

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA – IFSC  
CAMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE  
CURSO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA INTEGRADO AO  
ENSINO MÉDIO

ANDRÉ RODRIGUES DA SILVA  
LUIZ HENRIQUE MARTINS PINTO  
RAFAEL AUGUSTO SCHWENGBER

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A  
PARTIR DO SORO DE LEITE EM COMPARAÇÃO AO ESTERCO  
SUÍNO**

São Miguel do Oeste  
2018

ANDRÉ RODRIGUES DA SILVA  
LUIZ HENRIQUE MARTINS PINTO  
RAFAEL AUGUSTO SCHWENGBER

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A  
PARTIR DO SORO DE LEITE EM COMPARAÇÃO AO ESTERCO  
SUÍNO**

Projeto apresentado à unidade curricular Projeto Integrador do Curso Técnico em Agroindústria Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Campus São Miguel do Oeste.

Orientador: Msc. Diego Albino Martins

Coorientador: Msc. Tiago Favero

São Miguel do Oeste

2018

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Composição do Esterco suíno</b>	<b>8</b>
<b>Tabela 2 - Composição do Soro de leite</b>	<b>9</b>
<b>Tabela 3 - Caracterização do soro</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 4 - Resultados amostras</b>	<b>22</b>

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Biodigestor modelo batelada.....	14
Figura 2 - Primeiro Modelo de Biodigestor.....	16
Figura 3 - Biodigestor produzido.....	17
Figura 4 - Câmara BOD.....	18
Figura 5 - Análise de produção de biogás.....	19

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivos	6
1.1.1 Objetivo Geral	6
1.1.2 Objetivos Específicos	6
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>7</b>
2.1 - Contextualização dos resíduos estudados	7
2.1.1 - Esterco Suíno	7
2.1.2 - Soro de leite	8
2.2- Legislação ambiental	9
2.3 Biodigestão Anaeróbia	10
2.4 Biodigestor	11
2.4.1 Biodigestor modelo batelada:	11
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>13</b>
3.1 Materiais	13
3.2 Metodologia	14
3.2.1 - Caracterização	14
3.2.2 - Potencial de Hidrogênio	14
3.2.3 - Densidade	14
3.2.4 - Análise de umidade	14
3.2.5 - Análise de cinzas	15
3.2.6 - Nitrogênio (Método de Kjeldahl)	15
3.2.2 - Confecção do biodigestor	16
3.2.3 - Período de biodigestão	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>20</b>
4.1 Levantamento de custos do sistema	20
4.2 Caracterização da matéria prima	20
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A região oeste de Santa Catarina é uma grande produtora de produtos lácteos, como queijos e seus derivados os quais são produzidos em um grande número de propriedades rurais, com ênfase as pertencentes a agricultura familiar, estas produzem as matérias-primas que são utilizadas pelas pequenas agroindústrias da região, as quais são responsáveis pelo processamento de seus derivados bem como de resíduos que podem ser utilizados na produção do biogás.

Biogás é uma mistura de gases gerados por meio da degradação de uma determinada matéria orgânica por diversas colônias de bactérias, em ambiente anaeróbico. O gás produzido pode ser utilizado para a geração de energia elétrica, mecânica ou térmica. O biogás tem em sua composição como principal componente o gás metano, responsável pelo alto potencial combustível do biogás e também possui uma elevada capacidade como gás de efeito estufa. O gás metano é 21 vezes mais nocivo ao meio ambiente que o gás de efeito estufa (BLEY Jr, 2014).

São poucas as fontes de pesquisas regionais para o desenvolvimento dessas tecnologias, então torna-se latente e evidenciável a necessidade da realização de estudos visando o desenvolvimento de novas tecnologias e formas de produção de biogás com outros resíduos orgânicos e com potencial de geração de energia criando assim uma economia verde, tendo em vista que, sendo uma fonte energética de fácil acesso, é atualmente um potencial desperdiçado pelas pequenas agroindústrias regionais.

O estudo foi conduzido a partir de dois substratos da produção de agroindústrias, sendo estes, o soro de leite e o esterco suíno, tendo o soro menos artigos científicos relacionados e o esterco suíno que possui um referencial teórico maior, a fim de comparar a produção de biogás dos dois. ambos os biodigestores foram construídos de materiais simples, de fácil acesso e de baixo custo, como garrafas pet e torneiras plásticas.

