R\$ 32.500,00
Total	R\$ 717.220,65 (36.713,52 UPF)

Fonte: Autor (2018).

4.4.2. Análise e retorno do investimento (*payback* descontado)

Para análise do prazo de retorno do investimento deste projeto, foi utilizada a técnica do *payback* descontado, que considera os valores dos fluxos de caixa, descontando os valores da taxa mínima de atratividade (TMA), de forma a verificar o prazo de recuperação do capital investido. Foi considerada uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% ao ano, que é a taxa utilizada pela empresa, além de um prazo para depreciação do investimento de 10 anos. O cálculo de retorno do investimento foi realizado tomando como base o valor atualmente gasto com a energia elétrica (custo do kWh), para manter o funcionamento dos equipamentos utilizados para fazer a aeração da lagoa de estabilização de efluentes, com relação ao valor do investimento necessário para a aquisição do grupo gerador à biogás CHP 400W.

Visto que os equipamentos utilizados operam em regime contínuo, durante 24 horas por dia, 365 dias por ano, são consumidos anualmente a quantidade de 600.936 kWh. O valor do kW é de R\$ 0,3487, perfazendo um valor anual de R\$ 209.534,75 (10.725,79 UPF). Desta forma, os valores referentes ao custo atual da energia elétrica, valor do investimento e *payback* descontado para este projeto, podem ser vistos na Tabela 15.

Tabela 15 – Retorno do investimento do grupo gerador à biogás

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado	Saldo
0	-R\$ 717.220,65	-R\$ 717.220,65	-R\$ 717.220,65
1	R\$ 209.534,75	R\$ 190.486,14	-R\$ 526.734,51
2	R\$ 209.534,75	R\$ 173.169,21	-R\$ 353.565,30
3	R\$ 209.534,75	R\$ 157.426,56	-R\$ 196.138,74
4	R\$ 209.534,75	R\$ 143.115,05	-R\$ 53.023,69
5	R\$ 209.534,75	R\$ 130.104,59	R\$ 77.080,91
6	R\$ 209.534,75	R\$ 118.276,90	R\$ 195.357,81
7	R\$ 209.534,75	R\$ 107.524,46	R\$ 302.882,27
8	R\$ 209.534,75	R\$ 97.749,51	R\$ 400.631,78
9	R\$ 209.534,75	R\$ 88.863,19	R\$ 489.494,97
10	R\$ 209.534,75	R\$ 80.784,72	R\$ 570.279,68

Fonte: Autor (2018).

Com base nos dados da Tabela 15, é possível verificar que o retorno do investimento, calculado através do método do *payback* descontado, deve ocorrer entre o quarto e o quinto ano. A fração de ano pode ser obtida através da divisão entre o saldo do quarto ano, e o fluxo de caixa descontado do quinto ano $|(-R\$ 53.023,69/R\$ 130.104,59)| = 0,40$. Desta forma, o período do *payback* descontado, será de 4,40 anos, ou seja, 52,8 meses, podendo ser considerado um médio prazo para recuperação do capital investido.

4.5. VENDA DO BIOGÁS PRODUZIDO PARA UMA EMPRESA EXTERNA

A venda do biogás produzido na unidade para empresas externas, para ser utilizado como combustível, ou para posterior conversão em biometano, pode representar uma boa alternativa econômica, tendo em vista a boa qualidade, e a elevada disponibilidade de geração de biogás na planta.

Nos últimos anos, a demanda por este tipo de combustível tem aumentado. Empresas como a Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul – Sulgás, tem investido em ações para promoção de novas fontes de suprimento de gás natural, entre as quais algumas pesquisas para o aproveitamento de biogás.

Dentre estas ações, está o incentivo à produção do biometano, um gás com alto teor de metano (acima de 96%), que atenda a especificação técnica exigida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que pode ser utilizado como combustível alternativo para geração de energia térmica e elétrica em instalações industriais dos mais variados segmentos, e também, para abastecimento de veículos.

Além de ser uma fonte alternativa e complementar de energia, o biometano também representa uma forma de disponibilizar o produto em regiões que não são atendidas por gasoduto, potencializando a sua utilização através da distribuição à granel, com o uso de caminhões transportadores.

4.5.1. Análise dos investimentos necessários

De modo que seja possível a venda do biogás produzido na unidade, para empresas externas, foi realizado o dimensionamento dos sistemas necessários, bem como o levantamento de custos para a operacionalização deste cenário, visando verificar a viabilidade econômica, bem como o retorno do investimento do mesmo.

Dentre estes, estão os sistemas de bombeamento, remoção do H₂S, distribuição e controle de biogás, uma vez que o mesmo será coletado à granel, através de caminhões transportadores. Uma análise preliminar foi realizada dos investimentos necessários, sendo que o retorno do capital foi calculado tomando como base o valor recebido pela venda do biogás (R\$/m³), cujos valores podem ser vistos na Tabela 16.

Tabela 16 – Investimentos necessários para o sistema de captação e tratamento de biogás

Componente	Custo estimado
Sistema de tratamento e bombeamento de biogás modelo UCB-300	R\$ 332.000,00
Bomba de agitação para revolvimento do lodo sedimentado e acelerar a degradação anaeróbia do sistema	R\$ 10.000,00
Gasoduto de polietileno de alta densidade (PEAD)	R\$ 43.000,00
Medidor de vazão para biogás	R\$ 7.500,00
Serviços de instalação	R\$ 24.000,00
Total	R\$ 416.500,00 (21.320,05 UPF)

Fonte: Autor (2018).

4.5.2. Análise e retorno do investimento (*payback* descontado)

Para análise do prazo de retorno do investimento deste projeto, foi utilizada a técnica do *payback* descontado, que considera os valores dos fluxos de caixa, descontando os valores da taxa mínima de atratividade (TMA), de forma a verificar o prazo de recuperação do capital investido. Novamente foi considerada uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% ao ano, que é a taxa praticada pela empresa, além de um prazo para depreciação do investimento de 10 anos.

O cálculo de retorno do investimento foi realizado tomando como base o valor recebido pela venda do biogás (R\$/m³), com relação ao valor do investimento necessário para a aquisição dos sistemas de bombeamento, remoção do H₂S, distribuição e controle de biogás. O potencial de produção de biogás é de 259 m³/h na CNTP, sendo que este potencial de produção foi estimado através do teste de Atividade Metanogênica Específica – AME, conforme mencionado anteriormente.

Visto que o sistema opera em regime contínuo, durante 24 horas por dia, 365 dias por ano, são gerados anualmente a quantidade de 2.268.840 m³ de biogás. O valor recebido pelo m³ é de R\$ 0,04, perfazendo um valor anual de R\$ 90.753,60 (4.645,55 UPF). Desta forma, os valores referentes ao valor anual da receita com a venda do biogás, valor do investimento e *payback* descontado para este projeto, podem ser vistos na Tabela 17.

Tabela 17 – Retorno do investimento com a venda do biogás

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado	Saldo
0	-R\$ 416.500,00	-R\$ 416.500,00	-R\$ 416.500,00
1	R\$ 90.753,60	R\$ 82.503,27	-R\$ 333.996,73
2	R\$ 90.753,60	R\$ 75.002,98	-R\$ 258.993,75
3	R\$ 90.753,60	R\$ 68.184,52	-R\$ 190.809,23
4	R\$ 90.753,60	R\$ 61.985,93	-R\$ 128.823,30
5	R\$ 90.753,60	R\$ 56.350,85	-R\$ 72.472,45
6	R\$ 90.753,60	R\$ 51.228,04	-R\$ 21.244,41
7	R\$ 90.753,60	R\$ 46.570,95	R\$ 25.326,53
8	R\$ 90.753,60	R\$ 42.337,22	R\$ 67.663,76
9	R\$ 90.753,60	R\$ 38.488,39	R\$ 106.152,14
10	R\$ 90.753,60	R\$ 34.989,44	R\$ 141.141,59

Fonte: Autor (2018).

Com base nos dados da Tabela 17, é possível verificar que o retorno do investimento, calculado através do método do payback descontado, deve ocorrer entre o sexto e o sétimo ano. A fração de ano pode ser obtida através da divisão entre o saldo do sexto ano, e o fluxo de caixa descontado do sétimo ano $|(-R\$ 21.244,41/R\$ 46.570,95)| = 0,45$. Desta forma, o período do *payback* descontado, será de 6,45 anos, ou seja, 77,4 meses, podendo ser considerado um longo prazo para recuperação do capital investido.

4.6. DISPONIBILIDADE DE ENERGIA

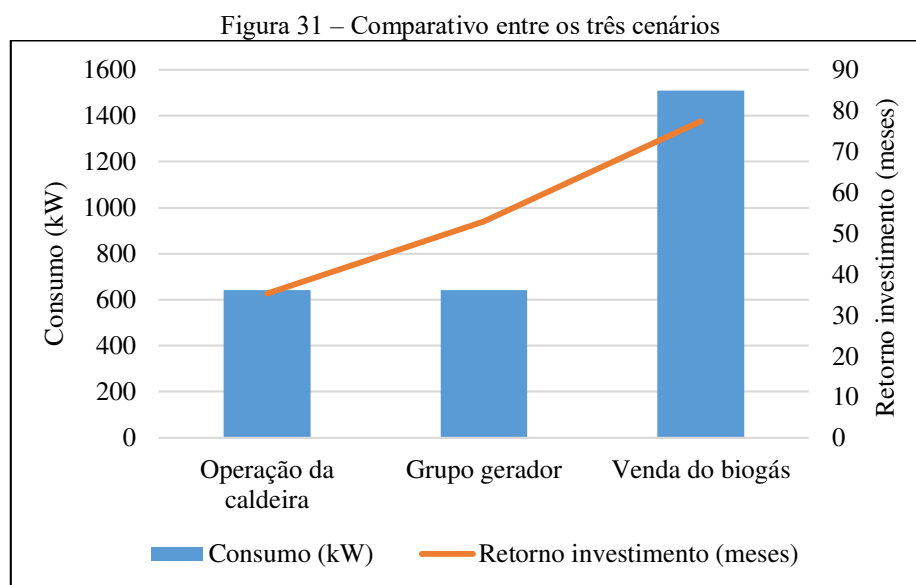
É possível comparar os dados referentes ao potencial de geração de energia atual da instalação, a partir da produção de biogás, com o consumo de energia necessário para manter o funcionamento dos equipamentos que irão utilizar o sistema, conforme os três possíveis cenários vislumbrados para a utilização do biogás produzido, apresentados na seção 4.2. Na Tabela 18 são apresentados os dados referentes à energia gerada e à energia necessária para o novo moto gerador de energia elétrica, para uso interno nas instalações da estação de tratamento de efluentes – ETE, e para a operação da caldeira.

