

Capítulo I – Estudo ambiental de resíduos orgânicos urbano pelo método de fermentação para a produção do Biogás

Damien Carlos Dall’Agnol ¹

Adriana Giseli Leite Carvalho²

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves³

Antônio Carlos Rodrigues⁴

Daniel Almeida Colombo⁵

Wagner De Paula Rodrigues⁶

RESUMO

Este estudo apresenta uma análise do potencial energético capaz de ser produzido no município de Londrina/PR utilizando seus diferentes resíduos sólidos urbanos no processo de biodigestão anaeróbia provindos do lixo de residências e restaurantes. A metodologia utilizada consiste em uma revisão bibliográfica nas áreas de resíduos orgânicos, eficiência energética, biogás, biofertilizantes e na construção de uma maquete com o objetivo de compreender o processo de fermentação industrial. Os resultados indicam que as condições de temperatura dos biodigestores e os tipos de resíduos orgânicos afetam o desempenho da biodigestão anaeróbia, o arroz e feijão são potenciais resíduos orgânicos para produção de biogás e biofertilizante.

Palavras-chave: Biodigestor; Biogás; Resíduos Orgânicos; Meio Ambiente.

ENVIRONMENTAL STUDY OF URBAN ORGANIC WASTE USING THE FERMENTATION METHOD TO PRODUCE BIOGAS ABSTRACT

This study presents an analysis of the energy potential that can be produced in the municipality of Londrina/PR using its different solid urban waste in the process of anaerobic biodigestion from household and restaurant waste. The methodology used consists of a literature review in the areas of organic waste, energy efficiency, biogas, biofertilizers and the construction of a model in order to understand the industrial fermentation process. The results indicate that the temperature conditions of the biodigesters and the types of organic waste affect the performance of anaerobic biodigestion, and that rice and beans are potential organic waste for producing biogas and biofertilizer.

Key words: Biodigester. Biogas. Organic Waste. Environment.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UniSENAI-Campus Londrina, damien@sgteletrosul.gov.br

² Docente orientadora da UniSENAI-Campus Londrina, adriana.carvalho@sistemafiep.org.br

³ Docente co-orientadora da UTFPR - Campus Londrina, janainaf@utfpr.edu.br

⁴ Docente da UniSENAI-Campus Londrina, antonio.rodriques1@sistemafiep.org.br

⁵ Docente da UniSENAI-Campus Londrina, daniel.colombo@sistemafiep.org.br

⁶ Docente da UniSENAI-Campus Londrina, wagner.deprodrigues@sistemafiep.org.br

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade de buscar soluções para reduzir os impactos e danos causados pelo descarte de resíduos no meio ambiente e com o grande crescimento da população, a geração de resíduos e rejeitos aumenta cada dia mais. As diversas atividades diárias produzem grandes quantidades de resíduos, os quais necessitam de um tratamento e de uma disposição final. Entre as opções, a implantação de um biodigestor é uma opção viável para tratar os resíduos sólidos que compõem grande parte dos resíduos humanos gerados pela população e que são descartados em lixões muitas vezes a céu aberto gerando impactos ambientais e forte odor as proximidades.

De acordo com ISWA, estima-se que a geração de resíduos sólidos urbanos mundiais chegará a 3,4 bilhões de toneladas em 2050, sendo que a maior parte desse aumento será observada em países de baixa renda, onde a geração deve triplicar. Tal problemática precisa pautar-se em políticas e leis como principal instrumento legal de combate à problemática e disposição inadequados dos resíduos sólidos, como por exemplo a Lei nº 12.305/2010 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