No Brasil, o uso de biodigestores não é propagado devido a pouca pesquisa e pouca divulgação dessa tecnologia, por este motivo o trabalho tem como objetivo realizar uma análise quantitativa da produção de biogás e queima do mesmo.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Realizar análise qualitativa da produção de biogás o qual será produzido de soro de leite em comparação ao produzido pelo esterco suíno.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

-Caracterizar as matérias primas por meio de análises como potencial de hidrogênio, densidade, umidade, cinzas, perda por dessecação;

-Estimar o custo do sistema;

-Produzir biogás por meio de fermentação anaeróbia de soro de leite e esterco suíno;

-Realizar a queima do biogás produzido;

-Comparar produção de Biogás do soro de leite com a do esterco suíno por meio do método de gravimetria.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Contextualização dos resíduos estudados

#### 2.1.1 - Esterco Suíno

A suinocultura é uma das principais atividades econômicas no oeste catarinense concentrando quase 70% do rebanho estadual, segundo dados do IBGE de 2009. Tendo como consequência os grandes impactos gerados pelos dejetos suínos, que acabam contaminando o meio ambiente por falta de tratamento adequado, além de problemas de armazenamento e destino final dos dejetos. (ZANIN, BAGATINI, PESSATTO, 2009)

Atualmente o sistema utilizado para a produção de suínos, com grandes concentrações em pequenas áreas, tem gerado consideráveis quantidades de dejetos. Com isso necessita-se grandes áreas para o tratamento e aproveitamento dos dejetos gerados (OLIVEIRA, 2004).

O esterco suíno é um resíduo proveniente da produção de suínos, pode causar danos ao meio ambiente quando não for tratado adequadamente, e sim, descartado diretamente no meio ambiente, causando agressões ambientais, devido seu descarte inadequado, além de apresentar uma elevada liberação de gás metano (ZANIN, BAGATINI, PESSATTO, 2009).

Constata-se que cada suíno produz cerca de 5,7 a 7,6 L de dejetos por dia, para suínos de 57 a 97 kg. Esta quantidade pode chegar a 10% da massa do animal, se tornando interessante para produção de biogás a partir do esterco suíno, devido a quantidade de resíduo produzida diariamente (SERVRIN-REYSSAC et al., 1995 apud AGONESE, R. A. et al., 2005).

A implantação do sistema de biodigestão, em função do elevado custo é um dos principais interferes para o uso desta tecnologia. Devido ao crescimento da atividade suinícola, observa-se aumento gradativo dos danos ao meio ambiente, devido aos elevados custos para tratamento dos dejetos e principalmente para a implantação do sistema de tratamento, levando a poluição do solo, ar, mananciais e águas, além de causar mau odor (ZANIN, BAGATINI, PESSATTO, 2009).

A composição dos dejetos suínos pode variar de acordo com o manejo dos animais, apresentando a composição média da tabela 1 (PINTO, et al).

Sólidos totais	28,51%
Nitrogênio	0,60%
Fósforo	0,25%
Potássio	0,12%
Umidade	75 a 85%

Tabela 1 - Composição do Esterco suíno

### 2.1.2 - Soro de leite

O soro de leite é o principal subproduto da produção de queijo, que contém grande quantidade de matéria orgânica, este resíduo é tradicionalmente usado para fabricação de suplementos alimentares, ração animal, bebidas lácteas, alimentos funcionais, além de diversos outros produtos ou simplesmente descartado como resíduo industrial (CHENG, 2007 apud ANTONELLI et al., 2016).

O Brasil atualmente é um grande produtor de leite, segundo o IBGE no ano de 2016 constatou uma produção de leite de 33.624.653.000 litros de leite (IBGE, 2018).

O processo industrial de produção de laticínios gera diversos tipos de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, sendo estes resíduos passíveis de causar danos ao meio ambiente. A lei 12305/2010 do Ministério do Meio Ambiente, atualmente impõe que todas as empresas, independentemente do tamanho potencial de produção de poluentes devem fazer o tratamento apropriado e façam a disposição adequada dos resíduos. O método mais racional e economicamente viável para o controle ambiental, que visa uma ação de orientar, corrigir e fiscalizar ações que afetam o meio ambiente, é diminuir a produção dos resíduos através da reciclagem e reutilização dos resíduos gerados, desta forma, diminuindo custos de tratamentos e de disposição final (SILVA, 2011).

A produção de leite no extremo oeste catarinense é de 48 milhões de litros por mês, onde 70% é retirado da região como leite cru e os outros 30% sofre processamento na região (RODRIGUES et al., 2015). O soro de leite é a porção aquosa que se separa da massa durante a fabricação convencional de queijos e que retém cerca de 55% dos nutrientes do leite. Aproximadamente de 85 a 90% do volume

de leite utilizado na fabricação de queijos resulta em soro (KOSIKOWSKI, 1982 apud DE PAULA et al, 2009).

O soro do leite contém proteínas, lactose, minerais (cálcio, fósforo, magnésio, zinco), vitaminas e traços de gordura do leite. A composição dos produtos do soro do leite varia de acordo com a fonte de leite, o tipo de queijo fabricado e o processo de fabricação (SANTIN, 2004). A precipitação de caseína leva à formação de dois tipos de soro de leite: soro ácido (pH = 5), que é obtido após fermentação ou adição de ácidos orgânicos ou minerais; e soro doce (pH = 6 a 7), que é obtido pela adição de enzimas proteolíticas como quimosina. Auteligação de soro ácido poderá resultar em alterações na fermentação, pelo fato do soro ácido inativar as enzimas que fermentarão produzindo o biogás (PANESAR et al., 2007 apud ANTONELLI et al., 2016).