Tabela 18 – Dados referentes à disponibilidade de energia

Disponibilidade de energia com o biogás	
Potencial de geração de energia	$(259 \text{ m}^3/\text{h} \times 21.000 \text{ kJ/m}^3) / 3600 = 1.510 \text{ kW}$
Operação da caldeira	$(0,625 \text{ m}^3/\text{h} \times 3.700.000 \text{ kJ/m}^3) / 3600 \cong 642,4 \text{ kW}$
Consumo no gerador de energia	$(110 \text{ m}^3/\text{h} \times 21.000 \text{ kJ/m}^3) / 3600 = 641 \text{ kW}$
Saldo positivo de energia	$1.510 \text{ kW} - 642,4 \text{ kW} - 641 \text{ kW} = 226,6 \text{ kW}$

Fonte: Autor (2018).

A partir dos dados da Tabela 18, foi gerado o gráfico da Figura 31, onde é possível verificar o comparativo entre o potencial de geração de energia atual da instalação, o consumo de energia estimado para os equipamentos que irão utilizar o sistema, e o tempo de retorno de investimento.



Fonte: Autor (2018).

Com base nos dados do gráfico da Figura 31, é possível concluir que o primeiro cenário é o que apresenta o menor prazo de retorno do investimento, seguido pelo segundo cenário, e pelo terceiro cenário, sucessivamente. Com relação ao consumo energético, pode-se verificar que, em função do potencial de geração de energia da instalação com o biogás produzido, é possível trabalhar com o primeiro e segundo cenários, simultaneamente.

A caldeira consumirá 642,4 kW em biogás, e o novo grupo gerador consumirá 641 kW (considerando uma eficiência de 39%, na potência contínua). Desta forma, ainda haveria um excedente de quase 227 kW, como reportado na Tabela 18, ou seja, o biogás hoje produzido poderia atender a esses dois cenários. Desta forma, é possível fazer a análise e retorno do investimento (*payback* descontado), descontando os valores da taxa mínima de atratividade (TMA de: 10% a.a.), tendo o prazo para depreciação do investimento de 10 anos. Os investimentos necessários para que os cenários 1 e 2 sejam implantados simultaneamente (R\$ 605.000,00 do cenário 1, e R\$ 717.220,65 do cenário 2), representam um montante de R\$ 1.322.220,65. O gasto anual com os insumos para os cenários 1 e 2 (R\$ 247.618,80 do cenário 1, e R\$ 209.534,75 do cenário 2), representam um montante de R\$ 457.153,55.

Desta forma, os valores referentes aos custos com estes dois cenários, valores dos investimentos e *payback* descontado para este projeto, são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Retorno do investimento com os cenários 1 e 2

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado	Saldo
0	-R\$ 1.322.220,65	-R\$ 1.322.220,65	-R\$ 1.322.220,65
1	R\$ 457.153,55	R\$ 415.594,14	-R\$ 906.626,51
2	R\$ 457.153,55	R\$ 377.812,85	-R\$ 528.813,66
3	R\$ 457.153,55	R\$ 343.466,23	-R\$ 185.347,43
4	R\$ 457.153,55	R\$ 312.242,03	R\$ 126.894,59
5	R\$ 457.153,55	R\$ 283.856,39	R\$ 410.750,98
6	R\$ 457.153,55	R\$ 258.051,26	R\$ 668.802,24
7	R\$ 457.153,55	R\$ 234.592,06	R\$ 903.394,30
8	R\$ 457.153,55	R\$ 213.265,50	R\$ 1.116.659,80
9	R\$ 457.153,55	R\$ 193.877,73	R\$ 1.310.537,53
10	R\$ 457.153,55	R\$ 176.252,48	R\$ 1.486.790,02

Fonte: Autor (2018).

Com base nos dados da Tabela 19, é possível verificar que o retorno do investimento, calculado por meio do método do *payback* descontado, deve ocorrer entre o terceiro e o quarto ano. A fração de ano pode ser obtida através da divisão entre o saldo do terceiro ano, e o fluxo de caixa descontado do quarto ano $|(-R\$ 185.347,43/R\$ 312.242,03)| = 0,59$. Desta forma, o período do *payback* descontado, será de 3,6 anos, ou seja, 43,2 meses.

Tendo em vista que o potencial de geração de energia através do biogás, é superior ao consumo atual da instalação, o excedente do biogás gerado atualmente está sendo queimado em um queimador com ignitor automático tipo *open flare*, conforme mostrado na Figura 32. Entretanto, tal excedente de biogás pode ser utilizado para incremento na produção de vapor da caldeira flamotubular utilizada, que atualmente produz apenas 3 ton/h das 12 ton/h nominais.

Figura 32 – Queimador de gases com ignitor automático tipo *open flare*



Fonte: Autor (2018).

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos nas avaliações realizadas e descritas neste trabalho, é possível concluir que a utilização do biogás como fonte de energia renovável, é capaz de atender às demandas de energia da instalação frigorífica, com o mínimo de impactos ambientais.

Três possíveis cenários foram avaliados para a utilização do biogás produzido. O primeiro cenário avaliou a substituição da lenha na caldeira flamotubular da empresa. No segundo cenário, foi avaliada a geração de energia elétrica para aplicação na própria empresa. Ainda, um terceiro cenário avaliou a venda do biogás produzido para uma empresa externa, para produção de biometano.

Para as análises financeiras dos cenários avaliados para a utilização do biogás, foi considerada uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% ao ano, que é a taxa utilizada pela empresa, além de um prazo para depreciação do investimento de 10 anos.

A análise do primeiro cenário, que contempla a implementação de um sistema de combustão de biogás para substituição de lenha na caldeira do frigorífico, mostrou a importância dos sistemas que utilizam vapor na indústria frigorífica, onde, especificamente no caso analisado, existe uma demanda de 3 ton/h, ou 72 ton/dia de vapor consumido.

Do ponto de vista econômico, o uso do biogás irá aumentar a segurança, reduzir custos, além de possibilitar uma gestão energética melhorada da planta, podendo, desta forma, ser considerado como uma importante estratégia, para aumentar a eficiência energética da instalação frigorífica.

Ainda, irá reduzir os riscos ergonômicos para o operador da caldeira, pois o manuseio das lenhas para alimentação manual da caldeira, pode expor o operador a um nível de riscos ergonômicos considerável, além da sua exposição ao calor, proveniente do abre e fecha da porta da fornalha da caldeira.

A análise financeira do primeiro cenário, demonstra um *payback* descontado de 2,94 anos, ou seja, 35,3 meses, tornando o mesmo a opção mais atrativa sob o ponto de vista econômico, tendo em vista o menor prazo de recuperação do capital investido, dentre os três cenários avaliados.

A análise do segundo cenário, que avaliou a geração de energia elétrica para uso na estação de tratamento de efluentes – ETE, da própria empresa, demonstra que é possível melhorar a disponibilidade de geração de energia elétrica das instalações com o uso do biogás. Isso será possível com a aquisição de um novo grupo gerador à biogás, tendo em vista que o moto gerador utilizado atualmente apresenta baixa disponibilidade de geração de energia

elétrica, devido à frequentes paradas para manutenção corretiva, e falhas devido ao mau funcionamento do motor à biogás.

Do ponto de vista energético, o novo grupo gerador à biogás apresenta maior capacidade de potência nominal em regime contínuo, da ordem de 312 kVA/250 kW, com um consumo estimado de biogás na potência contínua, em torno de 110 m³/h.

A análise financeira do segundo cenário, demonstra um *payback* descontado de 4,40 anos, ou seja, 52,8 meses, tornando o mesmo a segunda opção mais atrativa sob o ponto de vista econômico, tendo em vista apresentar prazo maior de recuperação do capital investido, com relação ao primeiro cenário.

A análise do terceiro cenário, que avaliou a venda do biogás produzido para uma empresa externa, para ser utilizado como combustível, ou para produção de biometano, demonstrou que o mesmo pode representar uma boa alternativa econômica, tendo em vista a boa qualidade, e a elevada disponibilidade de geração de biogás na planta.

Porém, do ponto de vista econômico, o valor recebido pela venda do biogás (R\$/m³), com relação ao valor do investimento necessário para a aquisição dos sistemas de bombeamento, remoção do H₂S, distribuição e controle de biogás, torna o terceiro cenário o mais desfavorável dentre os três avaliados, visto que a análise financeira do mesmo, demonstrou um *payback* descontado de 6,45 anos, ou seja, 77,4 meses.

Ainda, com relação ao consumo energético, pode-se verificar que, devido ao potencial de geração de energia da instalação, é possível trabalhar com o primeiro cenário, e com o segundo cenário, simultaneamente. Visto que a análise financeira desta opção, demonstra um *payback* descontado de 3,6 anos, ou seja, 43,2 meses, a mesma encontra-se na posição intermediária entre o primeiro e segundo cenários.