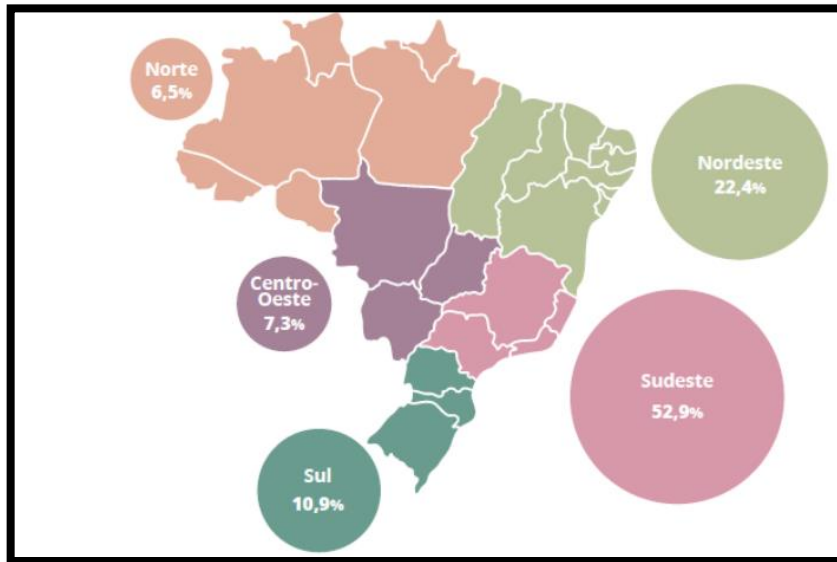
Conforme a Lei 12.305 no artigo 13 do item 1, subitem i, pode se definir os resíduos sólidos urbanos como: derivação de ações domésticas, e derivação de ações de varredura, limpeza de logradouros e vias públicas entre outros serviços de limpeza. Segundo a Lei nº 11.445/2007, no Art. 6º por veredito de autoridade pública será classificado como resíduo sólido urbano, qualquer lixo derivado de ações comerciais, industriais e de atividade cuja responsabilidade não for destinada ao gerador. Com isso, se estabelece instruções nacionais para o saneamento básico (Min. Meio Ambiente, 2007).

A população urbana mundial produz cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, o que equivale a 1,2 kg por dia para cada habitante das cidades. Aproximadamente metade desses resíduos sólidos são produzidos em países da OCDE (Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico), são 34 países envolvidos. Segundo dados coletados esse valor vai aumentar para cerca de 2,2 bilhões de toneladas até 2025 (Pegada de lixo, 2016). A quantidade de resíduos sólidos produzida em todo território brasileiro no ano de 2017 aproxima se de 72 milhões de toneladas. Registrando um índice de coleta de aproximadamente 92% no país, os outros 8% não foram coletados, e consequentemente tiveram destino impróprio.

Estima-se que cada pessoa produz em média cerca de 800 gramas a 1 kg de resíduos sólidos por dia. Portanto, uma cidade de 25.000 habitantes produziria aproximadamente 25 toneladas de lixo por dia (Abrelpe, 2017). A geração de RSU produzida pela população

brasileira teve um aumento de 0,48% entre 2016 e 2017, isso se deve ao aumento populacional de 0,75%. Nesse mesmo período teve um crescimento de 1% na produção de RSU, chegando a uma produção de 214.868 toneladas diárias de lixo (Abrelpe, 2017). Na figura 1 será mostrado a geração de RSU no Brasil nos anos de 2016 e 2017.

Figura 1 - Porcentagem de participação coleta de RSU no Brasil.



Fonte: Abrepel, 2017.

A escolha de um biodigestor adequado é o principal fator para um desenvolvimento e processo apropriados, de modo que haja compatibilidade entre as características da biomassa utilizada e o biodigestor considerado. Neste processo é possível monitorar antes, durante e depois do processo de fermentação as temperaturas internas dos biodigestores, e temperatura interna e externa no armazenamento, onde os biodigestores ficaram contidos e a produção de biogás. O objetivo desse estudo consiste em avaliar o uso de resíduos orgânicos provenientes de compostos orgânicos descartados por residências e restaurantes, no processo de fermentação anaeróbia em biodigestores de tamanho industrial para geração e distribuição do metano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS (RSO)

Resíduo sólido orgânico é todo material descartado como lixo que deriva de um ser vivo, ou seja, trata-se de um material que tem a matéria orgânica como seu componente

biológico, que inclui folhas, restos de carnes e ossos, papéis, restos de alimentos, madeira etc. (BOJADSEN, 1997, apud ALMEIDA et al., 2013, p.28).