Os resíduos sólidos podem ser divididos em dois grupos principais, referindo-se a sua origem. O primeiro grupo refere-se aos resíduos de escritórios, instalações sanitárias e dos refeitórios da indústria. O segundo grupo, se refere aos resíduos advindos das atividades da produção da fábrica de leite, como embalagens, papelão, plástico, resíduos de sólidos grosseiros, gordura e cinzas de caldeiras. A poluição causada pelos laticínios se dá principalmente pelo descarte inadequado dos efluentes. Em diversos laticínios, o soro do leite acaba por ser descartado de forma inadequada, em conjunto com os demais efluentes e devido ao seu grande potencial poluidor acaba por ser considerado um forte agravante (SILVA, 2011).

Devido aos seus valores nutritivos e a elevada carga orgânica é cerca de cem vezes mais poluidor que os resíduos domésticos, que não podem ser descartados junto com os demais resíduos produzidos pela indústria, onde devem ser conduzidos e captados isoladamente, a fim de possibilitar sua utilização em outros alimentos lácteos ou em outro setor da indústria (SILVA, 2011).

O soro de leite apresenta, acidez titulável de 22 °D, densidade de 1085 g cm<sup>3</sup>, sólidos igual a 18 °BRIX, percentual de extrato seco total em torno de 30,0%, teor de água 70% e pH de 6,4. O soro concentrado apresentou teor de gordura percentual inferior a 4% (DESCONSI et al., 2014).

Sólidos totais	3,84%
Teor de água	96,16%
pH	6,36
Acidez titulável	1,04%

Tabela 2 - Composição soro de leite (SILVEIRA et al.).

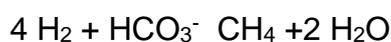
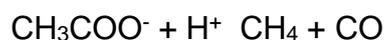
Devido à alta riqueza de matéria orgânica presente no soro de leite, subproduto do leite, existir em grande quantidade no mercado e devido a falta de produtos para o processamento desse subproduto, torna-se interessante o tratamento deste resíduo para a produção de biogás em pequenas agroindústrias, as quais não processaram o mesmo em outros processos devido a impossibilidade de realizar o tratamento e/ou a produção (RUBBO, 2013).

## 2.2 Biodigestão Anaeróbia

O reino dos seres vivos é constituído por três principais grupos: Archaea, Bacteria e Eukarya. Algumas Archaea ou Archaeobacteria, as quais vivem em ambientes como pântanos, sedimentos, depósitos de lixo urbanos, tem como características que as definem a produção do gás metano (CH<sub>4</sub>), substância a qual é conhecida como gás do dos pântanos. Nesses ambientes de escassez de oxigênio ou ausência total do mesmo (ambiente anaeróbio), torna propícia a sua proliferação e produção do metano (LEIGH, 2011).

A metanogênese é um tipo de respiração anaeróbica em que um composto de carbono (como o CO<sub>2</sub>) funciona como aceptor de elétrons. Ela ocorre principalmente na ausência de sulfatos, nitratos, metais oxidados e, em especial, de oxigênio (o processo ocorre quando estes aceptores de elétrons, “mais favoráveis” que o composto de Carbono, estão ausentes).

O metano é produzido seguindo as seguintes equações para bactérias acetotróficas e hidrogenólicas, respectivamente:



## 2.3 Biodigestor

A produção de biogás ocorre com o uso de um equipamento chamado de biodigestor. O biodigestor consiste em uma câmara fechada em que é posto o material orgânico, em solução aquosa, onde passa por decomposição, produzindo o biogás que irá se concentrar na parte superior da câmara. (DEGANUTTI et al., 2012).

Os biodigestores produzem gás, eliminam resíduos não-aproveitáveis e geram fertilidade, por meio da matéria orgânica que após o processo de biodigestão permanece no biodigestor. O biodigestor é uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, tudo isso junto em um mesmo equipamento. Trabalha com todos os tipos de matéria que se decomponha biologicamente sob ação das bactérias anaeróbias. Quase todo resto de animal ou vegetal é biomassa capaz de fornecer biogás através do biodigestor. Resíduos animais são a melhor biomassa pois já contém bactérias e microrganismos dos animais (TURDERA e YURA, 2003).