Para trabalhos futuros, a implementação de um sistema de supervisão para monitoramento *on-line* do desempenho da planta de produção de biogás demonstra ser de elevada eficiência e confiabilidade. Isso possibilita o controle e a interação com o processo remotamente e de forma rápida, aumentando a segurança, reduzindo custos e, também, possibilitando uma gestão energética otimizada da planta. Desta forma, pode ser considerada como uma importante estratégia de controle, para otimizar a eficiência do processo.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR ISO 11228: 2017 – **Ergonomia - Movimentação manual Parte 1: Levantamento e transporte de cargas**. Rio de Janeiro - RJ, 2017.
- ABNT NBR ISO 11228-3:2014 **Ergonomia - Movimentação manual Parte 3: Movimentação de cargas leves em alta frequência de repetição**. Rio de Janeiro - RJ, 2014.
- AB, S. O.; LAMMI, K. **Experience with the application of Water Scrubbing Biogas Upgrading Technology**. Greenlane Biogas. Finland, 2010.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Capítulo 5: Biomassa, 2ª ed. Brasília - DF, 2005.
- AIR LIQUIDE. **Membrane systems for Biogas / Landfill gas**. Air Liquide Technologies U.S. LLC. 305 Water Street Newport, DE 19804. United States, 2011.
- ANGELIDAKI, I.; CAMPANARO, S.; KOUGIAS, P.G.; LUO, G.; TREU, L.; TSAPEKOS, P.; WENZEL, H. **Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives**. Biotechnology Advances. Elsevier, 2018.
- ANIA, M. J.; CODONY, A. C.; CLOTAS, E. C.; MARTÍN, M. J. **Competitive siloxane adsorption in multicomponent gas streams for biogas upgrading**. Chemical Engineering Journal. Elsevier, 2018.
- AMARAL, A. C. D.; GASPARETO, T. C.; KUNZ, A.; SCUSSIATO, L.A.; STEINMETZ, R. L. R.; TÁPPARO, D. C. **Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system**. Journal of Environmental Management. Elsevier, 2016.
- ARAÚJO, A. P. C. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2017.
- BAO, D.; DENG, L.; WU, B.; XU, Y.; ZHANG, S.; ZHANG, X. **Biomethane production system: Energetic analysis of various scenarios**. Bioresource Technology. Elsevier, 2016.
- BARA, J. E.; BENDOVIÁ, H.; FRIESS, K.; IZAK, P.; ZÁK, M. **Single-step purification of raw biogas to biomethane quality by hollow fiber membranes without any pretreatment – An innovation in biogas upgrading**. Separation and Purification Technology. Elsevier, 2018.
- BARRERA, P. **Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 2ª Edição. Editora Ícone. São Paulo - SP, 1993.
- BEUX, S. **Avaliação do Tratamento de Efluente de Abatedouro em Digestores Anaeróbios de Duas Fases**. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa - PR, 2005.
- BIASI, C. A. F.; MARIANI, L.F; PICINATTO, A. G; ZANK, J. C. C. **Energias renováveis na área rural da região sul do Brasil**. 1ª Edição. Itaipu Binacional. Foz do Iguaçu – PR, 2018.

Bio Eficiência Assessoria e Consultoria em Engenharia Ltda. **Estudo Técnico Potencial de Produção e Utilização de Biogás na Caldeira Cooperativa Santa Clara Ltda.** Carlos Barbosa – RS, 2015.

BLEY JR., C. **Biogás: A energia invisível.** Atol Estúdio. São Paulo - SP, 2015.

BLEY JR., C; LIBÂNIO, J.C; GALINKIN, M; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.** 2ª edição revista. Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. TechnoPolitik Editora, 2009, Brasília – DF.

BRIGHAM, E. F; EHRHARDT, M. C. **Administração Financeira: Teoria e Prática.** Tradução da 10ª Edição Norte-Americana. Cengage Learning. São Paulo – SP, 2006.

CARDOSO, B. F; OYAMADA, G. C; SILVA, C. M. **Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil.** Revista Desenvolvimento em Questão. Editora Unijuí, ano 13, nº 32, p.127-145, out/dez 2015.

CASTRO, L. R. D; CORTEZ, L. A. B. **Energia na Agricultura - Influência da Temperatura no Desempenho de Biodigestores com Esterco Bovino.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.2, n.1, p.97-102. Campina Grande – PB, 1988.

CHAICHANA, C.; DAMRONGSAK, D.; WONGSAPAI, W. **Small-Scale Biogas Plant from Swine Farm in Northern Thailand.** ScienceDirect. Elsevier, 2017.

CHP BRASIL. **Alternativa em Energia. Proposta de fornecimento CHPRSBG100215_revA.** Rua Conselheiro Mayrink, 360 CEP: 20960-140 – Jacaré - Rio de Janeiro – RJ, 2018.

CHU, Y.; HE, X.; HÄGG, M. B.; HILLESTAD, M.; LINDBRATHEN, A. **Carbon molecular sieve membranes for biogas upgrading: Techno-economic feasibility analysis.** Journal of Cleaner Production. Elsevier, 2018.

COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. G.; SILVA, O. C.; ABREU, F. C. **A conversão da fonte renovável biogás em energia.** V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 31 de maio a 2 de julho de 2006, Brasília – DF.

COMPANHIA DE GÁS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – SULGÁS. Disponível em <<http://www.sulgas.rs.gov.br>>. Acesso em 30 de maio de 2019.

CONTON, M.; LONZA, L.; PADELLA, M.; POSTMA, E. D.; PRUSSI, M. **Review of technologies for biomethane production and assessment of Eu transport share in 2030.** Journal of Cleaner Production. Elsevier, 2019.

CORTEZ, L. A. B.; GOMÉZ, E. O.; LORA, E. E. S. **Biomassa para energia.** Editora da UNICAMP. Campinas – SP, 2008.

CRAVEIRO, A. M. **Considerações sobre projetos de plantas de biodigestão – Digestão anaeróbia e aspectos teóricos e práticos.** I Simpósio Latino-Americano sobre Produção de biogás a partir de Resíduos Orgânicos. São Paulo - SP, dezembro de 1982.

CUI, X.; DONG, M.; TIAN, G.; WANG, Q.; WANG, Y.; XIAO, W.; YANG, B.; YIN, F.; ZHANG, W.; ZHAO, X.; ZHU, R. **The effect of temperature on the microbial communities of peak biogas production in batch biogas reactors.** Renewable Energy. Elsevier, 2018.

DALLEMAND, J. F.; FAHL, F.; SCARLAT, N. **Biogas: Developments and perspectives in Europe.** Renewable Energy. Elsevier, 2018.

DAMODARAN, A. **Finanças Corporativas Aplicadas: Manual do Usuário.** Editora Bookman. Porto Alegre – RS, 2002.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: Modelo indiano, chinês e batelada.** UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru – SP, 2002.

DEUBLEIN, D; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources.** WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, Germany, 2008.

ECOBIO CARBON EMPREENDIMENTOS ECOLÓGICOS LTDA. **Manual de manejo dos biodigestores – Cooperativa Santa Clara.** Rua Governador Jorge Lacerda, 528. Braço do Norte. Santa Catarina, 2008.

ECOBIO CARBON EMPREENDIMENTOS ECOLÓGICOS LTDA. **Sistema de tratamento de dejetos suínos – Cooperativa Santa Clara.** Rua Governador Jorge Lacerda, 528. Braço do Norte. Santa Catarina, 2010.

FEIDEN, A.; FRIGO, E. P.; FRIGO, K. D. D. A.; GALANT, N. B.; MARI, A. G.; SANTOS, R. F. **Biodigestores: Seus modelos e aplicações.** Revista Acta Iguazu. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Cascavel – PR, 2015.

FILHO, M. G.; HASAN, C.; KONRAD, O.; LUMI, M. **Atlas das biomassas do Rio Grande do Sul para produção de biogás e biometano.** Editora UNIVATES. Lajeado – RS, 2016.

FLAUZINO, B. K.; LIMA, R. M.; NOGUEIRA, F. J. H.; PEREIRA, A. C. O. S.; PEREIRA, C. R. S.; SANTOS, A. H. M.; VALVERDE, J. A. R. **Spatially distributed potential of landfill biogas production and electric power generation in Brazil.** Waste Management. Elsevier, 2018.

FRANCISCO, A. C.; OLIVEIRA, L. G.; SOUZA, J. T. **Tratamento de dejetos suínos: Oportunidades de conversão em energia.** Revista Gestão Industrial, v. 13, n. 3, p. 22-36, set./nov. 2017. Ponta Grossa – PR, 2017.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo-PR.** Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis - SC, 2003.

GHOSH, P.; KAPOOR, R.; SAHA, G.; SAHAY, A.; SAHOTA, S.; SENGUPTA, S.; SINGH, P.; VIJAY, V. K.; VIJAY, V.; THAKUR, I. S. **Review of trends in biogas upgradation technologies and future perspectives.** Bioresource Technology Reports. Elsevier, 2018.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 12ª Edição. Editora Pearson Prentice Hall. São Paulo – SP, 2010.

GÜLZOW, OT. **Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização**. 5ª Edição. Editora Gülzow-Prüzen. Alemanha: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe E.v. (FNR), 2013.

HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia - SC, 2006.

INDRAWAN, N.; PARK, D. H.; RIDWAN, M.; THAPA, S.; WIJAYA, M. E. **The biogas development in the Indonesian power generation sector**. Environmental Development. Elsevier, 2018.

KAFFKA, S. R.; ONG, M. D.; WILLIAMS, R. B. **Draft Comparative Assessment of Technology Options for Biogas Clean-up**. University of California. United States, 2014.

KARIM, K.; KLASSON, K.T.; HOFFMANN, R.; DRESHER, S.R.; DEPAOLI, D.W.; AL-DAHMAN, M.H. **Anaerobic digestion of animal waste: Effect of mixing**. Bioresource Technology, Kidlington, v.96, n.14, p.1.607-1.612, 2005.

