



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

GABRIEL MELONI DA SILVA

BIOGÁS GERADO A PARTIR DE EFLUENTE INDUSTRIAL DE PEIXES

ARIQUEMES – RO
2021

GABRIEL MELONI DA SILVA

BIOGÁS GERADO A PARTIR DE EFLUENTE INDUSTRIAL DE PEIXES

Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do grau de bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitarista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Professor Orientador: Dr. Driano Rezende

Ariquemes - RO
2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586b Silva, Gabriel Meloni da.

Biogás gerado a partir de efluente industrial de peixes. / Gabriel Meloni da Silva. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.

42 f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Driano Rezende.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Biogás. 2. Biodigestor. 3. Biodigestão anaeróbia. 4. Energia Renovável. 5. Efluente industrial. I. Título. II. Rezende, Driano.

CDD 628

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

GABRIEL MELONI DA SILVA

BIOGÁS GERADO A PARTIR DE EFLUENTE INDUSTRIAL DE PEIXES

Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do grau de bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitarista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Professor Orientador: Dr. Driano Rezende

Banca examinadora

Professor Orientador: Dr. Driano Rezende
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Professor: Ms. Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Professor: Ms Jociel Honorato de Jesus
Faculdade de educação e meio ambiente - FAEMA

Ariquemes – RO
2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura de um biodigestor modelo Indiano.....	13
Figura 2 Estrutura de um biodigestor modelo Chinês.	14
Figura 3 Representação em corte da vista frontal de um biodigestor batelada.....	15
Figura 4 Estrutura de biodigestor modelo canadense.....	17
Figura 5 Fluxograma do processo de biodigestão anaeróbia.....	19
Figura 6 Imagem ilustrativa da cidade de Ariquemes - RO.....	26
Figura 7 Mapa de Localização de Ariquemes-RO.....	27
Figura 8 Modelo de biodigestor tipo batelada de bancada a ser utilizado no experimento.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Praticas para tratamento do biogás	23
Tabela 2 Método de remoção do CO ₂ , H ₂ S e água do biogás	24
Tabela 3 Valores dos parâmetros analisados antes do processo de digestão.....	31
Tabela 4 Valores dos parâmetros após o processo de biodigestão	33
Tabela 5 redução da DQO/DBO após o processo de biodigestão	34
Tabela 6 testes quantitativos de geração e biogás	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO GERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. BIODIGESTORES	11
3.1.1. Biodigestor modelo indiano	12
3.1.2. Biodigestor modelo chinês	13
3.1.3. Biodigestor modelo batelada	15
3.1.4. Biodigestor modelo canadense	16
3.2. BIOGÁS	17
3.2.1. Biodigestão anaeróbia	18
3.2.3. Acidogênese	20
3.2.4. Acetogênese	20
3.2.5. Metanogênese	21
3.2.6. Purificação do biogás	22
3.3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.2. SUBSTRATOS UTILIZADOS E ORIGEM.....	27
4.3. INOCULO.....	28
4.4. TESTES PRELIMINARES	28
4.5. MATERIAIS UTILIZADOS.....	28
4.6. ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

RESUMO

Os efluentes provindos de indústrias frigoríficas de peixe possuem uma variação de resíduos com alta carga orgânica que precisam passar por um processo de tratamento para descarte adequado. Com a intenção de aliar o desenvolvimento e a preservação dos recursos naturais, tem-se buscado cada vez mais fontes de energias com tecnologias renováveis. Nesse contexto o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção de biogás utilizando efluente de frigorífico de peixe. A metodologia utilizada foi a descritiva, foi utilizado efluente proveniente de um frigorífico de peixes, encaminhadas ao laboratório onde foram realizadas análises físico-químicas para caracterização do efluente, antes (preliminar) e após o processo de biodegradação do material. A avaliação da geração do biogás foi realizada por meio de quatro biodigestores de bancada, sendo dois com inóculo e dois sem inóculo, por um período de 30 dias. Durante o experimento foi observado que apenas um reator com inóculo teve êxito na produção de biogás. Após análise dos resultados chegou-se a conclusão que o volume de biogás gerado foi de 0,108 m³ por metro cubico de efluente, os resultados obtidos nas análises físico-químicas demonstraram que o processo de biodigestão anaeróbia tem alta eficiência para o tratamento de efluentes industriais.

Palavras-chave: Biogás. Biodigestor. Biodigestão anaeróbia. Energia renovável. Desenvolvimento.

ABSTRACT

The effluents from fish meat industries have a variation of high organic load waste that needs to go through a treatment process for proper disposal. In order to combine the development and preservation of natural resources, more and more energy sources with renewable technologies are being sought. In this context, the present work aims to evaluate the production of biogas using effluent from a fish meat industries. The methodology used was descriptive, effluent from a fish meat industry was used, sent to the laboratory where physical-chemical analyzes were performed to characterize the effluent, before (preliminary) and after the material's biodegradation process. The evaluation of biogas generation was carried out with four benchtop biodigesters, two with inoculum and two without inoculum, for a period of 30 days. During the experiment it was observed that only one reactor with inoculum was successful in the production of biogás. After analyzing the results, it was concluded that the volume of biogas generated was 0.108 m³ per cubic meter of effluent, the results obtained in the physical-chemical analyzes showed that the anaerobic biodigestion process has high efficiency for the treatment of industrial effluents.

Keywords: Biogas. Biodigester. Anaerobic Biodigestion. Renewable energy. Development.

1. INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais resultantes de abatedouros de peixe possuem uma variação em sua composição e alta carga orgânica, que quando não tratados corretamente podem comprometer a qualidade da água do corpo hídrico, sendo este uma problemática, tanto para a empresa quanto para as questões ambientais. A indústria do pescado é um setor que consome uma grande quantidade de água para o processamento dos seus produtos, como na lavagem, depuração e acondicionamento, gerando grandes quantidades de efluente (CHOWDHURY; VIRARAGHAVAN; SRINIVASAN, 2010).

Esse efluente, normalmente, apresenta sólidos em suspensão, alta concentração de nitrogênio, elevados teores de demanda química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO) e são ricos em matéria orgânica (SONE, 2013). A geração desses tipos de resíduos possui alto potencial poluidor, podendo causar diversos processos de contaminação nos afluentes, como por exemplo, o de eutrofização, além do alto custo no tratamento da água.

O resíduo desse tipo de indústria requer um tipo de tratamento mais específico. Sendo assim, testam-se alternativas para seu tratamento, como reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), lagoas de tratamento e também um destaque para os biodigestores, este último tratamento tem a vantagem de além de proporcionar um tratamento adequado frente à legislação ambiental também gera o gás metano que pode ser utilizado para diferentes finalidades nas indústrias desse segmento. (SILVA, 2019).

. Nesse contexto o presente trabalho objetivou avaliar a geração de biogás proveniente de efluentes gerados por frigorífico de peixe de uma empresa localizada no interior da Amazônia Legal.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Quantificar a geração de biogás proveniente de efluente oriundo de frigorífico de peixe no interior da Amazônia Legal.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o efluente por meio de análises físico-químicas;
- Mensurar o volume de biogás gerado pelo efluente em estudo;
- Avaliar e discutir os resultados atingidos durante o experimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. BIODIGESTORES

Em 1667 o gás metano que era denominado “gás pântano” foi descoberto por Shirley, através de resultados obtidos em decomposição de restos vegetais em local fechado, o pesquisador italiano Alessandro Volta descobriu que o gás metano já existia na descoberta de Shirley. Em 1806 Humphrey Davy fazendo uma experiência com a decomposição de dejetos de animais identificou que o gás provindo do processo era rico em carbono (C) e dióxido de carbono (CO₂). (NOGUEIRA, 1986).