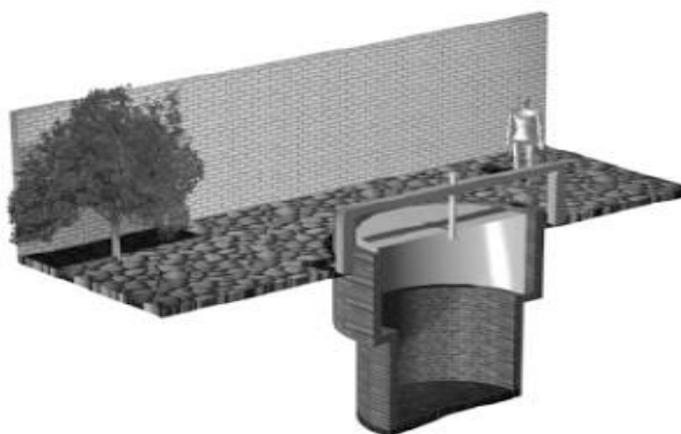
Os biodigestores anaeróbios são como câmeras fechadas, onde é posto o substrato orgânico para ser decomposto na falta de oxigênio e tem como subproduto principal o biogás. Para isso ocorrer, é preciso a ação de diversos micro-organismos, o que pode levar tempos de retenção elevados, para que o substrato adicionado seja decomposto. Um biodigestor é definido como o lugar onde acontece o processo de degradação, transformação ou decomposição de matéria orgânica, na ausência de oxigênio, tendo como produto final o biogás (REIS, 2012).

### 2.3.1 Biodigestor modelo batelada

É o modelo utilizado para este estudo pois tem-se a impossibilidade de realizar a contínua alimentação do biodigestor e também seria mais fácil a reprodução do modelo de biodigestor devido a baixa complexidade do mecanismo. É um modelo muito simples e de baixa exigência operacional. Sua instalação pode ser somente um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Esse modelo de biodigestor é abastecido de uma única vez, logo, não é um biodigestor contínuo, mantendo-se em fermentação por um tempo satisfatório, sendo o material despejado após o término do período de produção de biogás (DEGANUTTI et al., 2012).

Os biodigestores de batelada (figura 4) apresentam um recipiente coberto onde o resíduo ou composto orgânico biodegradável é posto e persiste até a estabilização da matéria orgânica. Neste método, o rendimento de biogás não é constante, apresenta um máximo e um mínimo, como consequência do esgotamento da matéria biodegradável. (PARZIANELLO, 2011).

Figura 1 - Biodigestor modelo batelada



Fonte: Engquimicasantosp (2018)

Este sistema de biodigestor já foi utilizado em outros trabalhos científicos como em “Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada” onde obteve resultados positivos de sua utilização para o estudo científico.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Materiais

Para confecção do biodigestor foram utilizados os seguintes materiais:

- Quatro garrafas PET de 1,5L;
- Quatro torneiras plásticas;
- Cola de resina epóxi;
- Parafilme
- Câmara BOD.

Para análise de Potencial de Hidrogênio serão utilizados:

- Béqueres de 150 ml;
- Proveta 50 ml;
- pHmetro;

Para a medição da densidade será utilizado:

- Densímetro
- Proveta
- Para análise de umidade:
- Estufa;
- Balança analítica;
- Cápsula de porcelana ou de metal;
- Pinça;
- Espátula de metal;
- Dessecador com sílica gel
- Para análise de cinzas:
- Cápsula de porcelana ou de platina de 50mL;
- Mufla;
- Banho-maria;
- Chapa elétrica;
- Dessecador com cloreto de cálcio anidro ou sílica gel;
- Pinça de metal;
- Espátula;

- Balança analítica.

Para a realização do método de perda por dessecação (umidade) – Secagem direta em estufa a 105 C, será utilizado:

- Cadinho
- Estufa
- Dessecador
- Balança analítica
- Pinça

Para a realização do método de acidez, será utilizado:

- Pipeta
- Erlenmeyer
- Proveta
- Bureta
- Balança analítica
- Espátula metálica

## **3.2 Metodologia**

### 3.2.1 - Potencial de hidrogênio

Foram selecionadas 50mL de amostra homogênea da biomassa previamente a digestão, em béquer, realizou-se a calibração pHmetro em água destilada, mergulhou-se o pHmetro na amostra, obtendo-se assim o resultado.

### 3.2.2 - Densidade

A medição da densidade do soro do leite foi realizada utilizando um densímetro de forma cilíndrica com um bulbo central terminando em haste fina e graduada, são construídos de modo que o ponto de afloramento indique, sobre a escala, a densidade do líquido no qual está imerso o aparelho, já a análise do esterco suíno foi realizado pelo cálculo de densidade.

$$\text{Densidade} = \text{Massa} / \text{Volume}$$

### 3.2.3 - Análise de umidade

Foi pesado 4 g da amostra em cápsula de porcelana ou de metal, previamente seca e tarada. Aqueceu-se durante 3 horas á 108°C e resfriou-se em dessecador até

a temperatura ambiente. Realizou-se a pesagem. Repetiu-se a operação de aquecimento e resfriamento até obtenção do peso constante.

#### 3.2.4 - Análise de cinzas

Foi pesado 10 g da amostra em uma cápsula, previamente incinerada em mufla a 550°C, foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. evaporada em banho-maria e seca em chapa elétrica, carbonizou-se em temperatura baixa e incinerada em mufla a 550°C, até alcançar a eliminação completa do carvão. As cinzas ficaram ligeiramente acinzentadas. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e realizou-se a pesagem. Repetiu-se as operações de aquecimento e resfriamento até alcançar um peso constante.