Segundo Almeida et al. (2013), esse tipo de resíduo é considerado poluente ao meio ambiente, devido que, além de ser altamente malcheiroso, proporciona durante seu processo de decomposição um ambiente favorável para o desenvolvimento de microrganismos com grandes agentes causadores de doenças. É possível manter o controle do descarte correto dos RSO, onde boa parte é composta de rejeitos gerados pelo corpo humano como fezes e urina, evitando-se a proliferação de vermes, bactérias, fungos e vírus, e conseqüentemente, reduzindo o nível de possível transmissão de doenças geradas por esse material.

Por outro lado, o potencial poluidor produzido por esse material orgânico, com tratamento adequado, pode ser usado para diversos fins como adubos e fertilizantes a partir da compostagem, ou pelo processo de biogásificação para a produção de certos combustíveis como biogás, devido à degradação dos RSO gerarem um alto índice de metano (JAMES, 1992, apud ALMEIDA et al., 2013, p.28).

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Estima-se que cada pessoa produz em média cerca de 800 gramas a 1 kg de resíduos sólidos por dia. No país do Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, foi apresentado um estudo pelo Atlas Brasileiro de GEE e Energia no ano de 2011, foi gerado aproximadamente cerca de 198 mil toneladas de resíduos sólidos por dia, chegando a gerar cerca de 62 milhões de toneladas por ano. Somente 90% do Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foram coletados, sendo assim, das 198 mil toneladas coletadas diariamente, baixaram para 180 mil toneladas diárias. A grande maioria desses RSU gerados são armazenados em lugares inadequados, podendo causar sérios problemas ambientais, devido à emissão de gás metano lançado na atmosfera, o que acaba ocasionando o efeito estufa e gerando doenças.

O aterro sanitário é um lugar atribuído para armazenamento dos RSU, por meio dele acontece o monitoramento e tratamento. Na grande maioria das vezes, são construídos em locais distantes das cidades, devido ao mal cheiro e pela eventualidade de contaminação do solo e águas subterrâneas. Uma forma de acabar com o mal cheiro e a contaminação é a utilização de usinas de biogás, assim se pode gerar energia com o processo de decomposição do lixo orgânico.

2.3 BIODIGESTOR

Os biodigestores são equipamentos utilizados na produção de energia renovável através do Biogás, produzidos por digestão anaeróbica, ou seja, na ausência de gás oxigênio,

que usa de material orgânico (BIOSSISTEC JR, 2022). A biodigestão ou fermentação anaeróbia é bastante complexa e um elevado número de espécies de bactérias, produtoras ou não de metano, contribuem de algum modo para sua degradação (TIETZ et al. 2014). Durante a redução da carga orgânica presente em um resíduo, há a minimização do poder poluente e dos riscos sanitários desses dejetos e ao mesmo tempo, tem-se como subproduto o biogás, que pode ser convertido em energia térmica ou elétrica e o biofertilizante utilizado como adubo (STEIL, 2002).

De acordo com Sagula (2012), o biogás é constituído de 60 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), além de traços de gás hidrogênio (H_2), gás nitrogênio (N_2) e gás sulfídrico (H_2S). O metano não possui cheiro nem cor, sendo altamente inflamável de chama azul lilás e não deixa fuligem (BARRERA, 2003).

A formação do metano ocorre de forma espontânea em ambientes isentos de ar, quando a biomassa ou matéria orgânica cuja composição é feita por carboidratos, lipídeos, proteínas entre outros nutrientes, ainda na presença de bactérias, se decompõem formando metano e impurezas. Parte do dióxido de carbono produzido se liga à amônia, enquanto o enxofre fica como resíduo, resultando em uma composição do biogás.

O processo anaeróbico passa necessariamente por quatro fases a nível bacteriano, sendo elas hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, na qual a geração do biogás ocorre na última etapa do processo. Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma pastosa e com resíduo líquido, rica em nutrientes, com grande poder de fertilização sendo chamado de biofertilizante. Ele contribui para o restabelecimento do teor de húmus do solo, melhorando as características físicas e químicas além de ajudar a melhoria da atividade microbiana do solo (RIBEIRO, 2007).