O Pesquisador “Ulysse Gayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbica de uma mistura de estrume e água, a 35°C, conseguindo obter 100 litros de gás por (m³) de matéria”. Em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar à Academia das Ciências os trabalhos do seu aluno, considerou que esta fermentação poderia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação (VILLELA&SILVEIRA, 2005).

O primeiro biodigestor posto em funcionamento regular na Índia foi por volta de (1900) em Bombaim. Em 1950 Patel instalou ainda na Índia, o primeiro Biodigestor de sistema contínuo (SGANZERLA, 1983 *apud* GONÇALVES *et al.*, 2009)

Os biodigestores atualmente é uma das alternativas tecnológicas adequadas do ponto de vista ecológico. Esse fenômeno está relacionado com o crescente aumento econômico dos chamados países emergente.

No Brasil, tecnologias vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos no sentido de substituir as fontes de energia existentes por outras de menor custo, buscando o desenvolvimento mais sustentável, devido a elevação dos preços pagos pela energia e a crescente conscientização da população a respeito da importância da sustentabilidade. (FERNANDES FILHO, *et al.*, 2018).

A biodigestão anaeróbica de efluentes industriais pode ser considerada uma alternativa para eficiente e racional com os recursos disponíveis no próprio efluente, também reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui a

dependência de fontes externas de energia, (BARBOSA e LANGER, 2011). Através do biodigestor é possível se ter o processo de biodigestão anaeróbica. O biodigestor nada mais é que uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, onde sofre decomposição, gerando o biogás que irá se acumular na parte superior da referida câmara.

3.1.1. Biodigestor modelo indiano

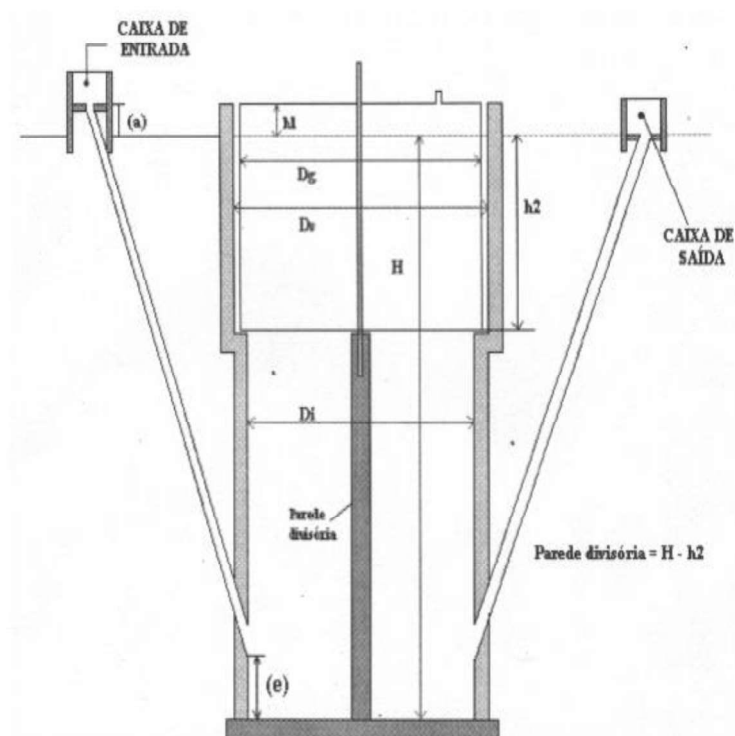
O biodigestor de modelo indiano é composto por uma por uma tampa mais conhecida como campânula representando o gasômetro, onde a mesma pode estar mergulhada sobre a biomassa ou em um tipo de selo d'água no exterior do biodigestor. Em sua estrutura o tanque de fermentação é dividido em duas câmaras por uma parede central, permitindo a circulação do material dentro da câmara de fermentação. (DEGANUTTI, *et al.* 2002).

Segundo Tarrento (2006), este modelo de biodigestor contém uma pressão continua sendo assim, se o gás produzido naquele momento não for consumido, pode ocorrer o deslocamento o deslocamento vertical do gasômetro aumentando o volume de gás de vido a esta pressão constante.

O biodigestor deve ser alimentado com resíduo contendo uma fração de sólidos totais de até 8%, para facilitar sua circulação dentro da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. (TARRENTO, 2006).

A figura 1 representa um biodigestor modelo indiano, utilizado para biodigestão anaeróbia da matéria orgânica onde possivelmente se obterá a produção de biogás e biofertilizante. Conforme a representação da estrutura, a caixa de entrada é utilizada para alimentação de dejetos, e a de saída para retirada de biofertilizante (TARRENTO, 2006).

Figura 1 Estrutura de um biodigestor modelo Indiano



Fonte: Deganutti *et al.* (2002)

3.1.2. Biodigestor modelo chinês

Segundo deganutti *et al.* (2002), o biodigestor de modelo chinês é formado por uma câmara cilíndrica feita em alvenaria para fermentação do resíduo, a sua parte superior é composta por um teto curvado e impermeável para retenção do biogás. Ainda o seu funcionamento é baseado no princípio de prensa hidráulica, ou seja, conforme acontece o aumento de pressão interna devido ao acúmulo de biogás, naturalmente o efluente que está na câmara de fermentação deverá se deslocar para caixa de saída do biodigestor, e em sentido reverso quando ocorrer a descompressão.

A alimentação de substrato desse biodigestor também é contínua, assim como o biodigestor indiano, de modo que a sua concentração de sólidos totais também deve ser de no máximo 8%, para melhor circulação do material e evitar os entupimentos na tubulação do sistema. (SANT'ANNA, 2018).

De acordo com Tarrento (2006), neste modelo de biodigestor uma parcela do gás gerado é liberada para a atmosfera, sendo assim ocorre uma redução parcial da pressão interna do gás. Este tipo de biodigestor é constituído totalmente de alvenaria, sendo assim dispensa o uso do gasômetro em chapa de aço, tendo um custo benefício mais reduzido, porém a estrutura deve ser bem vedada e impermeabilizada para não ocorrer vazamento do biogás.

A figura 2 representa o esquema de um biodigestor modelo Chinês.

Figura 2 Estrutura de um biodigestor modelo Chinês.

O diagrama ilustra a estrutura de um biodigestor modelo chinês em corte transversal. O tanque principal possui uma base arredondada e um topo plano. O nível superior do solo é indicado por uma linha horizontal rotulada "Sup. do solo" com uma elevação de $\pm 0,10m$. No topo do tanque, há uma "Tampa de inspeção" com uma altura de $0,10m$. À esquerda, um "Tubo de PVC" com um ângulo de 30° penetra no tanque. O interior do tanque é dividido em zonas: a zona superior contém "Biogás" com uma altura h_g ; a zona intermediária contém líquido com uma altura H ; e a zona inferior contém um líquido mais denso com uma altura h_f . O nível do líquido na zona intermediária é R_g e na zona inferior é R_f . O diâmetro interno do tanque é D . O ponto central da base arredondada é rotulado O_g . À direita, há uma estrutura de drenagem com uma largura D_r e uma altura h_r . Outras dimensões incluem h_e (altura da tampa de inspeção), L_m (largura da tampa de inspeção) e H_4 (altura da base arredondada).