#### 3.2.5 - Acidez total

Foi pipetado 10 mL da amostra, transferida para um frasco Erlenmeyer com o auxílio de 50 mL de água. Adicionou-se 3 gotas da solução fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio, até adquirir coloração rósea.

#### 3.2.6 Nitrogênio (Método de Kjeldahl)

Foi pesado a amostra em papel de seda. Transferiu-se para o tubo de Kjeldahl (papel+amostra). Adicionou-se ácido sulfúrico e mistura catalítica. Foi aquecido em chapa elétrica, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido. Aquecido por mais uma hora e resfriado.

Mergulhado a extremidade afilada do refrigerante em 10 mL de ácido sulfúrico 0,01 M, contido em frasco Erlenmeyer de 125 mL com 3 gotas do indicador vermelho de metila.

Se adicionou ao frasco que contém a amostra digerida, por meio de um funil com torneira, solução de hidróxido de sódio até garantir um ligeiro excesso de base. Aqueceu-se à ebulição e destilou-se até obter cerca de 50 mL do destilado, que foi coletado em solução de ácido clórico. Titulou-se o excesso de ácido sulfúrico com solução de hidróxido de sódio, usando vermelho de metila.

### 3.2.7 Confeção do biodigestor

#### 3.2.7.1 Biodigestor modelo 1

O biodigestor foi confeccionado com 2 baldes, canos pvc, registro e mangueira para gás GLP. Um dos baldes foi utilizado para armazenar o resíduo no qual se produziu o biogás, em seguida o biogás passa pelos tubos em pvc e pelo registro chegando ao outro balde onde é obrigado a passar por uma solução de sulfato de cobre diluído em água, que proporciona a limpeza do gás através da reação entre o sulfeto de hidrogénio e o sulfato de cobre.

Foi então colado um pedaço de mangueira de gás GLP, tendo a ponta imersa em sulfato de cobre diluído em água, para a detecção da formação de gás através do borbulhar, também para a “limpeza” do gás através da reação do sulfeto de hidrogénio com o sulfato de cobre e para criação de pressão para expelir o biogás na hora da queima, então é confeccionado um adaptador de metal para a conexão da mangueira para gás GLP (1m de comprimento) no cano de PVC de 20 mm e é então anexado na outra extremidade da mangueira uma ponta metálica.



Figura 2 - Primeiro Modelo de Biodigestor

Os baldes foram vedados e colocados em repouso, em um ambiente escuro, as análises de produção de biogás são feitas ao fim do período de 60 dias, se realizou o teste de chama para avaliar o potencial de produção de biogás para cada uma das matérias primas analisadas.

### 3.2.7.2 Biodigestor modelo 2

A Confeção dos biodigestores é baseada no modelo de biodigestor em batelada, sendo assim, foram realizados testes com ar pressurizado para a escolha do recipiente da biomassa para a fermentação, obtendo-se um resultado de uma resistência de 3 atm em garrafa PET de 1,5 L.

Foram adicionados 750 mL de esterco suíno e soro de leite em cada garrafa para a biodigestão, a garrafa foi então rotulada de acordo com seu conteúdo. Realizou-se então a inserção da torneira no gargalo da garrafa, sendo realizada a vedação com cola de resina epóxi e parafilme.

Os resíduos soro de leite e esterco suíno, foram coletados pelos alunos em parceria com o Centro de Educação Profissional Getúlio Vargas, localizada na Linha Cruzinhas, município de São Miguel do Oeste, estado de Santa Catarina.

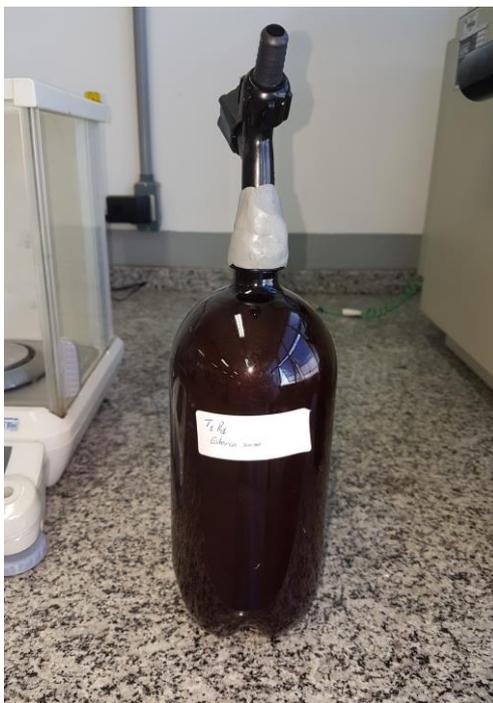


Figura 3 - Biodigestor produzido

Durante a realização dos tratamentos não ocorreu repetição dos mesmos, pelo fato da falta de tempo para repetição. Os resíduos provenientes da biodigestão foram utilizados como fertilizante no instituto.