KASSAI, J. R.; KASSAI, S; SANTOS, A. D; NETO, A. A. **Retorno de Investimento: Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2ª Edição. Editora Atlas. São Paulo – SP, 2000.

KUNZ, A; AMARAL, A. C. D; STEINMETZ, R. L. R. **Curso de Operacionalização de Biodigestores. Aula 1 – Processos Bioquímicos na Digestão Anaeróbia**. Foz do Iguaçu – PR, 2016.

KUNZ, A; AMARAL, A. C. D; STEINMETZ, R. L. R. **Curso de Operacionalização de Biodigestores. Aula 2 – Modelos de Biodigestores**. Foz do Iguaçu – PR, 2016.

MARCATTO, E.J. **Análise Ergonômica do Trabalho Aplicando: ABNT NBR ISO 11228-1, ISO 11228-2, ISO 11228-3 E ISO TR 12295**. Porto Alegre - RS, 2016.

NETO, A. A. **Finanças Corporativas e Valor**. 4ª Edição. Editora Atlas S.A. São Paulo – SP, 2009.

NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: Implementação de aplicativo computacional**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MT, 2009.

OLIVEIRA, R. L. P.; **Biodigestor**. Seminários Técnicos de Suinocultura, VII Simpósio Goiano de Avicultura e II Simpósio goiano de Suinocultura. 13 a 15 de setembro de 2005. Goiânia, Goiás.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

OLIVER, A. D. P. M.; NETO, A. D. A. S.; QUADROS, D. G. D.; VALLADARES, R. E. **Manual de treinamento em biodigestão**. Instituto Winrock Brasil. Salvador, Bahia. Fevereiro de 2008.

PELLIZZER, E. L. **Otimização da Produção de Biogás Utilizando Aquecimento e Agitação com Automação de Biodigestores**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Cascavel - PR, 2017.

ROSS, S. A; WESTERFIELD, R. W; JAFFE, J. F. **Administração Financeira: Corporate Finance**. 2ª Edição. Editora Atlas. São Paulo – SP, 2002.

SEIXAS, J.; FOLLE, S.; MARCHETTI, D. **Construção e funcionamento de biodigestores**. Brasília: EMBRAPA-DID, Circular técnica nº 4, 1980.

SILVA, C. A. B. V. **Limpeza e purificação de biogás**. Universidade de Trás os Montes e Alto Douro. Vila Real. Portugal, 2009.

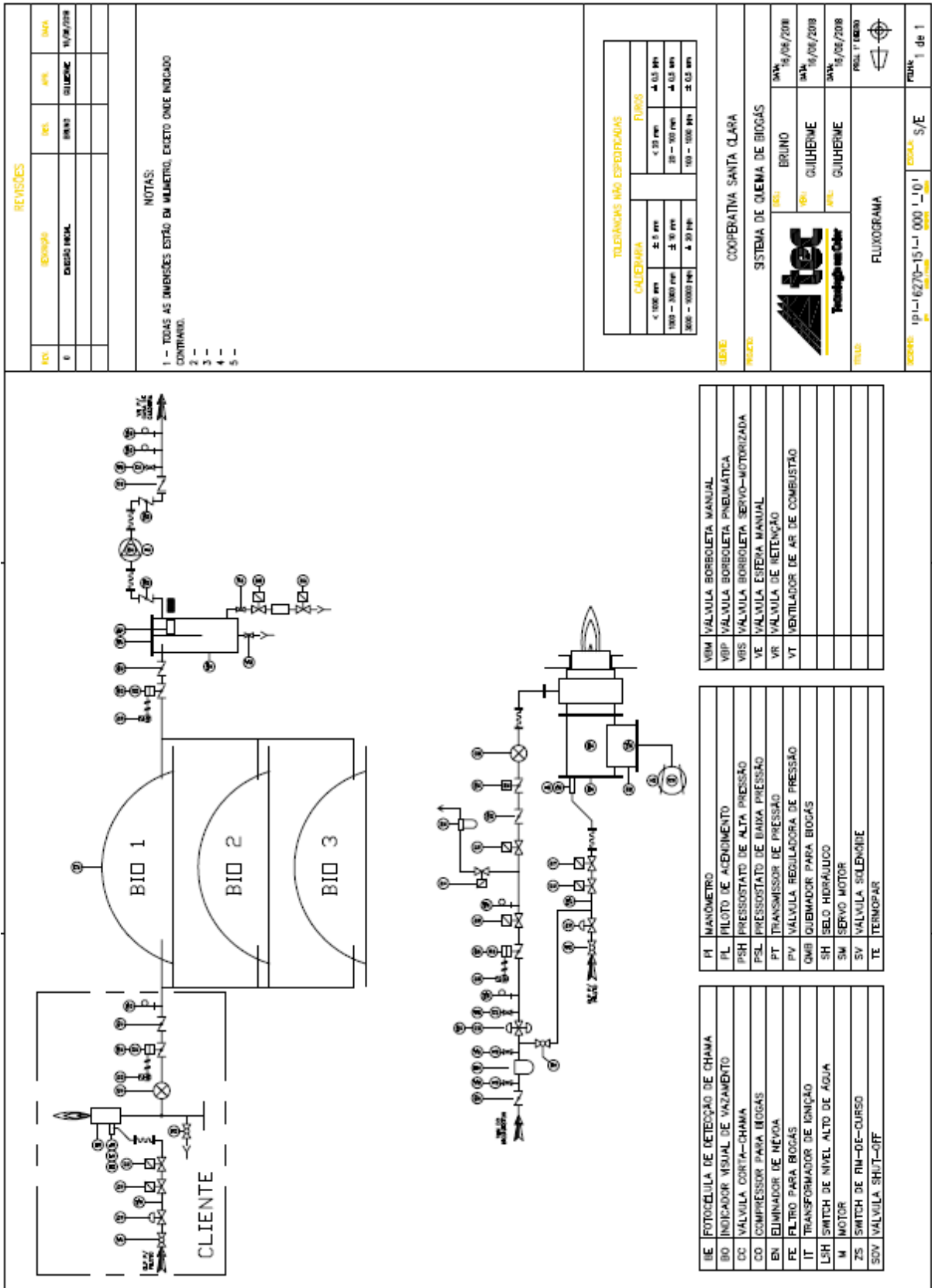
SANTOS, J. H. T. **Avaliação de um Sistema de Aquecimento do Substrato na Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Suínos**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2004.

SOUZA, C. F.; JÚNIOR, J. D. L.; FERREIRA, W. P. M. **Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Suínos sob Efeito de Três Temperaturas e Dois Níveis de Agitação do Substrato**. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Campus de Jaboticabal – SP, 2005.

SOUZA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F. **Enciclopédia agrícola brasileira**, v. 1, 508 p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. EDUSP, São Paulo – SP, 1995.

TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA. **Tabela poder calorífico inferior**. Tatuapé. São Paulo, 2018.

ANEXO A – PROJETO SISTEMA DE COMBUSTÃO DE BIOGÁS 290 M³/H



REVISÕES

IC	EXEMPLO	REVISÃO	FEITO POR	DATA
0	DESCRIÇÃO INICIAL		GUILHERME	16/06/2018

NOTAS:

- 1 - TODAS AS DIMENSÕES ESTÃO EM MILÍMETRO, EXCETO ONDE INDICADO CONTRÁRIO.
- 2 -
- 3 -
- 4 -
- 5 -

TOLENCIAS NÃO ESPERIFICADAS

VALVULAS	TOLERÂNCIAS
VALVULAS	± 0,10 mm
VALVULAS	± 0,15 mm
VALVULAS	± 0,20 mm
VALVULAS	± 0,25 mm

CLIENTE: COOPERATIVA SANTA CLARA

PROJETO: SISTEMA DE QUEIMA DE BIOGÁS

PROJETO	PROJETA	DATA
	BRUNO	16/06/2018
	GUILHERME	16/06/2018
	GUILHERME	16/06/2018

PROJETO: FLUXOGRAMA

PROJETO	PROJETA	DATA
ip-1-16270-15-1-1-0-1	BRUNO	16/06/2018

VIM VALVULA BORBOLETA MANUAL
VIP VALVULA BORBOLETA PNEUMÁTICA
VRS VALVULA BORBOLETA SERVO-MOTORIZADA
VE VALVULA ESTREIA MANUAL
VR VALVULA DE RETENÇÃO
VT VENTILADOR DE AR DE COMBUSTÃO

PI MANÔMETRO
PL MILETO DE ACRÉSCIMO
PSH PRESSOSTATO DE ALTA PRESSÃO
PSL PRESSOSTATO DE BAIXA PRESSÃO
PT TRANSMISSOR DE PRESSÃO
PV VALVULA REGULADORA DE PRESSÃO
QMB QUEIMADOR PARA BIOGÁS
SH SELO HIDRÁULICO
SM SERVO MOTOR
SV VALVULA SOLENOIDE
TE TERMOPAR

FE FOTOCÉLULA DE DETECÇÃO DE CHAMA
BI INDICADOR VISUAL DE VAZAMENTO
CC VALVULA CORTA-CHAMA
CO COMPRESSOR PARA BIOGÁS
EN ELIMINADOR DE NEVOA
FE FILTRO PARA BIOGÁS
IT TRANSFORMADOR DE IGNIÇÃO
LSH SWITCH DE NIVEL ALTO DE AGUA
M MOTOR
ZS SWITCH DE RIN-DE-CURSO
SOV VALVULA SHUT-OFF

ANEXO B – SISTEMA DE COMBUSTÃO DE BIOGÁS 290 M³/H

TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA
 Rua José Epaminondas de Oliveira, 144
 Tatuapé - São Paulo - SP - 03072.080
 T. | 11 | 2941.3454
 www.teccalor.com.br

ATENDIMENTO

CONTATO Eng^o JAMES MAKOTO KOHATSU
 TELEFONE | 11 | 2941-3454 – ramal 123
 CELULAR | 11 | 9 6859-3731
 E-MAIL james@teccalor.com.br