Fonte: Deganutti *et al.* (2002)

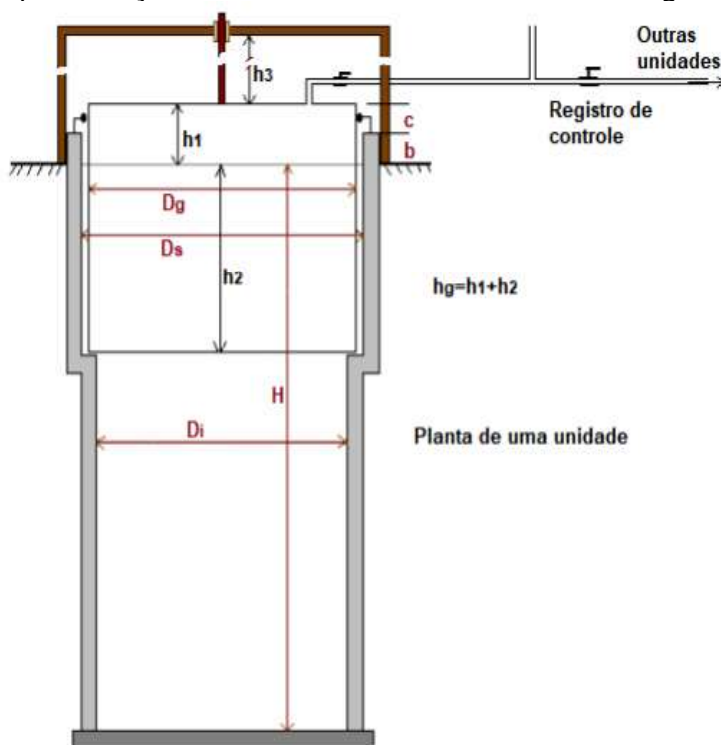
3.1.3. Biodigestor modelo batelada

Segundo Deganutti *et al* (2002), neste tipo de biodigestor, contem um sistema mais simples e pouca requisição operacional. Pode ser formado por apenas um único tanque de biodigestão anaeróbia, ou por um sistema em série contendo vários tanques, a sua alimentação é descontínua, ou seja, é abastecido uma única vez por cada ciclo de produção do biogás. Após o termino do processo o material é retirado e descartado.

Devido a biomassa permanecer no interior do biodigestor até o final de produção do biogás para retirada e substituição da mesma, este modelo de biodigestor é mais indicado onde a disponibilidade de resíduo seja mais longa como, por exemplo, em granjas avícolas de corte. (JORGE e OMENA, 2012).

A figura 3 representa um modelo de biodigestor batelada.

Figura 3 Representação em corte da vista frontal de um biodigestor batelada.



Fonte: Deganutti *et al* (2002)

3.1.4. Biodigestor modelo canadense

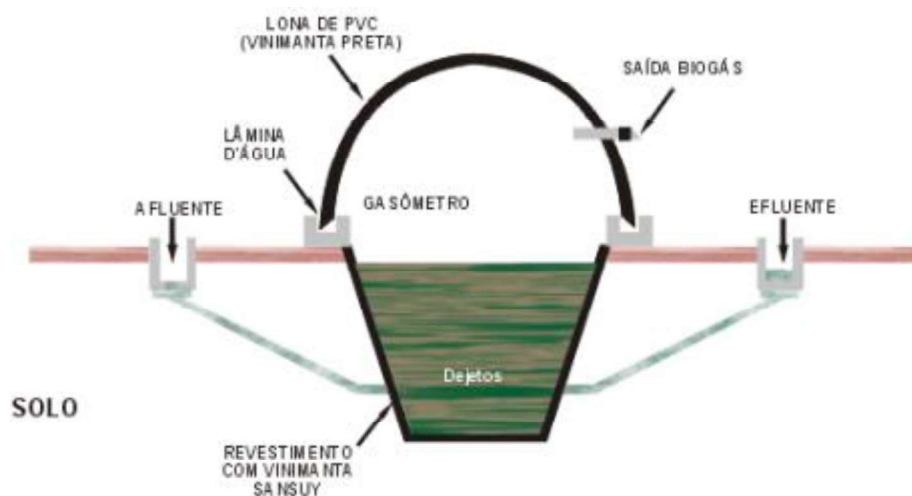
Este tipo de biodigestor se diferencia pelo fato de ser horizontal, e sua caixa de alimentação é feita de alvenaria tendo uma largura maior que a profundidade, isso possibilita uma maior área de exposição à radiação solar, tendo prováveis chances de uma grande produção de biogás, além de evitar entupimentos. (CASTANHO e ARRUDA, 2008).

A sua câmara de fermentação é do tipo subterrânea toda revestida por uma lona para impermeabilização, e é coberta por uma manta em toda sua extensão para captura do biogás produzido formando assim uma campânula de armazenamento, e no final tendo uma caixa de saída para liberação do efluente. Ainda contém um registro para liberação do biogás e um queimador. (PEREIRA *et al*, 2009).

Ainda-De acordo com Pereira *et al* (2009), manta que cobre o biodigestor é feita de um material plástico maleável, conhecido como PVC, devido a facilidade de retirada quando necessário, desta forma quando o gás é produzido essa manta infla, sendo assim corre risco de acontecer perfurações na manta, por tanto é necessário que seja escolhido um local adequado para instalação do mesmo.

O biodigestor Canadense pode ser abastecido tanto da forma contínua como por batelada, também deve ser bem vedado para não ocorrer riscos de vazamentos, este tipo de biodigestor pode ser usado em pequenas e grandes propriedades. (OLVER, 2008). A figura 4 representa a estrutura de um biodigestor modelo canadense.

Figura 4 Estrutura de biodigestor modelo canadense.



Fonte: Deganutti *et al* (2002)

3.2. BIOGÁS

O biogás é gerado através da biodigestão anaeróbia, que nada mais é que o processo de decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio, que além do biogás também se aproveita um resíduo líquido que pode ser utilizado como biofertilizante ambos podem ser utilizados nas indústrias e na agricultura. O biogás possui algumas variações de gases conforme características do tipo dos resíduos, os principais constituintes são o gás metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2). Também possui outros gases como gás nitrogênio (N_2), gás oxigênio (O_2), hidrogênio (H_2), gás sulfídrico (H_2S) e vapor d'água, porém em menores teores. As proporções típicas de metano e gás carbônico no biogás são: CH_4 : 50 a 80%; CO_2 : 20 a 40%. Hidrogênio e azoto variam entre 1,5 e 6% e o sulfureto de hidrogênio, juntamente com outros gases, variam de 1 a 5% (LA FARGE, 1995).

Apesar da maioria das indústrias ainda não utilizar o método de biodigestão para tratamento de seus efluentes, o biogás se trata de uma tecnologia sustentável do ponto de vista ambiental, econômico, entre outros. Além de ser um processo que contribui ambientalmente no tratamento de efluentes, reduzindo a poluição dos corpos hídricos, também se destaca através do método da digestão anaeróbia a produção de um combustível alternativo que é o biogás (AVELLAR *et al.*, 2002).

A principal vantagem desta tecnologia está na geração de energia renovável pela degradação de resíduos orgânicos com baixo teor de nutrientes, utilizando diferentes substratos, além do baixo custo do processo de produção, sendo uma alternativa para atender as necessidades futuras de energia (SILVA, 2009; KHALID *et al.*, 2011).

Segundo Metcalf e Eddy (1979), a primeira coleta de gás combustível feita e documentada, pelo método biológico foi na Inglaterra, em 1895, em um sistema de tratamento dos sólidos do esgoto municipal. O principal interesse do biogás é devido a grande quantidade de metano presente, devido o seu alto potencial de combustão ao ser misturado com o ar.