As amostras foram feitas em duplicatas, porém a vedação da amostra 2 esterco suíno, acabou rompendo-se no fim do período fermentativo e devido a este vazamento de gás não foi medida a quantidade produzida. Os vazamentos ocorreram pois o gás conseguiu realizar pressão o suficiente para romper o vedante utilizado (cola durepoxi).

Para preparar o biodigestor ele foi preenchido até aproximadamente metade de seu volume de soro de leite, levando em consideração de que o gás que será produzido necessita de um considerável espaço dentro do biodigestor para que não se eleve tanto a pressão e também não ocorra vazamentos

O teste de chama é realizado por meio da abertura do registro que retém o biogás dentro do sistema fechado, e logo em seguida será dado o start para a queima com acendedor de chama.

### 3.2.8 - Período de biodigestão

A amostra da biodigestão foi inserida dentro de garrafas PET de um 1,5 L, com um volume de 0,75L de amostra, a fim de armazenar o gás produzido no espaço não ocupado, com as amostras fora realizada em câmara BOD com temperatura controlada, mantendo-se em 28°C. As amostras do segundo biodigestor ficaram em repouso na câmara por um período de 36 dias, que foi o período o qual havia disponibilidade da câmara BOD para realização do estudo.



Figura 4 - Câmara BOD

### 3.2.9 - Quantificação do biogás

O método escolhido para realizar a análise foi o método por diferença de pressão o qual consiste em colocar uma proveta cheia de água virada para baixo em um balde cheio de água com uma mangueira interligando o biodigestor e a proveta, assim o volume de biogás gerado que saiu do biodigestor empurra a coluna de água

para baixo, dando um valor mais preciso da quantidade de biogás gerado. O sistema foi montado de acordo com a figura 5.



Figura 5 - Análise de produção de biogás

Por meio deste método obteve-se um resultado mais preciso da quantidade de biogás gerado em comparação ao que obter-se-ia fazendo a queima do biogás.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Levantamento de custos do sistema

Para um biodigestor de batelada em uma pequena propriedade rural o qual poderia ser utilizado para a fermentação do soro de leite, uma série de tambores plásticos de 200 litros podendo ser colocado a quantidade necessária para suprir a necessidade de produção da propriedade. Os custos seriam de aproximadamente R\$150,00 por tambor plástico, R\$40,00 para dois tubos de cola silicone que seriam utilizados para a vedação dos tambores plásticos, R\$20,00 para fazer a junção do sistema e R\$20,00 para implantar um sistema para a retirada do gás (torneira), totalizando assim R\$210 reais de custo por tambor, levando em conta que caso o sistema seja implantado em série, terá o custo da junção, porém, não será necessário o sistema de retirada de gás em todos tambores.

Levantamento de custos	
Tambor plástico de 200 litros	R\$ 150,00
Vedação da tampa	R\$ 40,00
Junção do sistema	R\$ 20,00
Torneira para a retirada do biogás	R\$ 20,00

Para a utilização de tal sistema poderia ser implantado de acordo com a capacidade de produção da propriedade, sendo aumentado ou diminuído o número de fases.

### 4.2 Caracterização da matéria prima

Após a confecção do biodigestor (biodigestor 1) foi inserida a amostra soro de leite para a produção de biogás, durante esse processo realizou-se a caracterização

da amostra antes de colocá-la para a digestão. Durante a caracterização do soro de leite obtiveram-se os resultados descritos na tabela 3.

Caracterização do soro de leite		
Parâmetro	Unidade	Valor
Temperatura	°C	16,6
pH	-	6,60
Densidade	g/mL	1,017
Umidade	%	93,07
Extrato seco	%	6,93
Cinzas	%	0,49
Sólidos dissolvidos	°Brix	6,80
Acidez titulável	% ácido láctico	0,076

Tabela 3 - Caracterização do soro

Durante o período de fermentação do biodigestor 1 observou-se diversas variações de temperatura pelo fato do mesmo estar no período de inverno, com frequentes variações de temperatura. Observou-se após o período de 28 dias que não houve fermentação, acarretando assim em uma não produção de biogás.

As possíveis causas da ausência da produção de biogás seriam as grandes variações de temperatura, pelo fato de que, quando as bactérias começavam o período reprodutivo a temperatura do meio decaí consideravelmente, eliminando assim a maioria das bactérias.

Para o primeiro biodigestor, foi realizada a tentativa de queima, porém não obteve-se resultado algum, o gás produzido além de não queimar, demonstrou a produção de biogás, porém o mesmo apagou a chama inicial do teste levando a conclusão de que produziu em grande parte CO<sup>2</sup> e muito pouco metano durante o período fermentativo de 60 dias.

As amostras foram caracterizadas apenas no primeiro biodigestor, e foi conclusivo de que a maioria das análises não tinham fundamentos e resultados motivadores para fazer no segundo, pois as principais características para que ocorresse a fermentação em um período de tempo tão curto seria um pH neutro e uma temperatura que propicie a biodigestão da matéria orgânica.

Para a segunda amostra foi somente analisado o pH pois é a mais importante para a realização do estudo e seria a única a qual poderia ser modificada caso necessário. Foi caracterizado apenas o pH da matéria do segundo biodigestor, o qual apresentou os seguintes resultados, pH soro do leite de 6.46 e 7.46 para o esterco. Que são valores que propiciam a fermentação.

Após o período de fermentação no segundo modelo de biodigestor, obtiveram-se os seguintes resultados:

---

Amostra 1 soro de leite.	630 mL
Amostra 1 esterco suíno.	2360 mL

---

Tabela 4 - Resultados amostras.

Obteve-se um resultado aproximado de 66,14ml e 24,15ml de biogás nas amostras 1 e 2, respectivamente, por 100 ml de sólidos totais do soro de leite, sendo assim, em comparação ao esterco suíno, que obteve um resultado de 672.836 ml por 100ml, tornando menos eficiente na produção de biogás, porém, no quesito de produção por dia, o soro do leite é produzido em maior volume pela indústria queijeira, em termos de volume cada suíno produz cerca de 5,7 a 7,6 L de dejetos por dia, para suínos de 57 a 97 kg. (SERVRIN-REYSSAC et al., 1995 apud AGONESE, R. A. et al., 2005). Em função das técnicas utilizadas na produção de queijos é gerado uma média de 10 litros de soro líquido para cada quilo de queijo produzido (MARQUARDT, et al., 2011).

Não foi realizada a queima do gás no segundo modelo de biodigestor pois fora realizado um método mais preciso para medição do volume, assim se tornando uma melhor opção medir o volume de gás.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme os resultados expostos no trabalho conclui-se que a biodigestão do soro do leite é uma alternativa viável ainda que menos eficaz se comparada a produção do esterco suíno.

Sendo assim, em propriedades de médio e grande porte, torna-se equiparável o volume produtivo do esterco suíno, tendo em vista que o soro do leite é um volume a ser retirado como resíduo do ciclo produtivo, o qual atende a demanda necessária para a produção do biogás sendo também uma maneira eficiente de reduzir o desperdício, gastos energéticos.

A biodigestão anaeróbia da matéria orgânica também demonstra ser uma etapa muito efetiva no processo de tratamento dos resíduos de uma agroindústria pois esta, diminuiria os custos do tratamento do soro para ser restituído de forma segura e adequada na natureza.

Não sendo somente viável a grandes propriedades, mas também as pequenas, devido ao baixo custo dos materiais necessários, da instalação e operação.

Ao realizar a caracterização e queima, notou-se a desnecessidade de dar continuidade às análises das características do soro de leite e do esterco suíno, bem como a ineficiência do método de queima como medidor de volume de gás, sendo assim alterado para um método mais eficiente de medição obtendo o valor em volume de biogás gerado.

O biogás possui uma ampla variedade de utilizações sendo mais utilizado para a produção de energia mecânica, térmica e elétrica. Assim, oferecendo uma grande variedade de utilizações de quem o possui, pois é uma rica fonte de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. P. et al. **Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos.** *Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora*, v. 69, n. 3, p. 212-226, maio/jun. 2014. Disponível em: . Acesso em: 29 out. 2018.

ANGONESE A.R, CAMPOS A.T, WELTER R.A. **POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE EQUIVALENTE DE CARBONO DE UMA UNIDADE SUINÍCOLA COM BIODIGESTOR.** Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1098/1/S0100-69162007000400007.pdf>. Acesso em: 14 de mai. 2018.

ANTONELLI, J et al . **Biogas production by the anaerobic digestion of whey.** *Rev. de Ciências Agrárias, Lisboa* , v. 39, n. 3, p. 463-467, set. 2016 .

ANTUNES, A J. **FUNCIONALIDADE DE PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE BOVINO.** Barueri, SP: Manole, 2003. 134p.

BLEY Jr, CICERO. **BIOGÁS A ENERGIA INVISIVEL.** 2.ed. 2014

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Biogás: Definição.** Disponível em: “<http://cetesb.sp.gov.br/biogas/>” Acesso em: 9 abr. 2018.

COELHO, S T; VELÁZQUEZ, S M S G; MARTINS, O S; ABREU, F C. **A conversão da fonte renovável biogás em energia.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Suani\\_Coelho/publication/228452829\\_A\\_conversao\\_da\\_fonte\\_renovavel\\_biogas\\_em\\_energia/links/54d4bfdf0cf2970e4e639342/A-conversao-da-fonte-renovavel-biogas-em-energia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Suani_Coelho/publication/228452829_A_conversao_da_fonte_renovavel_biogas_em_energia/links/54d4bfdf0cf2970e4e639342/A-conversao-da-fonte-renovavel-biogas-em-energia.pdf). Acessado em: 10/08/2018.

DEGANUTTI, R, PALHACI, M C J P, et al. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada.** ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, Campinas. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=en&nrm=abn). Acessado em: 25 abr. de 2018.