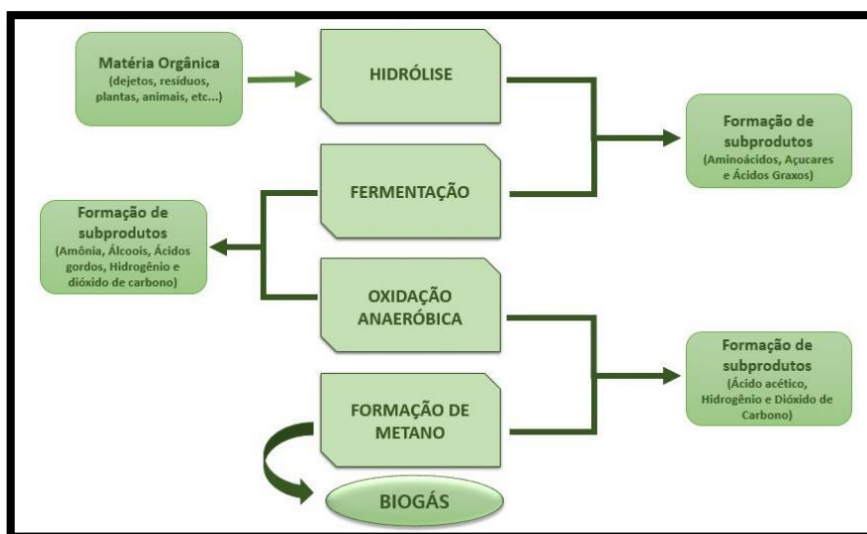
Dentro do fermentador ocorre a degradação anaeróbica da matéria orgânica, onde com o auxílio interno de um misturador para trazer homogeneidade à mistura, é possível manter um controle de pH e temperatura, para que as bactérias possam realizar esse processo de uma forma mais eficiente (GLEYSSON, 2012). Dependendo do tipo e da variação de matéria orgânica utilizada para a produção do biogás e do biofertilizante, resultará em sua concentração e qualidade devida destes subprodutos.

Isso ocorre, pois, cada substrato inserido apresenta diferentes propriedades químicas, o que afeta diretamente na produção final, necessitando-se de uma análise química apropriada para se estabelecer quais os tipos de substratos que alavancam o potencial de geração deste sistema, obtendo um subproduto ideal (GLEYSSON, 2013). De acordo com o fluxograma apresentado pela Figura 2, é possível visualizar o processo de biogásificação.

É a primeira fase do processo, em que as bactérias anaeróbicas facultativas (bactérias hidrolíticas) vão fazer a quebra dos compostos complexos e insolúveis em substâncias

simples e solúveis de menor peso molecular (monômeros), como monossacarídeos, ácidos graxos, aminoácidos e outros compostos.

Figura 2: Fases da produção de biogás.



Fonte: Infoescola, 2016

A etapa da hidrólise ocorre de uma maneira lenta, sendo um fator limitante para o processo de digestão anaeróbia (LEUNG e WANG, 2016). Pois é um período mais demorado e depende de alguns parâmetros, especialmente da composição do substrato e complexidade estrutural dele, uma vez que se for complexo (como no caso dos materiais lignocelulósicos).

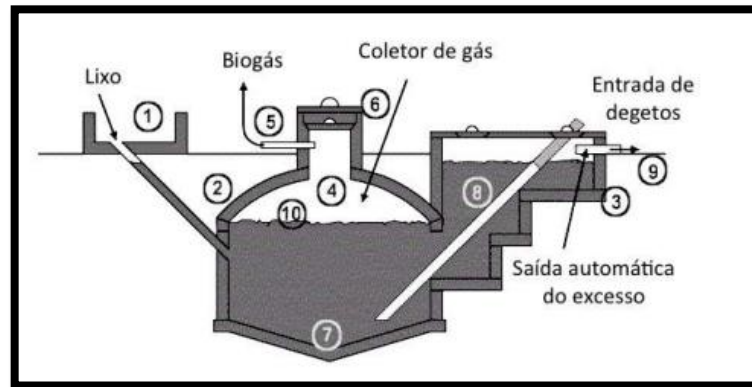
Os microrganismos envolvidos nesta fase encontrarão maiores dificuldades para desfazer o complexo de ligações e alcançar moléculas menores, porque essas 27 transformações são catalisadas por exoenzimas excretadas por micro-organismos facultativos ou acidogênicos (anaeróbios estritos), (INSAM et al., 2010). A acidogênese é a segunda etapa, as moléculas menores decorrentes da hidrólise são metabolizadas pelas bactérias acidogênicas fermentativas em ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGV), álcoois, ácido láctico, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio (ZHANG et al., 2015).