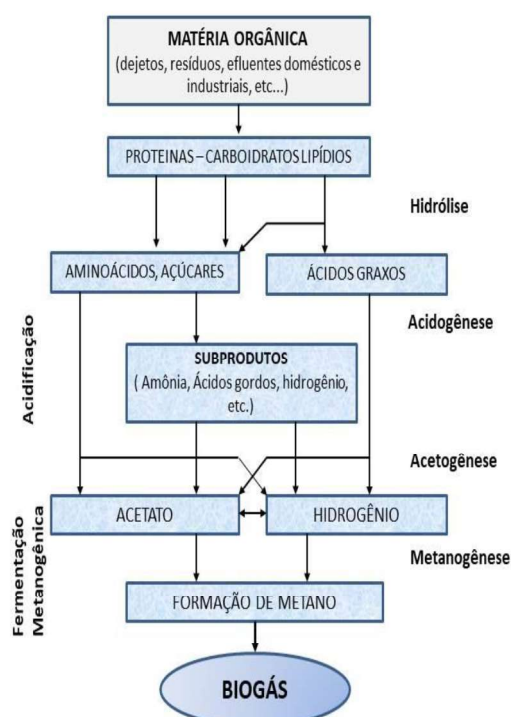
3.2.1. Biodigestão anaeróbia

A decomposição da matéria orgânica por meio da biodigestão anaeróbia tem um grau de complexidade devido à necessidade de diferentes grupos de microrganismos, onde, cada um tem uma função essencial. (CHERNICHARO, 1997).

Ainda segundo Chernicharo (1997), o consumo energético para a digestão anaeróbia é respectivamente baixo assim como a produção de biomassa. O trabalho em grupo dos diferentes tipos de microrganismos possibilita na transformação da matéria orgânica em gás carbônico (CO_2), gás metano (CH_4), água, gás sulfídrico (H_2S), e amônia (NH_3), além de gerar novas células microbianas.

O processo de digestão anaeróbia para produção do biogás basicamente passa por 4 etapas, que são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Na fase acidogênica e metanogênica as bactérias apresentam aspectos diferentes principalmente no que se trata a exigências nutricionais, o Ph, a fisiologia, o crescimento, e as sensíveis variações de temperatura (LORA e VENTURINI *et al*, 2012).

Figura 5 Fluxograma do processo de biodigestão anaeróbia.



Fonte: Fernandes (2009). Adaptado pelo autor.

Os estudos desenvolvidos sobre a digestão anaeróbia independente da taxa de concentração de sólidos totais, tem como principal objetivo o processo de decomposição das frações orgânicas, a digestão em acumulo de lodo de ETEs, e também no processo anaeróbio de resíduos orgânicos (RSU). (CASSINI *et al*, 2003).

3.2.2. Hidrolise

Neste processo a digestão da matéria orgânica deve ser fragmentada em moléculas miúdas para que os organismos presentes no biodigestor consigam se alimentar das mesmas. Ainda essas bactérias liberam enzimas que quebram as moléculas e ocorrem transformações de proteína em aminoácidos, carboidratos em açúcares e álcoois, e graxas em ácidos graxos (MANUAL DO BIOGÁS, 2010).

De acordo com Faria *et al* (2012), o tempo de processo da hidrolise pode sofrer alterações devido alguns fatores, como: temperatura, tipo do substrato, concentração de sólidos totais, pH, entre outros.

Segundo Leite *et al* (2001), acreditam que na etapa da hidrolise ocorre uma diminuição significativa de fosforo e nitrogênio do substrato. Ainda de acordo com os autores a maior parte dessas substancia é solubilizada e lixiviada dentro do biodigestor por líquidos percolados.

3.2.3. Acidogênese

Nesta etapa o substrato provindo da hidrolise é alterado por bactérias acidogênicas em ácido propanoico, ácido láctico e álcoois, ácido butanoico, e ainda hidrogênio e gás carbônico. A concentração de hidrogênio muito alta é desfavorável na eficácia do processo de acidogênese, sendo assim, ocorre acumulo de ácidos orgânicos, com isso o pH pode ser reduzido afetando o processo. (ARAUJO *et al*, 2017).

3.2.4. Acetogênese

Segundo Chernicharo *et al* (1997) e Faria *et al* (2012), essas bactérias atuam através da oxidação nas substancias produzida pela acidogênese e hidrólise. Assim que oxidados, o propionato e butirato, produzem substancias que podem ser usadas como substrato para os organismos metanogênicos, como hidrogênio, gás carbônico e acetatos.

Para que essas bactérias mantenham seu funcionamento sem prejudicar o sistema é necessário manter o equilíbrio de concentração dos elementos, como o acetato e o hidrogênio que devem permanecer o mais baixo possível. Caso contrário pode ocorrer alterações no pH prejudicando o processo (LORA e VENTURINI *et al*, 2012).

3.2.5. Metanogênese

Nesta fase ocorre a formação do metano no meio anaeróbio através de microrganismos metanogênicos classificados no domínio *Archaea*. Essas bactérias pertencem a um grupo mais sensível que as anteriores e possuem diferentes características genéticas. Para formação do metano essas bactérias utilizam como substrato um restrito grupo de substância, como ácido acético, hidrogênio, gás carbônico, metilaminas e metanol (ARAUJO *et al*, 2017).

Segundo Chernicharo *et al.* (1997) esses microrganismos metanogênicos de domínio *Archaea* são divididos em dois grupos principais, os acetoclásticos que usam como fonte de energia o acetato para produção de gás carbônico e metano, e os hidrogenotróficos que são responsáveis pela produção do metano utilizando o hidrogênio e o gás carbônico.

Conforme Rodrigues *et al* (2005) as bactérias que são encarregadas por esta fase, demonstram um aumento de matéria orgânica inferior se comparada ao aumento das bactérias encarregadas pelas demais etapas da decomposição anaeróbia.

3.2.6. Purificação do biogás

Os sistemas de purificação de biogás são desenvolvidos para corrigir as propriedades naturais do biogás para que o mesmo atenda às especificações técnicas dos equipamentos de conversão deste biocombustível em energia elétrica (SANT'ANNA, 2009).

Segundo Alves (2000), o biogás contém algumas substâncias que atrapalham o processo de queima do combustível diminuindo sua eficiência, como a água e o dióxido de carbono. Estas substâncias entram no lugar do combustível no processo de combustão e absorvem parte da energia gerada podendo ocorrer combustão incompleta, falha de alimentação, perda de potência e corrosão precoce provocada pela presença do ácido sulfídrico (H_2S), diminuindo tanto o rendimento quanto a vida útil do motor térmico.

Maior parte dos biodigestores anaeróbios tem uma produção de biogás que contém entre 0,3 e 2% de H_2S e consideráveis quantidades de mercaptanas, considerando-se também a existência de traços de nitrogênio e hidrogênio (AJAX ENGINES, 1999; *apud* ALVES, 2000). O H_2S é tóxico e altamente corrosivo. Portanto, devido a algumas propriedades, sua remoção normalmente é feita diretamente no local de produção do biogás. Como podemos observar na Tabela 1 a seguir alguns métodos de tratamento de gases para diferentes constituintes do biogás.