CLIENTE

EMPRESA COOPERATIVA SANTA CLARA LTDA
 CIDADE / UF Carlos Barbosa / RS
 CONTATO Sr. Pedro Henrique Jung
 TELEFONE | 54 | 3461-8300 / | 54 | 99909-8829
 E-MAIL pedro.jung@coopsantaclara.com.br

PROPOSTA

PROPOSTA Nº 6.270-18 REVISÃO 01 DATA 26/06/2018
 REFERÊNCIA SISTEMA DE COMBUSTÃO PARA BIOGÁS EM CALDEIRA COM FORNALHA A LENHA – VAZÃO 290 m³/h

ITEM	QTDE	PRODUTO	MODELO	CAPACIDADE	FABRICANTE
01	01	Sistema de tratamento e bombeamento de biogás	"UCB-300"	300 m ³ /h	TEC CALOR
02	01	Sistema de combustão tipo duobloco	"AV-200"	2.000.000 kcal/h	TEC CALOR

- Esta proposta tem como objetivo a compressão do biogás gerado na estação de tratamento de efluente, tratá-lo e transportá-lo de forma que possa ser queimado com eficiência em Caldeira geradora de vapor.
 - O sistema de queima de biogás opera automaticamente.
 - Basicamente, esse sistema é composto por 02 módulos, contendo:
 1. Sistema de tratamento e bombeamento de biogás para alimentação do Sistema de Combustão.
 2. Sistema de combustão tipo Duobloco para aproveitamento energético do biogás na Caldeira com fornalha à lenha.
- 1. SISTEMA DE TRATAMENTO E BOMBEAMENTO DE BIOGÁS PARA ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÃO**
- O conjunto de captação é simples e robusto, constituído por um *booster* acionado por motor elétrico e comandado por pressostatos, que ajusta a pressão interna da rede em função da quantidade de Biogás disponibilizado para a queima.
 - O conjunto é constituído basicamente por painel de comando elétrico, sistema de segurança por *sobre-pressão*, controle por pressostatos, além de válvulas atuadas automaticamente através de ar comprimido quando o *booster* estiver inoperante, ou o volume do gás se tornar excessivo.
- 2. SISTEMA DE COMBUSTÃO TIPO DUOBLOCO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS EM CALDEIRA COM FORNALHA À LENHA**
- O queimador é projetado e desenvolvido especificamente para o ponto de consumo, sempre considerando que o atual sistema não perca suas características originais, já que o excesso de ar é mínimo.
 - A finalidade do sistema não é incinerar o gás e sim queimá-lo, agregando de forma eficiente toda a energia disponibilizada do biogás.
 - Todo nosso sistema de combustão a gás atende rigorosamente a norma **ABNT 12.313**, (sistema de combustão, controle e segurança para utilização de gases combustíveis em processos de baixa e alta temperatura) edição 09/00.

Com isso podemos assegurar eficiência operacional, segurança e grande relação de custo/benefício.

DADOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS (VALORES INFORMADOS PELO CLIENTE)

*CH ₄	55%
*O ₂	NÃO INFORMADO
*CO ₂	NÃO INFORMADO
*H ₂ S.....	NÃO INFORMADO
Densidade relativa.....	NÃO INFORMADO
*Vazão disponível (máxima).....	290 m ³ /h
*P.C.I. (Poder Calorífico Inferior).....	5.500 kcal/m ³ (Estimado)
*Pressão disponível de Biogás.....	NÃO INFORMADO
Carga térmica gerada pelo Biogás.....	1.595.000 kcal/h
Produção equivalente de vapor gerado (Água a 20 °C).....	2.492 kg/h
Entalpia considerada.....	640 kcal/kg

CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO

Equipamento.....	CALDEIRA GERADORA DE VAPOR
Tipo construtivo.....	FLAMOTUBULAR
Fabricante.....	H. BREMER
Modelo.....	SÉRIE 701 – ANO1986
Produção de vapor (Água a 20 °C).....	12.000 kg/h
*Pressão de trabalho.....	NÃO INFORMADO
*Tensão comando.....	220 V - 3φ - 60 Hz
*Tensão Motriz.....	380 V - 3φ - 60 Hz

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO QUEIMADOR

Fabricante.....	TEC CALOR
Modelo.....	"AV-200"
Tipo construtivo.....	DUOBLOCO
Liberção de calor (máxima).....	2.000.000 kcal/h
Atuação ou controle.....	MODULANTE (PONTO A PONTO)
Ignição do queimador.....	PILOTO A GÁS
*Tensão comando.....	220 V - 3φ - 60 Hz
*Tensão Motriz.....	380 V - 3φ - 60 Hz

(*) A ser confirmado pelo cliente. Caso não haja nenhuma manifestação contrária, consideraremos aceitas tais condições.

ESCOPO DE FORNECIMENTO

1. 01 X SISTEMA DE TRATAMENTO E BOMBEAMENTO DE BIOGÁS

- 01 x Unidade de compressão de biogás modelo "UCB-300" com todos acessórios, com vazão de 290 m³/h, contendo:
 - 01 x Sistema pressurizador de gás metano, contendo:
 - Soprador tipo roots, fabricado em ferro fundido cinzento / nodular, com revestimento especial interno para proteção contra corrosão;
 - Base compacta com estiramento automático de correias;
 - Pés com amortecedores e chumbadores;
 - Flexíveis para anti-vibração;
 - Filtro com elemento em polyester, válvula quebra vácuo, juntas flexíveis;
 - Motor elétrico trifásico;
 - Inversor de frequência para acionamento do soprador através de sinal dos transmissores de pressão.



FOTOILUSTRATIVA



TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA
 Rua José Epaminondas de Oliveira, 144
 Tatuapé - São Paulo - SP - 03072.080
 T. | 11 | 2941.3454
 www.teccalor.com.br

- 01 x Decantador inercial de umidade, contendo:
 - Selo Hidráulico;
 - Chicanas internas;
 - Filtro eliminador de névoa;
 - Conjunto de descarga de fundo com válvula solenoide, purgador e acessórios;
 - Válvula de esfera para by-pass da descarga de fundo;
 - Chaves de nível;
 - Sistema para dreno automático (02 pontos a serem definidos).
- 01 x Transmissor de pressão para monitoração, controle e segurança do Biodigestor;
- 02 x Válvulas de bloqueio manual tipo borboleta com acionamento por alavanca;
- 01 x Válvula de bloqueio automático tipo borboleta, com acionamento através de atuador pneumático on-off, retorno por mola, com sistema fim de curso e válvula solenoide acoplados e sistema by-pass par queima no Flare;
- 01 x Moto-compressor para alimentação do atuador pneumático das válvulas de bloqueio;
- 01 x Válvula de retenção;
- 01 x Manômetro com registro.

2. 01 X SISTEMA DE COMBUSTÃO TIPO DUOBLOCO

- 01 x Queimador tipo Duobloco modelo "AV-200" com todos acessórios para instalação na Caldeira, próprio para a combustão de Biogás, com capacidade térmica de 2.000.000 kcal/h e queima de 290 m³/h, propiciando uma combustão completa com baixo excesso de ar, contendo:
 - Flange de fixação;
 - Lança de gás com bicos distribuidores;
 - Sistema de mistura gás/ar com dispositivo regulável;
 - Damper de ar ativado por servo motor;
 - Ventilador para ar de combustão, completo com base, acoplamento e motor.
- 01 x Linha de admissão e segurança de gás, pré-montada e testada conforme norma NBR 12.313, contendo:
 - Válvula de bloqueio manual;
 - Manômetros com registro, mostrador de Ø 4";
 - Filtro para proteção das válvulas do sistema;
 - Válvula reguladora de pressão com válvulas shut-off e alívio incorporadas;
 - Pressostato para máxima de gás;
 - Válvulas de bloqueio automático NF, tipo solenoide, classe 1 – 220 V;
 - Válvula de bloqueio automático NA, tipo solenoide, classe 1 – 220 V;
 - Indicador visual de vazamentos tipo Borbulhador;
 - Válvula de bloqueio de gás com acionamento pneumático;
 - Válvula corta chama;
 - Válvula de bloqueio manual;
 - Tubo flexível para gás com MF/FG (anti-vibração / ajuste mecânico);
 - Válvula de modulação.
- 01 x Pannel de comando e força motriz, próprio para o sistema de combustão de biogás com seus respectivos acessórios, será montado ao lado da Caldeira com todos os comandos do sistema de combustão de biogás para interligação com o painel principal, que será disponibilizado todos os sinais em régua de bornes com as devidas identificações, para os seguintes comandos:

SISTEMA DE COMANDO

- Booster em operação;
- Baixa vazão de gás;
- Pannel energizado.

SISTEMA DE PROTEÇÃO

- Motor do booster;





TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA
 Rua José Epaminondas de Oliveira, 144
 Tatuapé - São Paulo - SP - 03072.080
 T. | 11 | 2941.3454
 www.teccalor.com.br

- Inversor de frequência;
- Controlador de pressão do Biodigestor.