A acetogênese é uma fase reguladora do processo em que as moléculas orgânicas são convertidas em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono, pelas bactérias acetogênicas, que serão os substratos para as bactérias metanogênicas (KOTHARI et al., 2014). Na etapa final do processo da digestão anaeróbica, chamada de metanogênese, as bactérias metanogênicas usam acetato, CO₂, H₂ provenientes da fase acetogênica para a produção de dióxido de carbono e metano (LEUNG e WANG, 2016).

2.3.1. BIODIGESTORES DOMÉSTICOS

Tratam a fração orgânica do lixo, assim como excrementos. É possível agrupá-los em três propostas tecnológicas principais: o biodigestor de cúpula chinês, o de tambor flutuante indiano e o tubular de plástico taiwanês. Eles são apresentados nas figuras 2, 3 e 4.

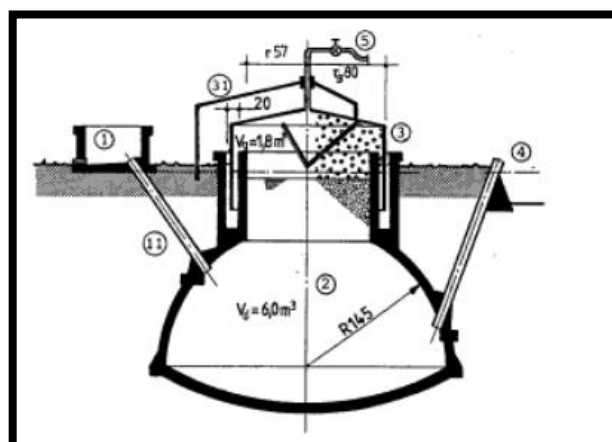
Figura 3 - Biodigestor de cúpula chinês



Fonte: Energypedia (2016a).

O biodigestor de cúpula chinês é construído com materiais de alvenaria comum – tijolos ou pedras, ferro e cimento. Constitui-se de uma câmara de fermentação enterrada no solo e revestida de alvenaria (10), com fundo abaulado (7), interligada a um canal para alimentação com materiais orgânicos e líquidos (2) que a conecta com a superfície (1); uma saída do material digerido, em nível inferior (8), para coleta do resíduo fertilizante (3, 9), uma saída superior (4), para a coleta do biogás produzido (5) e uma tampa removível para a realização de manutenção (6). Apresenta, como vantagens, baixo custo de manutenção e longa vida útil – estimada em 20 anos (MSIBI; KORNELIUS, 2017).

Figura 4 - Biodigestor indiano

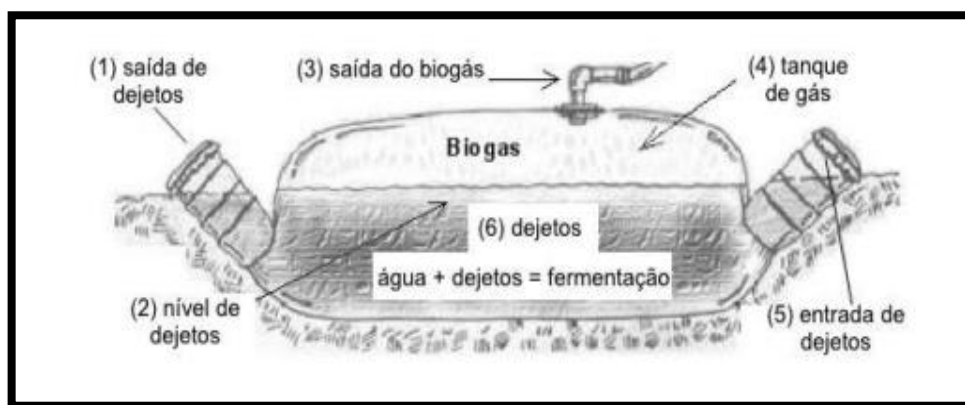


Fonte: Energypedia (2015)

O biodigestor de tambor flutuante indiano é constituído de um cilindro enterrado construído em alvenaria ou concreto reforçado (2), ligado a uma caixa de entrada de resíduos (1); e outro invertido, em forma de tambor (3), que se encaixa abarcando o primeiro, e serve de recipiente contentor de gás. O tambor é conectado a uma saída superior, para a realização da coleta do biogás (5). Os primeiros tambores eram construídos em aço.