Tabela 1 Práticas para tratamento do biogás

Composto	Tipo de tratamento	Alternativas
Água	Adsorção	Sílica gel
		Peneiras moleculares
	Absorção	Alumina
		Etileno glicol (-30°)
Hidrocarbonetos	Condensação	Solventes orgânicos
	Adsorção	Refrigeração
	Absorção	Carbônio ativado
		Absorção em óleo de má qualidade
CO ₂ e H ₂ S	Absorção	Etileno glicol (-30°)
		Solventes orgânicos
	Combinação	Refrigeração com etileno glicol, acrescido de adsorção por carbono ativado.
H ₂ S	Adsorção	Peneiras moleculares
		Carbônio ativado
	Absorção	Solventes orgânicos
Soluções alcalinas de sal; carbonato de potássio quente.		
H ₂ S	Separação por membranas	Mono alcanolaminas, aminas di-tri-etanol, diglycolamine.
		Membrana de cavidade fibrosa
H ₂ S		Esponja de ferro

Fonte: Sant'Anna (2009), adaptado pelo autor.

Na Tabela 2 observam-se métodos de remoção de CO₂, H₂S e água do biogás, com os respectivos meios de extração e mecanismos de remoção.

Tabela 2 Método de remoção do CO₂, H₂S e água do biogás

Processo	Impureza	Meio de extração	Mecanismo de remoção do gás
Lavador de gases	CO ₂ , H ₂ S	Água	Absorção física
Selexol	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	DMPEG	Absorção física
Solvente de Flúor	CO ₂ , H ₂ S	Propileno, carbonato	Absorção física
Purisol	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	NMP	Absorção física
Rectisol	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	Metanol	Absorção física
Desidratação com glycol	H ₂ O	TEG	Absorção química
Benfield	CO ₂ , H ₂ S	K ₂ CO ₃	Absorção química
Catacarb	CO ₂ , H ₂ S	K ₂ CO ₃	Absorção química
Giammarco-Vetrocoke	CO ₂ , H ₂ S	K ₂ CO ₃	Absorção química
Monoetanolamina	CO ₂ , H ₂ S	MEA	Absorção química
Dietanolamina	CO ₂ , H ₂ S	DEA	Absorção química
Flúor Econamina	CO ₂ , H ₂ S	DGA	Absorção química
Sufinol	CO ₂ , H ₂ S	Sulfolano	Absorção química e física
Separação por membrana	CO ₂ , H ₂ S	Membrana	Absorção por membranas
Peneiras Moleculares	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	Peneira molecular	Adsorção física
Óxido de Ferro	H ₂ S	FE ₂ O ₃	Absorção química

Fonte: Sant'Anna (2009), adaptado pelo autor

Diversos estudos para remoção de CO₂ e H₂S têm sido realizados por diferentes autores, envolvendo diferentes processos e mecanismos de remoção desses gases, devido à grande importância deste tema.

3.3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A Resolução CONAMA nº 20/86 regula as legislações e regulamentos que determinam as questões relacionadas aos recursos hídricos, juntamente com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Esta Política prevê a água como bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Em caso de situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implantação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Resolução nº 20 foi atualizada pela Resolução nº 357/05 e suas condicionantes (Resoluções 410/2009 e 430/2011), focada, não só sobre as medidas de qualidade de cada recurso hídrico, como também sobre os padrões de lançamento de efluentes das atividades industriais, de acordo com a classificação de cada corpo receptor. A Lei nº 9.433/97 apresenta as normas e os procedimentos gerais para o gerenciamento dos recursos hídricos, incluindo instrumentos de gestão, como o enquadramento e a classificação dos corpos hídricos (GRANZIERA, 2003; BRASIL, 2005).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Ariquemes está localizado na porção centro-norte do Estado de Rondônia, estando a uma altitude de 142 metros. Segundo IBGE, Ariquemes conta com uma área territorial de 4.426,571 Km², e uma população estimada de 109.523 habitantes.

A cidade conta com três grandes rios que são: Rio Canaã, Rio branco e Rio Jamari que é o responsável pelo abastecimento de água da cidade. Existem também igarapés que cortam por dentro de alguns setores da cidade.

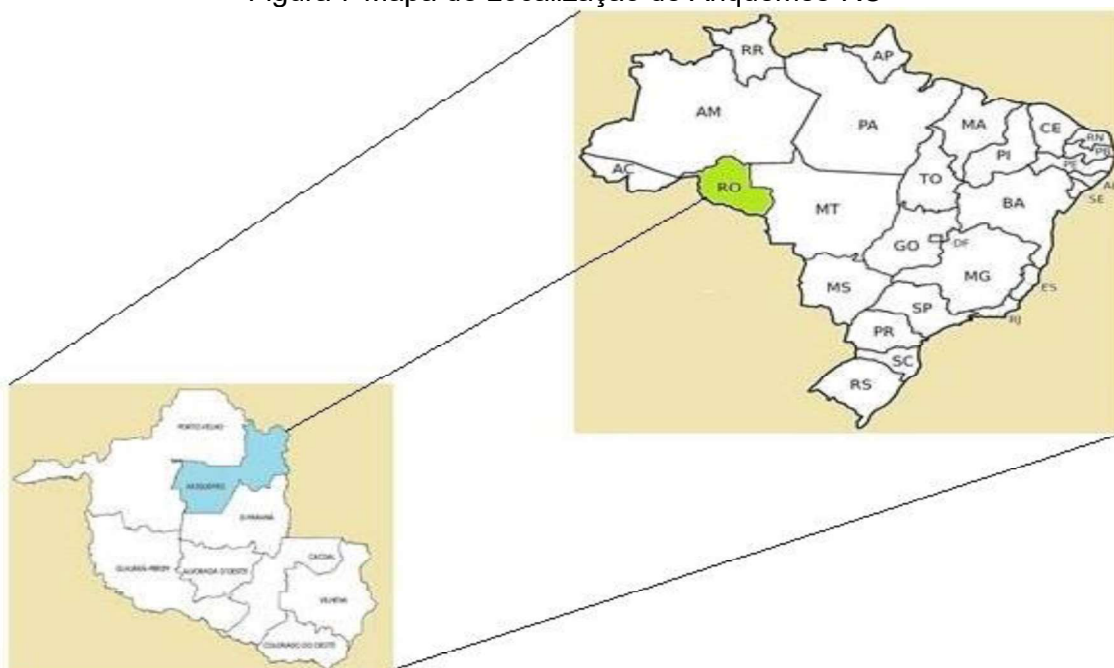
A Figura 6 ilustra parte da cidade de Ariquemes, e a Figura 7 a sua localização.

Figura 6 Imagem ilustrativa da cidade de Ariquemes - RO



Fonte: G1 RO (2021)

Figura 7 Mapa de Localização de Ariquemes-RO



Fonte: Infoescola (2021). Adaptado Próprio autor.

Os experimentos foram executados durante o primeiro semestre de 2021, por um período 90 dias, sendo que 10 dias foram designados aos testes preliminares, e o restante para o experimento oficial. O efluente foi coletado em um abatedouro de peixes localizado na BR 421, Km 5, Lote 02, Gleba 53/A, Zona Rural, nas seguintes coordenadas geográfica, Latitude $9^{\circ}56'04.53''S$ e Longitude $63^{\circ}05'11.31''O$, em Ariquemes-RO.

4.2. SUBSTRATOS UTILIZADOS E ORIGEM

Para a realização do presente trabalho, foram utilizados como substrato efluente gerado no processo de abate de peixes. A empresa opera desde a coleta do produto nas fazendas de cultivo de piscicultura até os seguintes processos de industrialização: classificação, escamação, evisceração, bandeamento, toilet, filetagem, corte, pesagem e congelamento, glazeamento, embalagem primária, pesagem e etiquetagem, selagem, embalagem secundaria e distribuição.