SERVIÇO DE CAMPO

“SUPERVISÃO” DA MONTAGEM ELETROMECÂNICA, CONTENDO:

- Localização da instalação: *Carlos Barbosa / RS*;
- Despesas com deslocamentos / refeições / hospedagens são de responsabilidade do **CLIENTE**;
- 01 x Avaliação do sistema atual, contendo:
 - Iniciaremos nossas atividades com a medição completa dos fumos, utilizando instrumentação analítica eletrônica na capacidade máxima do equipamento, medindo os teores de CO₂, O₂, CO, temperatura da câmara de reversão e chaminé bem como avaliação preliminar mecânica, podendo assim confirmar as condições operacionais atuais do equipamento, garantindo desta forma o fornecimento mínimo das mesmas condições operacionais.
- 01 x Mão de obra técnica especializada para a “*Supervisão da Montagem*”, contendo:
 - Estamos prevendo a “Supervisão” da montagem e dos serviços abaixo relacionados por até 10 (dez) dias, períodos excedentes (ocasionados por motivos alheios aos nossos trabalhos) terão todos os custos repassados conforme nossa Tabela de Assistência Técnica.
 - Levantamento no campo de todos os dados a serem utilizados no projeto;
 - Supervisão da montagem do Sistema de Tratamento e Bombeamento de Biogás (posicionamento e fixação), a movimentação e içamento do Sistema de bombeamento é responsabilidade do **CLIENTE**;
 - Supervisão da montagem eletromecânica, do skid de bombeamento à rede de biogás considerando-se uma distância linear de no máximo 1.000 mm, e da rede elétrica dentro do limite da sala do skid de bombeamento;
 - Supervisão da montagem da rampa de gás (cavalete) e do queimador, admitindo-se uma distância linear de no máximo 1.000 mm do ponto de fornecimento de biogás (que será definida em visita *in loco* após fechamento do contrato);
- 01 x Comissionamento, testes e posta em marcha (start-up);
- 01 x Treinamento dos operadores com emissão de um certificado de habilitação.

NOTAS

- Não estamos prevendo o atendimento de qualquer tipo de especificação técnica para a elaboração desta proposta. Todos os equipamentos e serviços serão fornecidos no padrão **TEC CALOR**, caso haja necessidade de atender quaisquer especificações a mesma deverá ser reavaliada;
- Não estamos prevendo o fornecimento de técnico de segurança para acompanhamento da obra;
- Caso haja necessidade de algum tipo de EPI especial (máscaras de ar mandado, ventilação forçada, roupas especiais, equipamentos especiais para adentrar a caldeira, etc...), além de capacete, óculos de segurança, avental para soldador, máscara respiratória convencional, protetor auricular, bota de proteção, será de responsabilidade do cliente o fornecimento dos mesmos;
- O horário de trabalho de nossa equipe é de 2ª a 6ª feiras, das 8:00 às 17:30 hs. Eventuais necessidades do cliente, para trabalho fora deste horário envolverão custos adicionais de encargos conforme lei;
- Estão inclusos em nossos preços os custos relativos à mão de obra para montagem e partida do equipamento pelo período de **10 (dez) dias**. Períodos excedentes atribuídos a necessidades do **CLIENTE** deverão ser solicitados ao nosso “*Departamento de Assistência Técnica*” e serão cobrados conforme tabela vigente na ocasião;
- Serão consideradas horas trabalhadas todo o tempo empregado para integração, treinamento ou espera de qualquer natureza;
- A **TEC CALOR** poderá terceirizar os serviços se achar conveniente. O serviço terceirizado será de inteira responsabilidade da **TEC CALOR**;
- Neste período todas as despesas inerentes a deslocamentos, hospedagens e refeições do nosso pessoal correrão por conta do **CLIENTE**.

RESPONSABILIDADES DO CLIENTE

- Disponibilizar o uso de refeitório local;
- Disponibilizar a utilização dos sanitários existentes na unidade;
- Fornecer todas as informações necessárias disponíveis para que a **TEC CALOR** concretize o OBJETIVO do escopo contratado;



TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA
 Rua José Epaminondas de Oliveira, 144
 Tatuapé - São Paulo - SP - 03072.080
 T. | 11 | 2941.3454
www.teccalor.com.br

- Definir e realizar, durante a implantação do escopo contratado, as paradas de setores da Fábrica para que a **TEC CALOR** possa realizar os serviços que interfiram com a produção, como as derivações autorizadas das tubulações de utilidades e produtos, alimentação de energia elétrica e interligações das instalações existentes com as novas;
- Descarregamento e movimentação de todos os equipamentos que fazem parte do escopo;
- Rede interna de biogás interligando os Reatores / Biodigestores, a Central de gás e a sala de Caldeira, disponibilizada em até 1.000 mm de distância de cada equipamento (Local de instalação a ser definido pelo **CLIENTE**);
- Todo cabeamento elétrico de comando e força, montados em canaletas e disponibilizados em até 1.000 mm das salas do skid de bombeamento e da caldeira (Locais de instalação a serem definidos pelo **CLIENTE**);
- Fornecer todos os materiais que ficarão fisicamente incorporados a obra;
- Fornecer andaime tubular, caso necessário;
- Fornecer caminhão munck, ou guindaste, ou similar para içamentos previstos e equipe especializada em remoções e movimentações para montagem do skid de bombeamento e queimador;
- Pontos de energia elétrica 220 V trifásica no local da instalação;
- Local coberto e fechado para instalação de oficina de pré-fabricação e guarda de ferramentas;
- Fiscalizar e aprovar a qualidade dos serviços prestados pela contratada;
- Projetar e executar toda e qualquer obra civil;
- Fornecer caçambas para descartes nas proximidades da obra e a remoção das mesmas – Bota Fora.

DOCUMENTAÇÃO

- Serão fornecidos em arquivo eletrônico os seguintes documentos:
 - Esquema elétrico;
 - Diagrama unifilar e funcional do painel;
 - Instruções de operações com procedimentos referentes a defeitos, possíveis causas e suas correções.

PEÇAS SOBRESSALENTES

- A lista de Peças Sobressalentes será fornecida após a colocação do pedido de compra, e com a definição do escopo de fornecimento.

EXCLUSÃO DE FORNECIMENTO

- Queimador tipo Flare completo com sistema de automação, para a segurança do biodigestor;
- Fornecimento de todo material e mão de obra para execução dos serviços de instalação eletromecânica em campo;
- Fornecimento de todas as despesas com deslocamentos, refeições e hospedagem no período contratado para o serviço;
- Rede interna de biogás (entre os Biodigestores / sistema de bombeamento / linha de admissão e segurança);
- Fornecer e instalar pára-raios;
- Válvulas de alívio e quebra vácuo;
- CLP dos sistemas bem como a sua configuração;
- Peças de reposição para 02 anos de operação;
- Reparo / revisão de componentes que não estejam listados nesta proposta;
- Transporte, descarga e movimentação dos equipamentos na obra;
- Caminhão munck ou similar para içamento e posicionamento do Sistema de Tratamento e Bombeamento e do Flare nas bases, caso necessário;
- Projeto e construção de engenharia civil (bases e outras obras);
- Peças Sobressalentes (será apresentada a lista após definida a instalação);
- Lucros cessantes;
- E outros não especificados claramente nesta proposta.



TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA
 Rua José Epaminondas de Oliveira, 144
 Tatuapé - São Paulo - SP - 03072.080
 T. | 11 | 2941.3454
 www.teccalor.com.br

VALORES

ITEM	PRODUTO	QTDE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
01	SISTEMA DE TRATAMENTO E BOMBAMENTO DE BIOGÁS MODELO "UCB-300"	01	R\$ 332.000,00	R\$ 332.000,00
02	SISTEMA DE COMBUSTÃO DUOBLOCO - "AV-150"	01	R\$ 131.000,00	R\$ 131.000,00
03	SERVIÇO DE CAMPO (DIÁRIA DE TÉCNICO PARA "SUPERVISÃO" DA INSTALAÇÃO)	10	R\$ 1.250,00	R\$ 12.500,00
			TOTAL GERAL	R\$ 475.500,00

IMPOSTOS

I.C.M.S. : O mesmo está incluso nos preços, cuja alíquota corresponde a 12,0 % (doze por cento) com base de cálculo reduzida para 8,8 % (oito inteiros e oito décimos por cento)
 I.P.I. : 0,0 % a incluir
 I.S.S. : A incluir - Conforme alíquota vigente no município do tomador do serviço
 N.C.M. : 8416.20.10

CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO

PRAZO DE ENTREGA : Equipamento: 150 dias após o recebimento do pedido de compra em nossa fábrica
 Montagem: 10 dias após o recebimento do pedido de compra em nossa fábrica
 FORMA DE PAGAMENTO : ✓ A combinar
 TRANSPORTE : FOB – Posto nossa fábrica no Tatuapé – São Paulo / SP
 EMBALAGEM : Padrão TEC CALOR
 REAJUSTE DE PREÇOS : Valores fixos e irrecorríveis dentro do prazo de validade da proposta
 VALIDADE DA PROPOSTA : 10 (dez) dias a contar da data de elaboração

GARANTIA

- A TEC CALOR, responde pela qualidade de seus produtos e garante os mesmos pelo período de 12 (doze) meses após o início de operação ou 18 (dezoito) meses após a data de faturamento do equipamento, prevalecendo o que primeiro ocorrer;
- A garantia somente será válida se o equipamento trabalhar dentro das condições normais de operação e se as instruções de uso informadas em nossos manuais forem seguidas. A mesma não cobre avarias no transporte, armazenamento inadequado pelo usuário, instalação e/ou manuseio inadequado, danos causados por corrosão e elementos variáveis fora da especificação do equipamento (Ex.: variação de tensão ou corrente elétrica);
- A instalação deve ser abrigada e protegida contra intempéries;
- A TEC reserva o direito de selecionar de acordo com sua experiência, a opção mais adequada para acessórios, componentes e materiais de subfornecedores, salvo aqueles explicitamente indicados no contrato ou pedido do CLIENTE, para os quais fica a garantia de eficiência;
- Os componentes eletroeletrônicos terão a garantia padrão, de acordo com cada fabricante;
- Durante este período a TEC recolocará (posto nossa fábrica) parte do equipamento que comprovadamente apresente defeitos;
- Em qualquer hipótese as despesas com deslocamento, hospedagem e refeição de nossos técnicos correrão diretamente por conta do CLIENTE. Quando não, serão fornecidas pela TEC CALOR e cobradas posteriormente, acrescidas de taxa de administração de 10 %;
- Expirado o prazo de garantia, serão praticados os preços de "Assistência Técnica" conforme tabela TECCALOR.