DE PAULA et al. **Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga.** *Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”*, Mar/Jun, nº 367/368, 64: 19-25, 2009. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/download/76/82>. Acesso em: 09 ago. de 2018.

DESCONSI, Ana Cláudia; IZARIO FILHO, Hélcio José and SALAZAR, Rodrigo Fernando dos Santos. **Avaliação físico-química e microbiológica do soro de leite concentrado obtido por osmose inversa.** *Rev. Ambient. Água* [online]. 2014, vol.9, n.2, pp.325-335. ISSN 1980-993X. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1316>.

DUARTE, F, EMAS. **Entenda qual tipo de biodigestor é a melhor solução para seus resíduos.** Disponível em: <http://emasjr.com.br/2018/04/22/tipos-biodigestor/>. Acessado em: 10/08/2018

IBGE. **Produção de leite de vaca.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 10/08/2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25-26.

LEIGH, John A., et al. **Model organisms for genetics in the domain Archaea: methanogens, halophiles, Thermococcales and Sulfolobales.** John A. Leigh, Sonja-Verena Albers, Haruyuki Atomi e Thorsten Allers. Model organisms for genetics in the domain Archaea: methanogens, halophiles, Thermococcales and Sulfolobales. FEMS Microbiol Rev 35 577 – 608, 2011.

MARQUARDT, Liliane et al. **Indústrias lácteas: Alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental.** Tecno-Lógica, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 79-83, jan. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>> Acesso em: 7 de abr. 2018.

NUNES L; SANTOS M G. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SOROS OBTIDOS DE DIFERENTES TIPOS DE QUEIJOS.** Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/31172/17270>. Acessado em: 01 de nov. de 2018.

OLIVEIRA, P.A.V. **Produção e aproveitamento do biogás.** In: OLIVEIRA, P.A.V. (Coord. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2004. cap. 4, p.43-55.

PARZIANELLO, J E. **Avaliação da biodigestão anaeróbia da mistura de resíduos avícolas e lácteos.** 2011. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

PINTO, L P et al. Levantamento de dados sobre os dejetos suínos e suas características. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel/ PR, Volume 3, P 179-187, 3º Semestre. 2014.

Reis, A S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio.** – Recife: O autor, 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Curso de pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

RODRIGUES, L G ; CARLI, E ; OLIVEIRA, A. D ; SOBCZAK, M. **Bacia Leiteira do Extremo Oeste de Santa Catarina: Estudo do Rebanho, Manejo e Gestão visando a Qualidade do Leite em Unidades Produtoras.** Disponível em:

<http://www.revistas.udesc.br/index.php/revistacsbea/article/download/6768/6573>.  
Acessado em: 09 de ago. de 2018.

ROHDEN, F. et al. Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do Extremo Oeste de Santa Catarina. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, vol. 14, n. 6, p. 2199-2203, dez. 2009.

ROHLFES et al. INDÚSTRIAS LÁCTEAS: ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE COMO FORMA DE GESTÃO AMBIENTAL. **Tecno-Lógica**. Santa Cruz do Sul. v. 15, n. 2, p. 79-83, jan. 2012.

Rubbo C. **Geração de biogás e biofertilizante através da digestão anaeróbica da mistura de soro de leite, produtos lácteos e dejetos avícolas**. Disponível em: <http://www.proamb.com.br/downloads/pu2moh.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.

SANTIN, **Benefícios do soro do leite para a saúde**. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx>> Acesso em: 6/08/2018

SILVA, D. **Resíduos na indústria de laticínios**. Disponível em : <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais2.pdf>> Acesso em: 9 de abr. 2018

SILVA, A A. **VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE NOS ATRIBUTOS DE SOLO E PLANTAS**. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104960/silva\\_aa\\_dr\\_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104960/silva_aa_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 06/08/2018

SILVEIRA et al. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SORO DE LEITE DE CABRA SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS TÉRMICOS** . Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/tecnolat/anais/tl230513/Arquivos/SILVEIRA.pdf>. Acesso em: 02/12/2018.

SOUZA C F; CARVALHO C C S; CAMPOS J A; MATOS A T; FERREIRA W P M. **Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação**. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/20609/artigo.pdf?sequence=1>. Acessado em 01 nov. de 2018.

TURDERA, M V; YURA, D. **Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de dourados**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022006000100062&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100062&lng=en&nrm=abn). Acessado em: 14 May. 2018.

Zanin, A; Bagatini, F.M.; Pessatto, C.B. **Viabilidade Econômico-Financeira de Implantação de Biodigestor - Uma Alternativa Para Reduzir os Impactos Ambientais Causados Pela Suinocultura**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

CUSTOS, 16.2009.Fortaleza. Anais... Florianópolis: Associação Brasileira de Custos, 2017.

GALBIATTI, Joao Antonio et al. Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental. Joao Pessoa Pb: Universidade Federal da Paraíba (UFPB) Ccsa, v. 14, n. 4, p. 432-437, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/40681>>.