4.3. INOCULO

De acordo com o trabalho elaborado por Xavier (2010), foram utilizados 40% de inoculo devido à alta eficiência na degradação da matéria orgânica, diminuindo o tempo de retenção hidráulica (TRH).

O inoculo utilizado foi coletado do corpo de fundo da primeira lagoa de tratamento.

4.4. TESTES PRELIMINARES

Para os testes preliminares foram utilizados galões de 5 (cinco) litros, bem como gasômetros elaborados com canos de PVC. Foram realizadas análises físico-químicas pelo método descrito pela APHA, também análises de turbidez e pH do efluente, conforme métodos descritos pelo fabricante dos equipamentos.

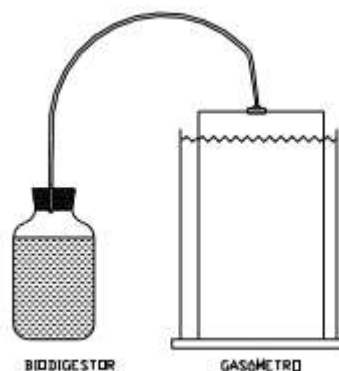
Os testes foram feitos no laboratório de análise e pesquisa da faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA, no período de março a junho de 2021.

4.5. MATERIAIS UTILIZADOS

Inicialmente foi coletado 20 L do material para análise, conforme metodologia adaptada de Orrico Júnior *et al.* (2009). Utilizaram-se 4 (quatro) galões com volume de 5 L, cada um, para avaliar a biodigestão em batelada escala bancada, foram adaptados gasômetros com selo d'água, de forma a ficar acoplada e vedada na boca do galão. Conforme o deslocamento do gasômetro foi possível identificar a quantia de biogás produzido com cálculos do volume interno dos gasômetros.

Os testes foram feitos com 0% e 40% de inóculo, de modo a identificar qual apresentou maior eficiência no processo de decomposição, os testes realizados em duplicata. Para os testes e pesquisas foram utilizados os materiais do laboratório FAEMA. A figura 8 representa uma imagem ilustrativa de como foram os equipamentos.

Figura 8 Modelo de biodigestor tipo batelada de bancada a ser utilizado no experimento.



Fonte: Orrico Júnior *et al.* (2009).

Para a realização do experimento foram confeccionados 4 biodigestores escala bancada, utilizando os seguintes materiais:

- Galões de plástico da cor branca 5 litros;
- Potes de material plástico transparente em formato tubular;
- Pedacos de cano PVC de 75 mm e 100 mm de diâmetro;
- Tampas de cano de 75mm e 100 mm;
- Mangueira transparente;
- Abraçadeiras de material metálico;
- Bicos de pneu sem câmara;
- Cola quente;
- Durepoxi;

Para quantificar o volume de gás produzido, primeiramente foi encontrada a área do gasômetro e multiplicado pela altura do deslocamento vertical. Os resultados de geração diária são apresentados em cm^3 , após a soma total foi transformado em m^3 para mensurar a geração de volume de biogás por m^3 de lagoa. Para execução do experimento foi feito um acompanhamento diário durante o

período de 39 dias, de modo que uma vez por dia era registrado a quantia de gás gerado e logo depois evacuado para uma nova produção.

Após preenchidos os biodigestores, foi acompanhado diariamente a geração do biogás, de modo a anotar o deslocamento dos gasômetros. Por meio dos dados obtidos, foi possível organizar os resultados em tabelas do Excel.

4.6. ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas antes e depois do experimento de geração de biogás, de acordo com os métodos citados no Quadro 1:

Quadro 1 Parâmetros e metodologias utilizadas

Parâmetros	Metodologia/Equipamentos	Fonte
Temperatura	Termômetro de mercúrio	Manual do equipamento
pH.	Por meio de pH-metro	Manual do equipamento
Sólidos totais, fixos e voláteis (mg L⁻¹).	Método gravimétrico.	APHA (1998)
Sólidos sedimentáveis	Cone de IMHOFF	APHA (1998)
DQO	Método Colorimétrico	APHA (1998)
DBO	DBO 5 dias	APHA (1998)

Após o levantamento de dados, os resultados foram analisados e organizados por meio de planilhas, tabelas ou gráficos, para apresentação e discussão do mesmo.

5. RESULTADOS E DISCUÇÕES

Foram realizadas análise de DQO e DBO do efluente antes de inseridos nos reatores (efluente bruto), sendo um sem inóculo e outro com 40% de inóculo. Conforme mencionado por Jardim e Canela (2004), através da relação da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) se obtêm a informação de qual tipo de oxidação será satisfatória na degradação do substrato utilizado. Caso seja a relação DQO/DBO $<2,5$ o efluente será altamente biodegradável. Na tabela 4 são representados os resultados dos parâmetros analisados nos testes preliminares.

Tabela 3 Valores dos parâmetros analisados antes do processo de digestão

Parâmetros	Unidade	Com inóculo	Sem inóculo
DQO	mg/L O ₂	907,51	635,53
DBO₅	mg/L O ₂	491,21	347,30
Temperatura	°C	24,0	23,8
pH	—	6,5	6,5
Sólidos			
sedimentáveis	ml/L	73	15
Sólidos totais	mg/L	1627	80
Sólidos fixos	mg/L	1133	213
Sólidos voláteis	mg/L	493	293

Abreviatura (s): SVR = Sem Valor de Referência;

Conforme resultados das análises preliminares contidos na tabela 4, dividindo DQO pela DBO obtêm-se 1,85 e 1,83 com inóculo e sem inóculo respectivamente, desse modo observa-se que ambos possuem alto potencial de biodegradabilidade, sendo assim, o biodigestor anaeróbio é uma alternativa viável para o tratamento desse efluente.

Segundo Chernicharo et al. (1997) a temperatura é um agente físico que tem como função selecionar espécies de microrganismos presente no meio e seu desenvolvimento. De acordo com Lora e Venturini et al. (2012), o desenvolvimento do meio microbiano está relacionado a três níveis de limite de temperatura presente, que podem ser denominados como:

- Psicofílica – variam de (0 a 20°C)
- Mesofílica – variam de (20 a 45°C)
- Termofílica – variam de (45 a 70°C)

Segundo Lora e Venturini et al. (2012) o pH também é um agente importante para o bom desenvolvimento no processo de biodigestão anaeróbica, se o mesmo estiver na faixa neutra de 7 não ocorrendo acidez no sistema. Já Chernicharo et al. (1997), diz que a faixa ótima do pH para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela produção do metano varia entre 6,6 a 7,4, mas o processo ainda pode ser bem sucedido operando na faixa de 6,0 a 8,0. Na tabela 4 são representados os resultados de pH no valor de 6,5 para ambos, levemente ácido.

Os sólidos podem interferir na eficiência de tratamento tanto de águas naturais como residuárias, por isso é importante fazer análises para acompanhamento do mesmo. O sólido é caracterizado pela rigidez, por um aspecto próprio e pela presença de um equilíbrio com o líquido proveniente da sua fusão. (SABESP, 1999).

Ainda segundo a norma Sabesp (1999), há várias classificações para os sólidos, algumas delas são:

- Sólidos totais: que são todas aquelas substâncias que permanecem no cadinho após a total secagem de um determinado volume da amostra.
- Sólidos fixos: são todas substâncias que permanecem no cadinho após a calcinação em forno-mufla na determinação dos sólidos totais.
- Sólidos voláteis: resultado da subtração entre os sólidos totais e sólidos fixos, ou seja, são todas as substâncias que se volatizaram após a calcinação no forno-mufla.