Porém, com o tempo, corroíam-se. Mais tarde, passaram a ser fabricados em fibra de vidro, para evitar o problema. O tambor se move para cima e para baixo, de acordo com a quantidade de gás acumulada. A alimentação se faz por um cano de entrada conectando a superfície à câmara de fermentação (11), e há uma saída para o escoamento do lixo processado (4). O gás é retirado pela parte superior do tambor flutuante. Desde sua criação, esta topologia tornou-se muito popular na Índia, tornando-se objeto de muitos melhoramentos por parte da academia e da indústria do país (ENERGYEDIA, 2015).

Figura 5 - Biodigestor tubular de plástico taiwanês



Fonte: Energypedia (2016b).

O biodigestor taiwanês é uma espécie de pequeno reator de lagoa coberta constituída por um longo cilindro plástico com a relação entre o comprimento e o diâmetro de 14:3, construído em um saco feito de PVC, nylon coberto com neoprene ou um material especial denominado “red mud plastic” (RMP) feito com sobras de produção de alumínio. Possui um cano de alimentação numa das suas extremidades (5), e outro para a retirada do resíduo fertilizante no lado oposto (1). Na parte superior possui um reservatório de gás (4) e um coletor do gás produzido (3).

A biomassa fica armazenada na parte inferior do cilindro (6), no nível do solo (2). É a que apresenta menor custo inicial de implantação dentre as opções construtivas, porém também a de maior fragilidade (pode furar por contato com partes pontiagudas) e menor vida útil – estimada entre 2 e 10 anos (ENERGYEDIA, 2016b; JAXYBAYEVA et al., 2014; MSIBI; KORNELIUS, 2017).

2.4 ENERGIAS RENOVÁVEIS E O BIOGÁS

O biogás, como produto de fermentação tem grandes vantagens sobre outros biocombustíveis, por exemplo ele não gasta energia para se separar do meio de produção por ser um gás), tem bom teor de hidrogênio portanto bom poder calorífico (por unidade de peso), exige muito pouca energia para sua purificação (retirada de enxofre e água, por exemplo), a produção se dá em ambiente que não requer nenhuma assepsia, portanto requerendo biorreatores relativamente baratos (embora grandes), a população microbiana responsável pela produção se desenvolve naturalmente e é formada por muitas espécies em cooperação, portanto mais robustas, capazes de consumir diferentes tipos de substratos (em geral resíduos líquidos ou pastosos), suportar variações e paradas e ainda gerar subprodutos (os chamados biodigestatos) que podem ser reciclados como fonte de água e nutrientes para a produção vegetal, inclusive substituindo fertilizantes minerais e fósseis.

O biometano em geral se adapta melhor aos motores de Ciclo Otto do que aos de Ciclo Diesel (para as tecnologias motrizes atuais) e estes motores, em geral, tem potência menor para o seu tamanho, maior consumo por quilometro, maior custo de manutenção e menor vida útil, por este motivo há esta preferência pelos motores de Ciclo Diesel no transporte de carga e de passageiros, mesmo com maiores emissões. O armazenamento do biogás (ou do biometano) é também mais caro do que o armazenamento de combustíveis líquidos embora hoje as condições de segurança estejam bem equacionadas, em vista do uso generalizado de gás natural (e outros gases) na indústria. O fato de ser gasoso e de ser necessária energia para sua liquefação ou apenas para seu transporte em dutos pressurizados, também complica o sistema de distribuição que requererá a montagem de pontos de reabastecimento nas principais rodovias em direção às grandes cidades e portos (os chamados corredores verdes). Em muitas Biorrefinarias, a geração de resíduos biodigeríveis é sazonal, trazendo desafios técnicos e econômicos, que embora tenham solução, podem encarecer os produtos finais.

Finalmente ao enviar todos os resíduos orgânicos para o biodigestor as Biorrefinarias (que transformam plantas em produtos) ficam mais eficientes e mais sustentáveis, gerando biocombustíveis de baixíssimas emissões de carbono, principalmente com o uso da metodologia de Análise de Ciclo de Vida Atribucional, que é usada hoje na política do RenovaBio.- Pensando portanto nos fundamentos e nas lições aprendidas com o Proálcool, o Programa do Biodiesel, o Pré-sal e com a importação de gás boliviano (e argentino) e ainda em vista do RenovaBio e a sua continuidade, veremos sim na próxima década a substituição do diesel na própria Biorefinaria, no transporte de passageiros nas grandes cidades (biometano de lixo) e, com a manutenção da fabricação de motores de combustão interna,

grandes reduções nas emissões, reduzindo nossa dependência externa de diesel e adubos importados, mesmo sem grandes inovações e Políticas Públicas (que serão muito desejáveis).

2.5 LEIS E NORMAS PARA ATERRO SANITÁRIO

Os aterros sanitários segundo a NBR 8419/92 da ABNT são definidos como uma técnica para elaboração de projetos sustentáveis, com base nisso a NBR 13.896/97 da ABNT estabelece exigências para elaboração de possíveis projetos. Os aterros recebem resíduos sólidos urbanos de diversos tipos como, da área da saúde, área de construções e área industrial, deve se elaborar células específicas para área conforme cada respectiva característica do resíduo, e devido ao grau de exigência e operação do aterro.

Conforme a NBR 10.004/2004 da ABNT somente resíduos sólidos de classe II (não-inertes) serão recebidos em aterros sanitários e resíduos sólidos de classe I nunca poderão ser recebidos por serem considerados perigosos. A determinação da CONAMA 404/2008 define parâmetros e instruções para o licenciamento ambiental do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos que tenham acomodação de até 20 toneladas/dia de resíduos.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica, cujos dados foram coletados através do levantamento das produções científicas e de bases de dados online sobre o uso do biogás como fonte alternativa de energia. Inicialmente foi realizada uma busca onde foram utilizados como critérios de utilização textos e artigos que abordavam os principais pontos da utilização do biogás como fonte de energia. Assim foram encontrados artigos e documentos em bases online referentes ao uso do biogás como fonte de energia.

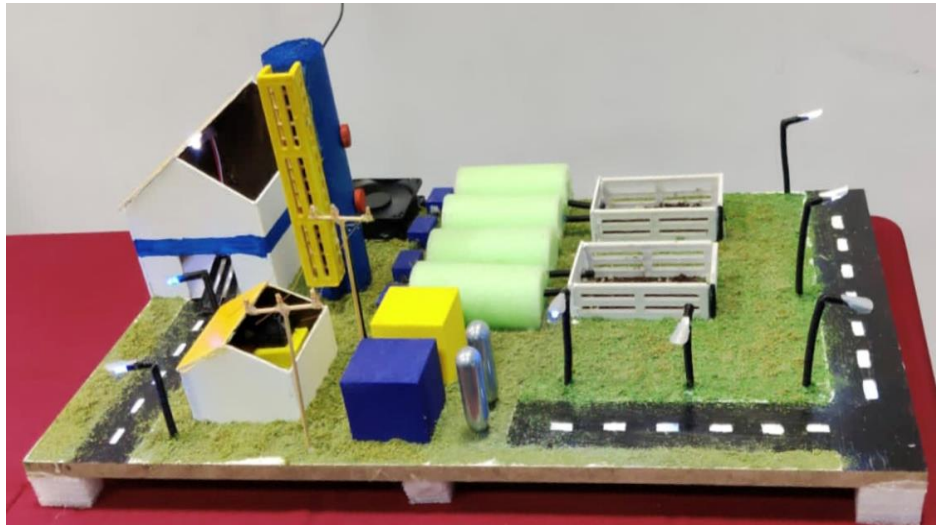
Na atualidade, surge-se no mercado a necessidade de desprender-se da produção de energia movida a combustíveis fósseis e nesse novo cenário ganha destaque o conceito de energia renovável, pois entende-se que este é uma energia limpa e sustentável. Para composição deste trabalho, utiliza-se como pressupostos dos resíduos sólidos orgânicos, o impacto para ecossistema e o desenvolvimento de uma maquete didática visando uma melhor compreensão da educação ambiental.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As informações levantadas possibilitaram analisar e elaborar um sistema eficaz de aproveitamento energético de resíduos orgânicos, dimensionados para o quantitativo diário dos resíduos descartados pelo município. O desenvolvimento de uma maquete possibilitou

exemplificar as etapas do processo e demonstrar um projeto futuro em escala industrial conforme a figura 6.

Figura 6 – Maquete de produção de biogás



Fonte: Autor.

A identificação dos resíduos serve para garantir a segregação realizada nos locais de geração e deve estar presente nas embalagens, nos locais de armazenamento e nos veículos de coleta interna e externa. O material utilizado é colocado em local preparado para o armazenamento e posteriormente sua utilização conforme a demanda. Cada biodigestor é equipado com termômetro digital de sensor externo de precisão, instalado dentro do biodigestor a uma distância de 2 metros em relação à parte superior. Para monitorar a temperatura interna do biodigestor, utiliza-se um termômetro higrômetro com sensor interno e externo de precisão. Os dados são coletados 4 vezes por dia e 3 vezes por semana, deve ser realizadas movimentação do produtos dentro dos biodigestores para aumento de produção.

Para quantificar a produção de biogás, será necessário a instalação de um medidor individual (gasômetro) em cada biodigestor, também poderão ser utilizados medidores de vazão ultrassônico na saída dos biodigestores e no final após a passagem pelos filtros de limpeza, purificação e separação de outros gases. Para obter a quantidade de biofertilizante produzido, realizou-se a determinação de massa total antes e depois do processo de biodigestão. Foi analisado o processo de fermentação e geração de gás metano, os teores de carbono orgânico e nitrogênio total dos resíduos e a massa do biofertilizante. A produção de biogás tem início a partir do sétimo dia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações pesquisadas foram extraídas de trabalhos experimentais com o uso de resíduos orgânicos para geração de energia através do biogás. Neste artigo, entende-se que através de pesquisas futuras e baseadas nas que foram apresentadas, almeja-se encontrar dados significados que apontam potenciais para produção em grandes escalas, inclusive industrial.

O estudo sobre a reutilização do lixo para produção de energia traz uma enorme contribuição para o município, pois acaba usando o lixo que ficaria disposto em lugares inapropriados, que poderiam causar doenças, poluição na atmosfera, poluição no solo, entre outras. A produção de energia elétrica pode ser utilizada para a própria cidade, seja em praças ou prédios públicos. Os resultados do experimento permitiram concluir que os resíduos alimentares são eficientes para produção de biogás.

REFERÊNCIAS

BIBLIODIGITAL. Potencial de geração de energia elétrica procedente do biogás oriundo dos resíduos sólidos urbanos no município de São Luiz Gonzaga/RS. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/5838>>. Acessado em 22 jun 2022.

BIOSSISTEC JUNIOR. Biodigestor: Um retorno garantido!. Disponível em: <https://biossistecjr.com.br/biodigestor/?gclid=EAlaIQobChMI0ejRn83QAIVT8mUCR2vwAFgEAAAYAiAAEgL3d_D_BwE>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ENERGIA E BIOGÁS. O futuro do biogás para uma mobilidade sustentável. Disponível em: <<https://energiaebiogas.com.br/qual-sera-o-futuro-do-biogas-ep-1-jaime-finguerut>>. Acessado em 22 jun 2022.

NÚCLEO DO CONHECIMENTO. Implementação De Um Biodigestor Para São Francisco De Sales E Região Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/implementacao-de-um-biodigestor>>. Acessado em 21 abr. 2022.

PORTAL DE PERIÓDICOS. Gestão De Resíduos Sólidos Em Empreendimentos Comerciais Urbanos e Potencialidade De Uso Energético. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8266>. Acessado em 07 maio 2022.

PORTAL DE REVISTAS CIENTÍFICAS UNICESUMAR. Aproveitamento de subprodutos restaurantes de Londrina. Disponível em: <<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/974>>. Acessado em 10 maio 2022.