TEC TECNOLOGIA EM CALOR LTDA
Rua José Epaminondas de Oliveira, 144
Tatuapé - São Paulo - SP - 03072.080
T. | 11 | 2941.3454
www.teccalor.com.br

PEÇAS E ASSISTÊNCIA TÉCNICA

- O departamento de peças, serviços e assistência técnica está à disposição para atendê-lo em qualquer parte do país. Com mão-de-obra técnica especializada, a **TEC CALOR** disponibiliza mão de obra e/ou peças de reposição para seus produtos ou qualquer equipamento importado ou fora de linha.
- Contate-nos em |11| 2941-3454

Atenciosamente,

ENGº JAMES MAKOTO KOHATSU
DEPTO. TÉCNICO / COMERCIAL

ANEXO C – PROPOSTA GRUPO GERADOR À BIOGÁS CHP400W

1



PROPOSTA DE FORNECIMENTO

CHPRSGBG100218_revA

Rio de Janeiro, 22 de novembro de 2018.

À



**O PURO
SABOR DA
SERRA**

Glademir Luiz Mecca
Cooperativa Santa Clara Ltda.
Frigorífico
Fone: (54) 3461-8347 Ramal: 347
Site: www.coopsantaclara.com.br

Referência: Frigorífico Santa Clara

SOBRE A CHP BRASIL:

A CHP Brasil é uma empresa brasileira de base tecnológica, que foi constituída com objetivo de oferecer produtos para geração de energia com fontes alternativas, menos poluentes, atendendo a necessidade de residências até as grandes empresas, que visam economia de energia, geração contínua para comercialização de energia ou simplesmente ter equipamentos de emergência.

A empresa surgiu focada em seu principal produto, os grupos geradores a gás. Em 2004, com apoio da FINEP foi estudado e desenvolvido o nosso primeiro gerador a biogás, o qual foi empregado em uma Estação de Tratamento de Esgoto no Rio de Janeiro.

Atualmente, a CHP Brasil tem como um de seus valores a busca constante na produção de produtos inovadores e sustentáveis, que aumentem a eficiência energética tanto na geração como no uso da energia, reduzindo emissão de poluentes.

Valores: Ética, Justiça, Força, Criatividade, Solidariedade, Responsabilidade e Crescimento.

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



Ref.: GRUPO GERADOR A BIOGÁS CHP BRASIL

ESCOPO DE FORNECIMENTO

Um (01 unidades) Grupo Gerador a **BIOGÁS**, para Operação em horário contínuo, com as seguintes características:

MODELO	CHP400W – BIOGÁS
Potência Emergência	(400KVA / 320 KW)
Potência Principal	(345 KVA / 276 KW)
Potência Contínua	(312 KVA / 250 KW)
Tensão Alimentação	380 Vca
Frequência	60 Hz
Dimensões – Modelo Industrial	3,20m x 1,10 x 2,00m = 3.200 Kg
MOTOR À GÁS	
Procedência / Marca	Brasil/ CHP400.6C.12L
Modelo	CHP400.UGB
Ciclo	4 tempos
Nº de cilindros	6 cilindros em linha
Indução	Turbo Alimentado
Partida elétrica Motor de arranque	24 Vcc
Regulador velocidade	Eletrônico
Combustível	BIOGÁS
Pré-aquecimento	Através de resistências intercaladas no circuito de água.
Arrefecimento	Radiador com ventilador no eixo
Lubrificação	Forçada por engrenagem / Filtro substituível
GERADOR SÍNCRONO	
Excitação	WEG
Mancais	Brushless
Proteção mecânica	1 (single-bearing)
Refrigeração	IP-21/ABNT
Fator de potência	Auto ventilado ventilador montado no eixo
Acoplamento	0,8 indutivo
Nº de pólos / fases	Discos Flexíveis
Regulagem de Tensão	4 pólos / 3 fases
Classe de Isolação	± 1,0 %
Distorção harmônica total em vazio	Elevação de temperatura H
Enrolamento do estator com passo encurtado em 2/3	inferior a 5,0 %

ACESSÓRIOS QUE ACOMPANHAM CADA EQUIPAMENTO

- Controle Eletrônico de rotação e ignição e de mistura ar/combustível;
- Silenciador Industrial Hospitalar para saída do escapamento;
- Curva 90°C em aço para exaustão do motor;
- Junta Flexível em axo inoxidável;
- 02 Baterias chumbo-ácida 12 Vcc;
- Cabos com terminais de bateria;
- Amortecimento anti-vibratório entre base e motor/gerador;
- Válvula reguladora de pressão de entrada de gás;
- Manômetro de pressão de gás;
- Solenóide de corte de gás;
- Manuais técnicos;

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



www.chpbrasil.com.br

Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



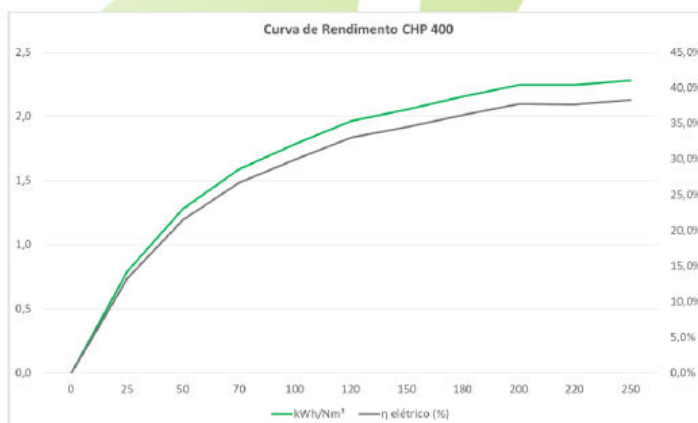
ESCOPO DE FORNECIMENTO E SERVIÇOS ADICIONAIS INCLUSOS NO PROJETO CHP

- Quadro de Transferência Automática e proteção do gerador, habilitado para operação em paralelismo com a rede e emergência, contendo módulo de controle microprocessado para paralelismo com a rede, botão de emergência, chave seletora de operações, mini disjuntores de proteção do comando, barramento de corrente contínua, relés de comando, bornes de interligações, barramento de ponto de aterramento, disjuntores de potência de 630A motorizados, barramento de potência para as fases, neutro e terra, montados em um gabinete metálico.
- Sistema Awite de análise e dessulfurização do biogás.
- Comissionamento e startup da equipe da CHP contemplando ajustes e teste com funcionamento real do equipamento até constatação de perfeitas condições de operação.

OBSERVAÇÕES:

- Não estão inclusos quaisquer itens não informados acima;
- Não incluso fornecimento de mão de obra e materiais para instalação do equipamento em campo;
- Não incluso homologação com a concessionária local, bem como modificações na subestação primária do cliente;
- O frete e a remoção do equipamento deverão ser faturados diretamente com a empresa responsável;
- Alguns equipamentos periféricos deverão ser comprados diretamente com os respectivos fornecedores, conforme informado no Anexo I desta proposta.

CURVA DE RENDIMENTO DO CHP400 COM BIOGÁS A 64% DE CH₄



INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

FABRICAÇÃO:

- Grupos Geradores completos, projetados e construídos em acordo com as mais exigentes normas mundiais de qualidade.

SISTEMA DE MONTAGEM:

- Base resistente em aço.
- Coxins intermediários para assegurar o isolamento de vibração.
- Acoplamento do motor com o gerador feito por disco flexível.

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



SISTEMA DE ARREFECIMENTO:

- Temperatura ambiente padrão de até 47° C (117° F)
- Ventilador, acionador do ventilador e alternador protegidos
- Inibidor de corrosão

REGULADOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO:

- Regulagem de tensão $\pm 1,0\%$.
- Possibilita rápida recuperação de variações das cargas transitórias

ACABAMENTO DO EQUIPAMENTO:

- Todo o equipamento eletro galvanizado
- Tinta de proteção anticorrosiva
- Tinta de poliuretano, durável e resistente a arranhões

DOCUMENTAÇÃO:

- Manuais de operação e manutenção. Fornecimento de todos os Diagramas Elétricos e Desenhos Mecânicos. Os desenhos são completos de forma que permitem qualquer tipo de Manutenção Preventiva e Corretiva nos Grupos Geradores.

REGIMES DE POTÊNCIAS, SEGUNDO A ISO 8528:

- **Emergência (stand-by):** Grupos geradores classificados neste regime são disponíveis para suprimento de energia por todo tempo de duração da falta da rede comercial. Não admite sobrecarga. Este regime deve ser utilizado em locais supridos por rede comercial confiável. Grupos geradores classificados neste regime são dimensionados para operar com cargas variáveis por um período de até 300 horas/ano, respeitando-se os intervalos de manutenção determinados pelos fabricantes.
- **Principal (prime):** Grupos geradores classificados neste regime são disponíveis para acionamento de cargas variáveis por um período de até 1.000 horas/ano, respeitando-se os intervalos de manutenção determinados pelos fabricantes. São indicados para uso em situações onde as faltas de energia da rede comercial são programadas, tais como horários de ponta. Neste regime não há necessidade de reserva de potência ou potência de sobrecarga.
- **Contínua (base-power):** Grupos geradores classificados neste regime são disponíveis para acionamento de cargas constantes por um período ilimitado de tempo, respeitando-se os intervalos de manutenção determinados pelos fabricantes. Neste regime não há necessidade de reserva de potência ou ou potência de sobrecarga

MODELO Gasanalyser AwIFLEX Cool+
Dimensão 564mm x 700mm x 268mm

SENSORES

- Sensores de Medição de CH₄, CO₂, O₂, H₂S (0-5000ppm)

PONTOS DE AMOSTRAGEM

- Serão instalados três pontos de injeção de ar e quatro pontos de medições de CH₄, CO₂, O₂ e H₂S (0 < p < 20mbar).

INTERFACE DE DADOS

- Ethernet (Modbus TCP e/ou acesso remoto)

PACOTE DE DESSULFURIZAÇÃO PARA ATÉ 200m³/h BIOGÁS

- Três pontos de entrada de ar (Biodigestor 1, Biodigestor 2, Biodigestor 3)

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



www.chpbrasil.com.br

Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



DEMAIS CONDIÇÕES COMERCIAIS

ENTREGA TÉCNICA E GARANTIAS:

- O primeiro funcionamento em campo deverá ser efetuado por nossa equipe ou por um técnico credenciado, para validação da garantia do equipamento.
- Base de atendimento: Criciúma - SC.
- Para realização de entrega técnica e atendimentos em garantia, em horário comercial, as despesas de deslocamento, estadia e alimentação, para um raio de atendimento superior a 50 km da base de atendimento, correrão por conta do (a) Comprador (a).
- A necessidade de execução da Entrega Técnica em horário extraordinário (após 18h), em finais de semana (sábado e domingo) ou em feriados poderá acarretar em cobranças adicionais.
- Para a realização da Entrega Técnica o Cliente deverá disponibilizar todos os itens necessários à operacionalidade do equipamento, tais como: óleo lubrificante, líquido de arrefecimento, carga para testes, etc. Além disso, o mesmo deverá prover condições ambientais, organização e acesso, que permitam o bom andamento do serviço, em condições adequadas de segurança.
- Caso a Entrega Técnica NÃO seja realizada, com exclusividade, pela CHP BRASIL ou por seus credenciados, o Cliente estará sujeito à perda da garantia contratual. Demais condições estão expressas no termo de garantia que acompanha o Manual de Operação.

A não execução da Entrega Técnica conforme data e horário estabelecidos, por motivos alheios à CHP BRASIL, poderá acarretar em cobranças adicionais.

A presente proposta de fornecimento limita-se aos itens nela descritos. Serão de responsabilidade do Cliente eventuais custos adicionais para adequações solicitadas pela Concessionária de Energia, Órgãos Reguladores ou obras civis.

- Os eventuais atendimentos em Garantia serão executados por técnico(s) especializado(s) CHP BRASIL, em visita a ser realizada em dias úteis (de segunda a sexta-feira), em horário comercial (das 8h às 18h), mediante agendamento prévio.
- A necessidade de atendimento em Garantia em horário extraordinário (após 18h), em finais de semana (sábado e domingo) ou em feriados poderá acarretar em cobranças adicionais.
- A Garantia CHP BRASIL abrange os produtos e serviços objetos do Pedido Comercial, negociado a partir desta proposta. Não estarão cobertos eventuais problemas originados por falha de operação, não realização de manutenções periódicas, armazenamento inadequado, aplicação incorreta e / ou mau uso do(s) equipamento(s), respeitando-se as disposições constantes do Termo de Garantia do equipamento, o qual acompanha o Manual de Operação do Grupo Gerador.

A presente proposta não constitui fornecimento de energia, bem como na eventual indisponibilidade de funcionamento dos equipamentos, a CHP Brasil não retrata nenhuma forma de ressarcimento por perdas e danos e / ou lucros cessantes ao Cliente (Empresa).

Destá forma, as reduções de custos, benefícios e economias auferíveis por vossa empresa pela utilização dos equipamentos de geração alternativa de energia em horário de ponta são variáveis e suas quantificações não fazem parte deste fornecimento.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA:

A CHP BRASIL coloca a sua disposição, na cidade de Rio de Janeiro-RJ, uma equipe técnica altamente especializada com treinamento na fábrica e peças sobressalentes para toda a linha de equipamentos.

GARANTIA:

O prazo de Garantia é de 12 (doze) meses sem limite de horas trabalhadas em Regime Prime (Principal / Horário de Ponta), ou de 2.000 horas em Regime Básico (base power) ou 24 (vinte e quatro) meses, respeitando-se o limite de 500 horas, quando em Regime Stand By (Emergência), em conformidade com a Norma ISO 8528.

NOTAS ADICIONAIS:

- Potência definida pelo Cliente.
- Obras civis por conta do Cliente, que não estão definidas nesta proposta.
- Instalação eletromecânica e de gás são de responsabilidade do cliente.
- Licenças ambientais são responsabilidades do Cliente.
- Toda e qualquer descaracterização visual feita pelo cliente e ou terceiros, nos equipamentos negociados nessa proposta poderão acarretar em perda da garantia.

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



www.chpbrasil.com.br

Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



RESUMO DE PREÇOS:

DESCRIÇÃO	PREÇO UNITÁRIO	QTDE	PREÇO TOTAL
1. EQUIPAMENTOS			
Item 1.1. Grupo Gerador CHP BRASIL, modelo CHP400, automático, industrial, incluindo acessórios acima.	R\$ 430.000,00	1	R\$ 430.000,00
Item 1.2. Quadro com dois disjuntores motorizados, 630A e módulo de controle micro processado	R\$70.338,00	1	R\$70.338,00
Item 1.3. Sistema Awite de dessulfurização	R\$118.976,65	1	R\$118.976,65
Item 1.4. Painel de partida em "black start" para os equipamentos periféricos.	R\$6.500,00	1	R\$6.500,00
SUBTOTAL EQUIPAMENTOS			R\$ 625.814,65
2. SERVIÇOS			
Item 2.1. Comissionamento e startup, considerando até 02 dias de serviço.	R\$8.000,00	1	R\$8.000,00
SUBTOTAL SERVIÇOS			R\$ 8.000,00
INVESTIMENTO TOTAL		R\$ 633.814,65	

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



www.chpbrasil.com.br

Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



IMPOSTOS		Incluso - ICMS 18%	
CONDIÇÕES DE PAGAMENTO	Equipamentos	Parcela	Condições
		50%	Em até 5 dias após assinatura da proposta
		40%	Em até 5 dias após aviso de embarque
	10%	Em até 30 dias após data de embarque	
Serviços	50%	Após data de agendamento do Startup	
	50%	Em até 30 dias após a entrega técnica	
LOCAL DE ENTREGA		FOB - RJ	
PRAZO DE ENTREGA		Em até 90 dias	
DADOS DO FORNECEDOR	Razão Social	CHP BRASIL IND. E COM. DE GERADORES S.A	
	CNPJ:	14.238.231/0001-42	
	Endereço:	Rua Conselheiro Mayrink 360, Jacaré Rio de Janeiro/RJ CEP 20.960-140	
VALIDADE DA PROPOSTA		30 dias	

NOTAS:

- 1) As Especificações Técnicas relativas ao(s) equipamento(s), objeto de nossa proposta, acompanham as orientações e determinações fornecidas por V.Sas.
- 2) Na eventualidade de alterações de alíquota dos impostos ora vigente, para maior ou menos, os preços apresentados serão ajustados a nova realidade tributária.
- 3) **Frete dos geradores por conta do cliente.**

Aprovado em:

_____/_____/_____

Carimbo e ass. do cliente

Cordialmente,

Fábio França
Diretor Executivo
fabio@chpbrasil.com.br
www.chpbrasil.com.br
55 (21) 99249-0741

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



www.chpbrasil.com.br

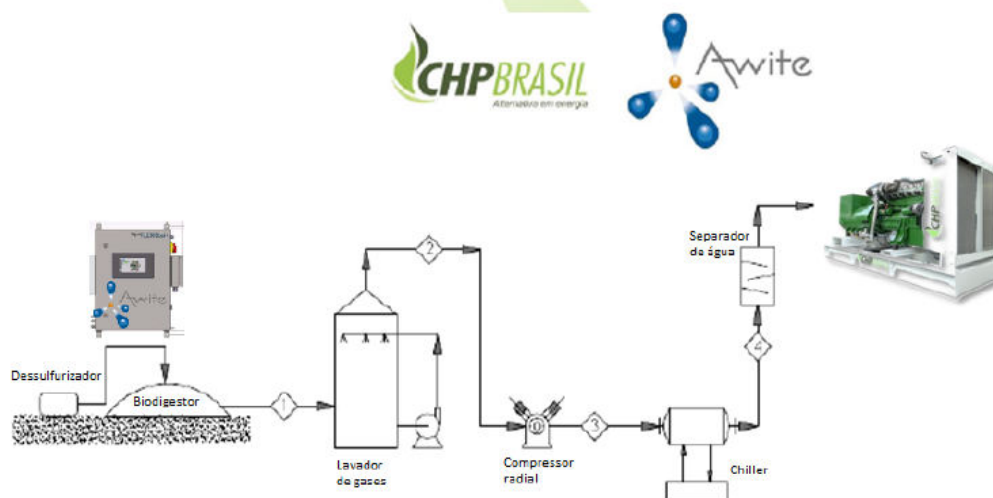
Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680



ANEXO I - SISTEMA DE TRATAMENTO DO BIOGÁS

ILUSTRAÇÃO DO FLUXO DO PROCESSO



ITENS FORA DO ESCOPO DESTA PROPOSTA (COMPRA DIRETO COM O FORNECEDOR)

- 01 Lavador de Gás e separador de água, com valor estimado de R\$ 32.500,00.
- 02 Compressores radiais para biogás, com valor estimado de R\$ 10.453,00 x 2 = R\$ 20.906,00
- 01 Chiller secador para biogás, com valor estimado de R\$ 30.000,00

TOTAL ESTIMADO = R\$ 83.406,00

Sede:
Rua Conselheiro Mayrink, 360 - Jacaré
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 20960-140
Tel.: (21) 2218-2732

Fábrica:
Rua Silva Vale, 910 - Cavalcante
Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21370-360



www.chpbrasil.com.br

Escritórios:
SP: Avenida Paulista, 726 - Conjunto 1707D
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP: 01310-910
Tel.: (11) 3254-7645

SC: Trav. Germano Magrin, 100 / 501 CP 003
Centro - Criciúma - SC - CEP: 88802-090
Tel.: (48) 3045-6680