- **Sólidos sedimentáveis:** são todas as substâncias inseridas em um litro de amostra em forma de cone que deixadas em descanso pelo tempo de 1 (uma) hora sedimentam pela ação da gravidade.

Conforme resultados obtidos, observa-se na Tabela 4 que os sólidos da amostra com inoculo apresentou resultados bem superiores que a sem inoculo. Esse resultado é explicado pelo fato de que no momento da amostragem do corpo de fundo da lagoa, foi captado tanto os microrganismos (inoculo) quanto material inorgânico (solo e areia), constatado no valor dos sólidos fixos em comparação aos sólidos voláteis.

A tabela 5 apresenta os resultados da caracterização físico-química do efluente após o processo de biodegradabilidade por um período total de operação de 39 dias.

Tabela 4 Valores dos parâmetros após o processo de biodigestão

Parâmetros	Unidade	Com inóculo	Sem inóculo
DQO	mg/L O ₂	488,82	266,80
DBO₅	mg/L O ₂	260,25	130,15
Temperatura	°C	24,2	24,1
pH	—	6,5	7
Sólidos sedimentáveis			
	ml/L	35	12
Sólidos totais	mg/L	1113	387
Sólidos fixos	mg/L	433	226
Sólidos voláteis	mg/L	680	613

Abreviatura (s): SVR = Sem Valor de Referência;

Conforme apresentado na tabela 5, houve uma redução significativa dos valores indicando que o processo de biodigestão foi bem-sucedido. A relação DQO/DBO continua <2,5 o que é favorável para o tratamento biológico segundo Jardim e Canela (2004). A tabela 6 representa os valores de redução da DQO/DBO em porcentagem dos reatores com e sem inóculo.

Tabela 5 redução da DQO/DBO após o processo de biodigestão

Parâmetros	Com inóculo	Sem inóculo
DQO	46 %	58 %
DBO₅	47 %	62 %

Nota-se que o substrato sem inóculo teve uma maior redução, isso pode ter ocorrido devido ao substrato com inóculo possivelmente ter uma maior concentração de sólidos sedimentáveis, interferindo de certa forma na eficiência do processo. Sendo assim uma solução plausível seria remover uma parte desses sólidos antes de inserir o material no reator.

Já a temperatura não teve um aumento muito grande, sendo um ponto positivo, pois os microrganismos presentes não suportam variações de temperatura. O pH continuou dentro dos padrões aceitáveis para um bom desenvolvimento do processo, entre 6 a 7.

No que se diz a respeito aos sólidos do material com inóculo, houve uma redução significativa dos resultados, já no material sem inóculo houve um aumento o que não deveria ocorrer, isso pode ter se dado devido a um erro do laboratorista, não homogeneizando a amostra corretamente.

A quantia gerada foi dada em cm³ e transformada em m³ como apresenta a tabela 7 a seguir.

Tabela 6 testes quantitativos de geração e biogás

Reator 01 C/I		Demais reatores	
Dias	Volume diário cm³	Dias	Volume diário cm³
23/03 à 10/04	0	23/03 à 10/04	0
11/04	44,184	11/04	0
12/04	45,067	12/04	0
13/04	48,602	13/04	0
14/04	46,393	14/04	0
15/04	35,347	15/04	0
16/04	66,276	16/04	0
17/04	55,23	17/04	0
18/04	50,811	18/04	0
19/04	37,556	19/04	0
20/04	26,510	20/04	0
21/04 à 01/05	0	21/04 à 01/05	0
Total em cm³ = 455,98		Total em cm³ = 0	
Total em m³ = 0,00045598		Total em m³ = 0	

Abreviatura (s) : (C/I)= Com Inóculo

Apenas 1 (um) dos 4 (quatro) reatores obteve resultado, isso pode ser explicado devido alguma falha no sistema como por exemplo, algum vazamento tanto nos reatores como nos gasômetros, pois as características físico-química dos efluentes apresentaram um alto potencial de biodegradabilidade. Segundo os autores Turdera e Yura (2006), com o pH se mantendo entre 7 e 8, e temperatura por volta dos 35°C, proporciona um ótimo resultado na geração de biogás além do desempenho microbiano variar conforme concentração de nutrientes presentes.

Nota – se que a produção de biogás se iniciou no 20° dia e encerrou – se no 29° dia tendo algumas variações como já era esperado. O experimento foi encerrado após 10 dias sem produção de biogás, pois já se caracterizava que não haveria mais nenhuma geração do mesmo.

O reator que obteve produção tinha um total de 4,2 litros ou 0,0042 m³, durante um período de 10 dias foram gerado 0,00045598 m³ de biogás. Sendo

assim o experimento demonstra que para cada 1m³ de lagoa do efluente, tem capacidade para gerar 0,108 m³ de biogás.

Segundo Gehlen (2010) no que se diz a respeito do processo de transformação da matéria orgânica em gás metano utilizando como fonte de energia a glicose, tem capacidade de gerar 0,25 kg de metano por quilograma de DQO convertida. Ainda segundo o autor, a geração de biogás também pode ser avaliada pela da quantia de sólidos voláteis removidos, alternando entre 0,75 a 1,12 m³ de biogás por quilograma (Kg) de Sólidos Voláteis.

Com o manejo adequado de dejetos de granja de suíno utilizando biodigestores, é possível obter uma geração de biogás entre 0,35 a 0,60 m³ por cada m³ de biomassa, sendo a biomassa considerada o valor total dos sólidos totais. (OLIVEIRA, 2009).

Em um estudo realizado por Souza (2010), analisando a capacidade de biodigestão anaeróbia focando em três fases no procedimento de abate de peixe da espécie de tilápia, sendo eles, (abate comum, filetagem e sangria) em um abatedouro de peixe, foi encontrado gás metano em todos os tratamentos apresentados, obtendo médias acima que as normalmente achadas para os dejetos de bovinos e suínos, sendo que, no tratamento de filetagem teve um rendimento médio de 78,05% de produção de gás metano.

Os biodigestores são tecnologias renováveis que ajudam no tratamento de efluentes e geração de energia. Segundo Salomon e Lora (2009), são muitas as dificuldades que impedem o crescimento para geração de biogás no Brasil, como por exemplo, alto custo de investimento, falta de incentivo do governo, pouca disseminação de informações, entre outros.

CONCLUSÃO

Após análise dos resultados obtidos nos experimentos, pode-se observar que a utilização de biodigestores para tratamento de efluentes provindo da indústria frigorífica de peixe pode ser uma alternativa de tecnologia sustentável a ser usado. Com essa tecnologia além de tratar o efluente também é possível obter geração de biogás e biofertilizante podendo ser utilizado como adubo para plantações. Como observado no presente estudo no que se diz respeito da DQO/DBO se obteve um resultado significativo na remoção, comprovando que o sistema de biodigestão anaeróbia por biodigestores tem alta eficiência para degradação da matéria orgânica.

Observando as análises físico-químicas são de grande importância para caracterizar o efluente a ser tratado, pois essas análises proporcionam informações como o tipo de tratamento a ser aplicado no determinado efluente. Caso o efluente a ser tratado apresente características de alta degradabilidade, conclui-se que o biodigestor anaeróbio é uma alternativa viável tanto para as indústrias frigoríficas como para produtores rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, João Wagner Silva. **Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

APHA (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.

ARAÚJO, Ana Paula Caixeta et al. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. 2017.

AVELLAR, L. H.; CARROCCI, Luiz Roberto; SILVEIRA, José Luiz. **Biogás na co-produção: a utilização de subprodutos agro-industriais nageração de energia em unidades co-geradoras**. *Bioteconologia*. Ciência e Desenvolvimento. Novas Tecnologias, 2002.

CASSINI, Sérgio Túlio; VOZOLLER, R. F.; PINTO, Marcelo Teixeira. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, RiMA, Capítulo, v. 1, 2003.

CASTANHO, D., S.; ARRUDA, H., J. Biodigestores. VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 2008.

CHERNICHARO, CA de L. et al. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 5, p. 379, 2007.

CHOWDHURY, Pankaj; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater—A review. *Bioresource technology*, v. 101, n. 2, p. 439-449, 2010.

DA SILVA, Nilmara Santos et al. II-433-**Desempenho de inóculos diferentes no tratamento de efluentes de frigorífero de peixe**.

DE CASTRO VILLELA, Iraídes Aparecida; SILVEIRA, José Luz. Análise **Termoeconômica aplicada em sistema de produção de água fria a partir da combustão de biogás**. *Engenharia térmica aplicada*, v. 25, n. 8-9, pág. 1141-1152, 2005.

DE LA FARGE, Bertran. **Biogás: processos de fermentação do metano**. Masson, 1995.

DEGANUTTI, Roberto et al. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*, 2002.

FARIA, Rui Alexandre Pereira et al. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto Estudo de caso.** 2012.

FERNANDES FILHO, Antônio Carlos; SANTANA, Cristiane Oliveira Silva; GATTAMORTA, Marco Aurélio. **Utilização de biodigestores para geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos no Brasil.** INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797), v. 6, n. 1, p. 67-84, 2018.

FERNANDES, Carlos. Digestão Anaeróbia. 2009. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/DigeAnae.html>>. Acesso em 19 abr. 2017.

GEHLEN, Marck Gregor Balbinot. **Proposta de manejo para otimização da produção de biogás em biodigestores.** 2010.

GONÇALVES, Sandra; FERRAZ, Marco; ROMANO, Anabela. **Propriedades fitotóxicas de extratos de folhas de *Drosophyllum lusitanicum* e seu principal composto, plumbagina.** Scientia horticultrae, v. 122, n. 1, pág. 96-101, 2009. DE SUSTENTABILIDADE, O. BIODIGESTOR COMO PRINCÍPIO; DE UMA PROPRIEDADE RURAL.

GRANZIERA, M.L.M. Direito de águas. São Paulo: ATLAS. 2003.

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>.

<https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2020/05/03/prefeitura-publica-novo-decreto-que-flexibiliza-abertura-do-comercio-de-ariquemes-ro.ghtml>.

<https://www.camaradeariquemes.ro.gov.br/ariquemes#:~:text=Ariquemes%20%C3%A9%20um%20munic%C3%ADpio%20brasileiro,pertencente%20ao%20tronco%20lingu%C3%ADstico%20tupi>.

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/ariquemes.html>.

<https://www.infoescola.com/geografia/mapa-do-brasil/>.

<https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/nts013.pdf>.

ICLEI – BRASIL. **Manual para Aproveitamento do Biogás:** Efluentes Urbanos. São Paulo: ICLEI BRASIL, 2010. Volume 2, 77 p.

JARDIM, WILSON F.; CANELA, MARIA CRISTINA. **Fundamentos da oxidação química no tratamento de efluentes e remediação de solos.** UNICAMP. Campinas, 2004.

JORGE, L., H., A.; OMENA, E. Biodigestor. Dossiê Técnico. SENAI/ AM- Escola SENAI Antônio Simões. Março, 2012.

KHALID, Azeem et al. **A digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos.** Gerenciamento de resíduos, v. 31, n. 8, pág. 1737-1744, 2011.

LORA, Electo Eduardo Silva; VENTURINI, Osvaldo José. Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 1.200 p.

LUZ, Simone Ishiba Prof Dr José; SILVEIRA, Christian Coronado Rodriguez. **Estudo da construção de biodigestores tipo indiano por adaptação de caixa de água inox study of the construction of biodigestores indian type for adaptation of inox box of water.**

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P .; TCHOBANOGLIOUS, Georg. Engenharia de águas residuais: tratamento, disposição e reutilização . Nova York: McGraw-Hill, 1979.

MORITZ, Felipe. **Produção de biogás a partir de resíduos de frigorífico de peixes.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. Biodigestão: a alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVEIRA, Rafael Daléo e. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás produzido pela Fermentação Anaeróbia de Dejetos em Abatedouros e as Possibilidades no Mercado de Carbono.** 2009. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). USP, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos - SP.

OLIVER, André de Paula Moniz et al. **Manual de treinamento em biodigestão.** Instituto de Estudos Del Hambre. Bahia, v. 23, 2008.

ORRICO JÚNIOR, Marco AP; ORRICO, Ana CA; LUCAS JÚNIOR, Jorge de. **Potencial de produção de biogás remanescente nos efluentes de biodigestores abastecidos com dejetos de suínos, com e sem separação da fração sólida, e conduzidos sob diferentes tempos de retenção hidráulica.** Engenharia Agrícola, v. 29, n. 4, p. 679-686, 2009.

PACHECO, J. W.F.; YAMANAKA, H. T. Guia técnico ambiental de frigoríficos-industrialização de carnes (bovina e suína). São Paulo : CETESB (Série P + L), 2008.

PAINI, Vinicius. **Geração de biogás a partir da utilização de resíduos orgânicos da indústria alimentícia do ramo de candies.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. Biodigestores, a solução?. Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2007.

PEREIRA, Edilaine Regina; DE ABREU DEMARCHI, João José Assumpção; BUDIÑO, Fábio Enrique Lemos. BIODIGESTORES–Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária. 2009.

RODRIGUES, AALS. Co-digestão anaeróbia de resíduos de natureza orgânica. 2005. 164 f. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental, Materiais e Valorização de Resíduos) – Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Aveiro–Portugal.

SALOMON, Karina Ribeiro; LORA, Electo Eduardo Silva. Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. *Biomass and bioenergy*, v. 33, n. 9, p. 1101-1107, 2009.

SANT'ANNA, FELIPE PETTINATI. **Biogás: modelos de biodigestores e métodos para remoção do sulfeto de hidrogênio**, 2018.

SANT'ANNA, Henrique da Cunha. **Dimencionamento de uma torre de enchimento para remoção de H₂S e CO₂ de Biogás para fins energéticos**. 2009.

SOETHE, Geovan Carlos et al. **Aproveitamento da massa visceral da tilápia (*Oreochromis niloticus*) para produção de biogás**. 2014.

SOUZA, Milena Alves de. **Eficiência do processo de ultrafiltração seguido de biodigestão anaeróbia no tratamento de efluente de frigorífico de tilápia**. 2010.

TARRETO, G. E.; MARTINEZ, J. C. **Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa**. XIII SIMPEP-Bauru, SP, Brasil, v. 6, 2006.

TURDERA, Mirko V.; YURA, Danilo. **Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de dourados**. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006.

XAVIER, Cristiane de AN; LUCAS JÚNIOR, Jorge de. **Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo**. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 2, p. 212-223, 2010.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Gabriel Meloni da Silva

CURSO: Engenharia Ambiental e Sanitária

DATA DE ANÁLISE: 12.08.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **9,79%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **8,02%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **83,92%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
quinta-feira, 12 agosto de 2021 08:34

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **GABRIEL MELONI DA SILVA**, n. de matrícula **1620**, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 9,79%, devendo o aluno fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente