

CIEA

Congresso Internacional de Engenharia Ambiental
&

10ª REA

Reunião de Estudos Ambientais

ANAIS

Artigos Completos

- VOLUME 3 -

**Sistemas e Técnicas de Tratamento e Disposição de
Resíduos Sólidos**

&

**Reaproveitamento ou Reutilização de Resíduos
Sólidos para geração de novos Produtos e Materiais**



Organizadores

Cristiano Poletto

Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves

Guilherme Fernandes Marques

José Gilberto Dalfré Filho

**ANAIS do Congresso Internacional de
Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de
Estudos Ambientais
Artigos Completos**

- VOLUME 3 -

**Sistemas e Técnicas de Tratamento e Disposição de
Resíduos Sólidos**

&

**Reaproveitamento ou Reutilização de Resíduos
Sólidos para geração de novos Produtos e Materiais**



Gráfica & Editora

Toledo – PR

2020

Copyright © 2020, by Editora GFM.

Direitos Reservados em 2020 por **Editora GFM.**

Editoração: Cristiano Poletto

Organização Geral da Obra: Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho

Diagramação: Juliane Fagotti

Revisão Geral: Espaço Histórico e Ambiental

Capa: Eventos Consulting Design Informática

CIP-Brasil. Catalogação na Fonte

Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho (Organizadores)

ANAIS do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais – Artigos Completos – Volume 3 – Sistemas e Técnicas de Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos & Reaproveitamento ou Reutilização de Resíduos Sólidos para geração de novos Produtos e Materiais / Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho (Organizadores) – Porto Alegre, RS: Editora GFM, 2020.

542p.: il.;

ISBN 978-65-87570-03-7

CDU 502.3/.7

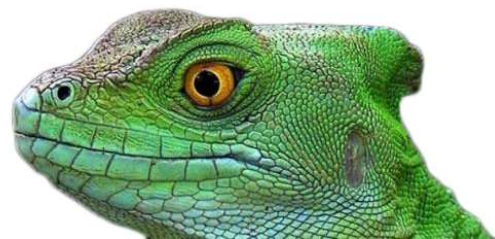
É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização por escrito da Editora ou dos Organizadores.

Comissão Organizadora

Dr. Cristiano Poletto – UFRGS (PRESIDENTE)
Dr. Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves – UFTM
Dr. Guilherme Fernandes Marques – UFRGS
Dr. José Gilberto Dalfré Filho – UNICAMP

Comissão Científica

AFONSO AUGUSTO MAGALHÃES DE ARAUJO – UFRJ
ÁLVARO JOSÉ BACK – EPAGRI
AMANDA GONCALVES KIELING – UNISINOS
ANDRÉ LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM – UNICAMP
ANTONIO CARLOS ZUFFO – UNICAMP
CÍNTIA SOARES – UFSC
CLAUDIA TELLES BENATTI – UEM
CRISTHIANE MICHIKO PASSOS OKAWA – UEM
CRISTIANO POLETO – UFRGS
EDNA POSSAN – UNILA
EDSON CAMPANHOLA BORTOLUZZI – UPF
ELIZABETE YUKIKO NAKANISHI BAVASTRI – UFPR
EVERTON SKORONSKI – UDESC
FELIPPE FERNANDES – UFRGS
FERNANDO FAN – UFRGS
FERNANDO OLIVEIRA DE ANDRADE – UTFPR
FERNANDO PERIOTTO – UFSCar
GERALDO DE FREITAS MACIEL – UNESP
GERSON SALVIANO ALMEIDA FILHO – IPT
JACKELINE TATIANE GOTARDO – UNIOESTE
JAIR JUAREZ JOAO – UNISUL
JOEL DIAS DA SILVA – FURB
JOSÉ ANTONIO TOSTA – UFES
JOSÉ CARLOS DE ARAÚJO – UFC
JOSÉ GILBERTO DALFRÉ FILHO – UNICAMP
JULIO CESAR DE SOUZA INÁCIO GONÇALVES – UFTM
LARICE NOGUEIRA DE ANDRADE – UFES
LÚCIO FLÁVIO FERREIRA MOREIRA – UFRN
LUIS EDUARDO A. S. SUZUKI – UFPel
MARCELO DE OLIVEIRA LATUF – UNIFAL
MARCELO GIOVANELA – UCS
MARIA DE LOS ANGELES PEREZ LIZAMA – UNICESUMAR
MAURICIO VICENTE ALVES – UNOESC
MICHAEL MANNICH – UFPR
RENATO BILLIA DE MIRANDA – USP
SIMONE ANDREA FUREGATTI – UNESP
SIMONE RAMIRES – UFRGS
VIVIANE TREVISAN – UDESC



ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR PARA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE - HCPA

| ID 15750 |

1 Beatriz Ferreira Webber, 2 Diego Menezes Gonçalves, 3 João Víctor Machado de Costa, 4 José Henrique de Souza Silva, 5 Manuela Carmona Paz Szeckir, 6 Marcelo Zen Pretto, 7 Simone Ramires, 8 Tháís Santos Landfeldt

1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: webberbeatriz@outlook.com; 2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: diegomenezes486@gmail.com; 3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: mister8jhon@gmail.com; 4 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: hiquess@hotmail.com; 5 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: mszeckir@hotmail.com; 6 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: celopretto@gmail.com; 7 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: simone.ramires@ufrgs.br; 8 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: thais.s.land@gmail.com

| RESUMO |

O grande volume de resíduos gerados nas áreas urbanas, a destinação ambientalmente incorreta deles e o consequente lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera tem causado grande preocupação quanto a necessidade de um crescimento sustentável, respeitando a natureza e as próximas gerações. Nesse sentido, a Escola de Engenharia (EE), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) e Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul propôs um projeto intitulado Acolhimento dos Calouros “Como tornar a UFRGS mais sustentável” para envolver, incentivar, criar, planejar e elaborar projetos inovadores que minimizem o impacto ambiental causado pelo consumo de energia, geração de resíduo sólido orgânico (RSO) e resolvam problemas como falta de espaços de convivência e reaproveitamento de materiais que são descartados pela Universidade e poderiam ser utilizado no Laboratório de Polímeros da UFRGS. Este projeto está em fase de andamento e pretende alavancar a pesquisa na universidade, ou seja, fortalecer o ensino, pesquisa e extensão e tem como base os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU), e pretende desenvolver o conhecimento, o empreendedorismo, a inovação, além da análise de lacunas. Através disso, buscou-se uma proposta. A proposta de projeto é a implementação de um biodigestor no Hospital de Clínicas de Porto Alegre com intuito de utilizar os resíduos sólidos orgânicos, gerados pelo hospital, na produção de biogás. Podendo ser utilizado, pelo mesmo, como fonte de energia térmica, e gás natural veicular (GNV). A fim de reduzir os resíduos sólidos alimentícios em aterros sanitários, propiciar uma fonte de energia limpa e a possibilidade de mitigação dos impactos gerados pelos resíduos sólidos e gases de efeito estufa, além de reduzir os custos para o Hospital com o tratamento de resíduos e com energia térmica. Para alcançar tal objetivo, utilizou-se da metodologia Design Thinking que caracteriza-se como uma abordagem, uma forma de pensar, e encarar problemas, focada na empatia, colaboração e experimentação, além disso o grupo envolvido na realização do projeto se concentrou na capacitação da equipe através de cursos e estudos disponibilizados e desenvolvidos a partir de uma parceria entre a Unido e o CIBiogás por meio do Projeto GEF Biogás Brasil que prevê ações locais e federais de estímulo à integração do biogás na cadeia produtiva brasileira, além de contar com o apoio para informações da equipe da unidade de demonstração de biogás e biometano instalada na



Itaipu Binacional. Portanto, com base nos dados apresentados quanto a geração de resíduo sólido orgânico (RSO) produzido pelo Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) é possível implementar um biodigestor no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, trazendo benefícios e estimulando a autonomia na geração de biogás. Dessa forma, gerando um ciclo sustentável, onde o Hospital e o meio ambiente se beneficiam, tornando-se uma alternativa útil para alcançar o escopo do projeto.

Palavras-chave: resíduo sólido orgânico; biogás; gases de efeito estufa.

| INTRODUÇÃO |

A proposta do projeto tem como objetivo envolver, incentivar, criar, planejar e elaborar projetos inovadores visando à sustentabilidade (social, econômico e ambiental). Pensando nisso, a EE da UFRGS implantou o Projeto Acolhimento dos Calouros – Desafio UFRGS – 2020/1 com a finalidade de desenvolver experiências vivenciais que permitam a construção de conhecimentos para fomentar a inovação, a criatividade, o saber trabalhar em equipe, o domínio de outros idiomas e o espírito empreendedor dos acadêmicos.

Todos os anos, o Brasil produz quase 37 milhões de toneladas de lixo orgânico, sendo que apenas 1% do que é descartado é reaproveitado. Esse resíduo tem potencial econômico para virar adubo, gás combustível e até mesmo energia, pois, são constituídos basicamente por restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas e podem ter diversas origens, como doméstica ou urbana (restos de alimentos e podas), agrícola ou industrial e de saneamento básico (MMA, 2017).

O desafio de transformar passivos ambientais em ativo energético é capaz de gerar desenvolvimento ambiental, econômico e social. As principais fontes de produção de biogás no país são aterros sanitários (51%), indústria de alimentos e bebidas (25%), suinocultura (14%) e o lodo de esgoto (6%), segundo dados de 2015 da Empresa de Pesquisa Energética. Com o aproveitamento do biogás, para geração de energia térmica, em substituição ao GLP, gasodutos GN e/ou energia veicular como GNV há uma considerada redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é composto por uma alta concentração de gás metano (CH_4), cerca de 24 vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2), no que se refere ao efeito estufa.

Sendo assim, a partir de identificação de lacunas foi possível perceber que os resíduos sólidos orgânicos (RSO) provenientes do Hospital de Clínicas de Porto Alegre são uma fonte de geração de biogás para ser utilizado no próprio local como fonte de energia térmica e gás natural veicular (GNV) e, desta forma minimizar custos gerados pelo destino adequado dos RSO segundo a Política Nacional



dos Resíduos Sólidos de 2010, possibilitando mitigação do impacto ambiental causado pelos RSO, gases de efeito estufa (GEE).

Diante do cenário exposto, tem-se a proposta de criação de um biodigestor no HCPA/UFRGS que possibilita transformar resíduos orgânicos em biogás e biofertilizante, sendo que o biogás consiste principalmente em gás metano e gás carbônico, podendo ser utilizado na substituição do gás natural ou ser convertido em energia elétrica.

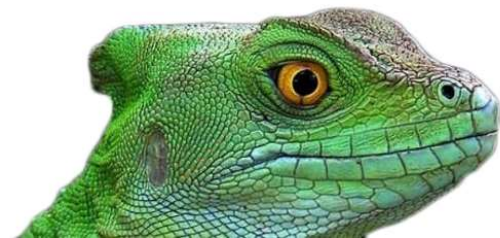
| JUSTIFICATIVA |

O desafio de transformar passivos ambientais em ativo energético é capaz de gerar desenvolvimento ambiental, econômico e social, sendo alicerçado nos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS da Organização das Nações Unidas, entre eles, o objetivo 7 de assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos, o objetivo 11 de tornar as cidades e os assentamentos humanos sustentáveis e o objetivo 13 de tomar medidas para combater a mudança climática e seus impactos (ONU, 2015).

Ainda, segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA, na 21ª Conferência das Partes foi adotado um novo acordo para fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e o Brasil comprometeu-se a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética até 2030, viabilizando pesquisas relacionadas com o biogás.

Para a Associação Brasileira de Biogás e Biometano (ABIOGÁS), a estimativa é que o Brasil possa produzir 32 milhões de m³/dia de biometano em 2030, por conta da nova Política Nacional de Biocombustíveis e das iniciativas em desenvolvimento nos setores interessados

Neste sentido, o projeto justifica-se pela necessidade de redução de custos quanto a geração de resíduos sólidos orgânicos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), pela geração de biofertilizante, biogás para geração de energia térmica, em substituição ao GLP, gasodutos GN e/ou energia veicular como GNV há uma considerada redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é composto por uma alta concentração de gás metano (CH₄), cerca de 24 vezes superior ao dióxido de carbono (CO₂), no que se refere gases de efeito estufa (GEE).



| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA |

Resíduos Sólidos Orgânicos – RSO

Praticamente a metade dos resíduos urbanos no Brasil são constituídos por resíduos orgânicos, quantidade que representa 51,4% dos resíduos totais (BRASIL, 2010). Em geral, resíduos putrescíveis como restos de animais ou vegetais são provenientes das mais diversas fontes como urbana e doméstica, agrícola, industrial, de saneamento básico. Alguns exemplos são restos alimentares, podas, varrição de ruas e praças, resíduos de indústria alimentícia, frigoríficos, lodos de estação de tratamento de esgoto, entre outros.

No Brasil, ainda se enterram, queimam ou lançam a céu aberto milhões de toneladas de resíduos orgânicos, em decorrência do desconhecimento ou indiferença sobre seu potencial de aproveitamento e dos impactos negativos que provocam quando dispostos inadequadamente.

Em julho de 2014, por meio do documento “Rumo a uma economia circular: um programa para o desperdício zero”, a Comissão Europeia apresentou propostas para aumentar a reciclagem/reutilização de resíduos urbanos para 70% até 2030, eliminar progressivamente a disposição dos materiais recicláveis em aterros, incluindo os resíduos orgânicos e reduzir a geração de resíduos de alimentos em 30% até 2025, além de introduzir a obrigatoriedade da coleta seletiva até 2020.

Entretanto, na 10ª Conferência Internacional sobre Economia Circular e Resíduos Orgânicos realizado em 2016 na cidade de Creta foram abordados diversos aspectos da gestão e recuperação desses materiais, entre eles: prevenção de resíduos, separação na fonte e coleta seletiva visando à reciclagem, benefícios da compostagem e da biodigestão para a recuperação da fertilidade do solo e obtenção de energia por biogás, além de compostagem e digestão anaeróbia (processos, tecnologias, qualidade do produto, papel da matéria orgânica no combate à desertificação).

No Brasil, cerca de 51,4% da composição dos resíduos sólidos urbanos é matéria orgânica segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2016) implicando num alto desperdício de recursos ambientais e financeiros. Quando apresentam grande quantidade ou se estão dispostos de maneira que não seja a correta, esse grande volume de resíduos pode representar problemas ao meio ambiente e a saúde pública, pois gera lixiviado, emite gases na atmosfera, além de aumentar a proliferação de doenças. Por isso, fazer o uso de procedimentos corretos de gerenciamento e tratamento destes resíduos é de suma importância para garantir que a matéria orgânica presente seja estabilizada (BRASIL, 2016).



No ano de 2010, foi aprovada a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), também conhecida como a Lei da Política dos Resíduos sólidos, que determina que todo município deve ter um plano de Gestão de resíduos sólidos e que todos os lixões sejam extintos em um prazo de quatro anos. O gerenciamento de Resíduos sólidos contempla a geração, o acondicionamento, a coleta, o transporte, o processamento e o tratamento adequado dos resíduos, tendo como princípios a minimização, a reutilização e a reciclagem (BRASIL,2010)

Biogás

De acordo com o Centro Internacional de Energias Renováveis – CIBiogás (2018) biogás é um tipo de biocombustível produzido a partir da decomposição de materiais orgânicos (de origem vegetal ou animal), que são decompostos em digestão anaeróbia (ausência de ar), produzindo uma mistura de gases, cuja maior parte é composta de metano e sua composição varia de acordo com o material que está em processamento no biodigestor.

Ainda, segundo Dolejs et al (2014) o biogás sem nenhum processo de filtragem é composto principalmente por metano CH₄ (50 a 70%) e dióxido de carbono (CO₂) (30 a 50%) e por uma pequena quantidade de vários componentes residuais como vapor d'água, sulfeto de hidrogênio (H₂S) com uma concentração que pode variar de 0 a 1%, amônia (NH₃) com concentração de 0 a 1% ,o nitrogênio (0 a 7%), o oxigênio (0 a 2%) (POSSA, 2013). O biogás gerado pode ser utilizado como fonte de energia industrial ao calor, vapor, eletricidade e refrigeração (NOGUEIRA et al., 2015)

Segundo Kelleher et al., (2002) o processo de digestão anaeróbia (figura 1) ocorre por meio da atuação de microrganismos simbióticos em diferentes fases e sua atuação depende de características individuais dos microrganismos relacionadas a fatores como pH e variações de temperatura (CHERNICHARO, 1997).

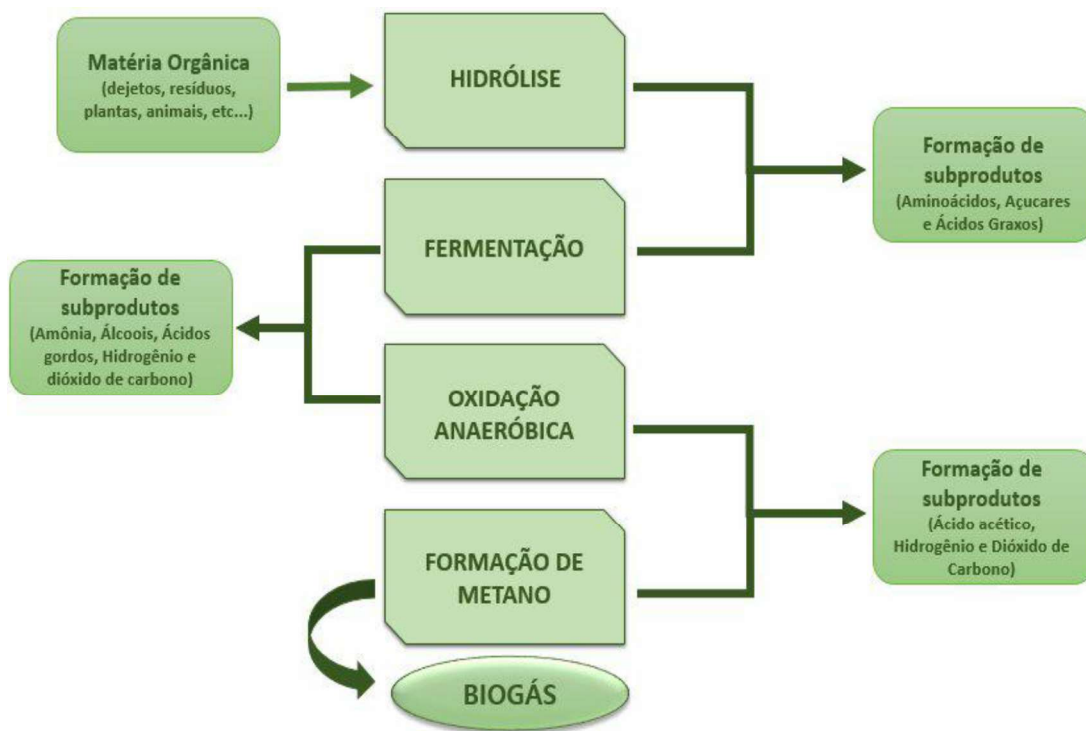
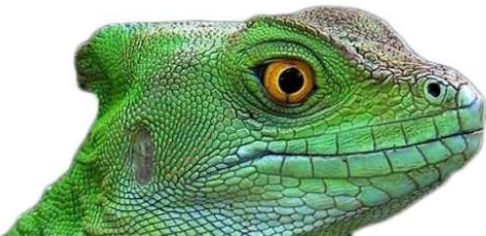
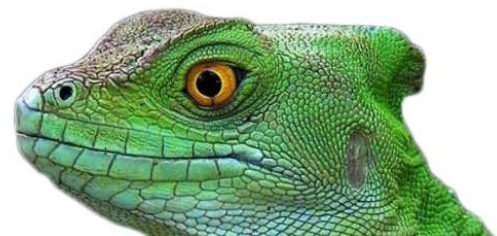


Figura 1: Ciclo de geração do biogás

O processo de produção de biogás – a digestão anaeróbia – ocorre em quatro etapas: a hidrólise, em que as bactérias hidrolíticas decompõem os compostos orgânicos complexos (proteínas, carboidratos e lipídios) em compostos mais simples (aminoácidos, ácidos graxos e açúcares); a acidogênese, em que bactérias fermentativas utilizam os compostos orgânicos simples para formar ácidos graxos de cadeia curta, hidrogênio, dióxido de carbono; a acetogênese, na qual ocorre a formação de ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono; e a metanogênese, em que as arqueas metanogênicas transformam ácido acético em metano e dióxido de carbono. Para que esses microrganismos envolvidos cresçam e se reproduzam é necessário manter um ambiente de cultura apropriado, mantendo a uniformidade das características físico-químicas ao longo do processo. A temperatura, umidade, impermeabilidade do ar e a composição química do substrato são fatores importantes na formação de biogás. (CIBIOGÁS, 2020)

Potencial calorífico do biogás

O poder calorífico, também designado por calor específico de combustão, consiste na relação entre a quantidade de calor (Q) libertada durante a combustão da massa (m) de uma substância e a



referida massa: $E = Q/m$. A partir de 1977 deixou de se exprimir em kcal (quilocaloria) e passou a exprimir-se em joule.

Em consequência do alto teor de metano, o biogás é uma ótima fonte para geração de energia, e quando comparado o seu potencial calorífico com a gasolina, chega-se a um fator de equivalência energética de 0,60 litros de gasolina para cada m^3 de biogás. As informações de comparação entre biogás e a outros combustíveis com seus fatores de equivalência energética estão disponibilizadas na Tabela 1, comparação do biogás com outros combustíveis (CIBIOGÁS, 2020).

Tabela 1 - Comparação do biogás com outros combustíveis.

Gasolina	0,613 litros
Querosene	0,579 litros
Óleo diesel	0,553 litros
Gás de cozinha (GLP)	0,454 litros
Lenha	1,536 kg
Álcool hidratado	0,790 litros
Eletricidade	1,428 kW

Biodigestor

O biodigestor utilizado para obtenção do biometano é o modelo Continuous Stirred Tank Reactor - CSTR (reator com tanque agitado continuamente). Esse modelo de biodigestor suporta elevadas cargas orgânicas volumétricas (1 a 4 kgSV.m-3.d-1), sendo caracterizado por ter seu conteúdo em homogeneização devido à presença de sistema de agitação. Esta é a configuração de biodigestor mais utilizada em plantas de biogás, onde o tempo de retenção hidráulica – TRH mínimo do reator geralmente é entre 15 e 20 dias, podendo variar bastante em função do tipo de substrato a ser digerido.

Esse biodigestor de mistura contínua é de alto nível tecnológico e controla todo o processo, possuindo isolamento térmico, misturador, sistema de trituração e controladores de temperatura em seu interior. Apesar da implantação de um sistema de agitação acrescentar custos, ela auxilia na transferência de calor e mantém os sólidos em suspensão, garantindo o contato entre o substrato e os microrganismos. Já o sistema de aquecimento garante maior produção de biogás, pois contribui para a conservação da temperatura e estabilização do reator, fatores importantes na manutenção da população de microrganismos. O sistema é constituído por uma cobertura exterior – que protege os elementos da atmosfera - e outra interior – que armazena o biogás. É recomendado que o biodigestor (figura 2) opere com uma concentração de sólidos totais de até 12%.

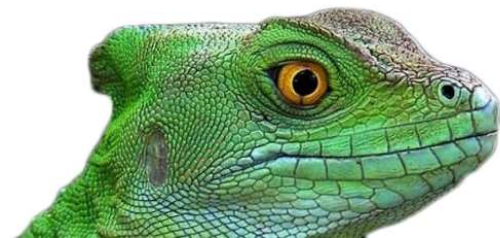


Figura 2 - Biodigestor Continuous Stirred Tank Reactor – CSTR

Gases de Efeito Estufa (GEE)

O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita a vida na terra. É um processo físico que ocorre quando parte da radiação solar refletida pela terra é absorvida por certos gases que são opacos à radiação terrestre. Caso essa camada de gases não existisse, a temperatura média da superfície da terra seria de -18°C (contra os 14°C atuais). O clima se mantém inalterado quando a energia incidente e a refletida está em um certo equilíbrio. Existem, porém, diversas maneiras de alterar esse equilíbrio, uma delas sendo a mudança da concentração dos gases do efeito estufa - fenômeno que vem sendo observado nas últimas décadas, devido ao aumento insustentável de emissões antrópicas desses gases.

Os principais gases do efeito estufa (GEE) são os seguintes: o dióxido de carbono, emitido principalmente pelo uso de combustíveis fósseis, é o mais abundante dos GEE e sua concentração aumentou 35% desde a era industrial; o gás metano, emitido pela decomposição de matéria orgânica, encontrado principalmente em lixões, aterros sanitários e reservatórios de hidrelétricas; o óxido nitroso, emitido no tratamento de dejetos animais, pelo uso de fertilizantes, queima de combustíveis fósseis e certos processos industriais; o hexafluoreto de enxofre, utilizado como isolante térmico (GEE com maior poder de aquecimento); os hidrofluorcarbonos, utilizados em desodorantes aerossóis e refrigeradores, substituindo os clorofluorcarbonos; os perfluorcarbonos, utilizados em espumas, aerossóis, gases refrigeradores, entre outros (CIBIOGÁS, 2020).

Gás Metano

O gás metano (CH_4) é produzido a partir da digestão anaeróbica e contribui para o aquecimento global e segundo Morgado et al (2013) a proporção em volume de gás metano na atmosfera terrestre é de 1,8 ppmv (partes por milhão em volume) e aumenta a uma taxa de 0,7 a



1,0% ao ano (DUCHEMIN et al., 1999). O aquecimento global é um processo natural, porém com a concentração de gases do efeito estufa (GEE) crescendo o mesmo tem causado uma poluição atmosférica acima da média, sendo que o CH₄ é 21 vezes mais potente que o gás carbônico para o efeito estufa, um meio para reduzir as emissões de metano para a atmosfera é transformar esse gás em energia (KASTRUP et al., 2005). O controle das emissões de metano em aterros pode ser realizado por meio da captação de biogás e combustão (flares), combustão com geração de energia.

| MATERIAIS E MÉTODOS |

O projeto se caracteriza como pesquisa experimental, tendo início em março de 2020 e sem data estimada para o seu término, no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, localizado a Rua Ramiro Barcelos, 2350, no bairro Santa Cecília, na cidade de Porto Alegre, RS.

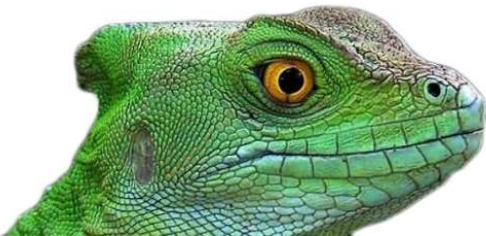
Em primeiro lugar, realiza-se a caracterização quanto ao tipo de pesquisa, considerando a natureza, abordagem, objetivos e procedimentos e, após as etapas técnicas e ferramentas utilizadas para se chegar no objetivo do projeto.

No que diz respeito ao tipo de pesquisa, de acordo com Gray (2012), esse projeto classifica-se como de natureza aplicada e abordagem qualitativa e ainda pode ser considerada como exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito. Do ponto de vista dos procedimentos, de acordo com Yin (2005), classifica-se esse projeto como um estudo de caso, pois investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto de vida real, enfrentando uma situação única, com diversas variáveis e fontes de evidências.

Também, caracteriza-se por pesquisa bibliográfica realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites, ou seja, qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto.

Ainda, utiliza-se da metodologia Design Thinking que é amplamente utilizada como metodologia de inovação desenvolvido pela D.School, um Instituto da Universidade de Stanford, no vale do Silício na Califórnia que caracteriza-se como uma abordagem, uma forma de pensar, e encarar problemas, focada na empatia, colaboração e experimentação (SIMON, 1969).

Também, segundo Grandó (2011) é um método que tem comportamento criativo e prático quando utilizado para resolução de gargalos ligados a concepção de projetos, que tem sido investida por diversas organizações que tem como objetivo de buscar implementar inovação nos negócios e/ou processos, por meio dos produtos e serviços.



Para os autores a abordagem do Design Thinking (figura 4) vem estimulando um crescimento de mercado em diversos setores por meio do desenvolvimento de produtos e de novas tecnologias, que vão além do design tradicional.

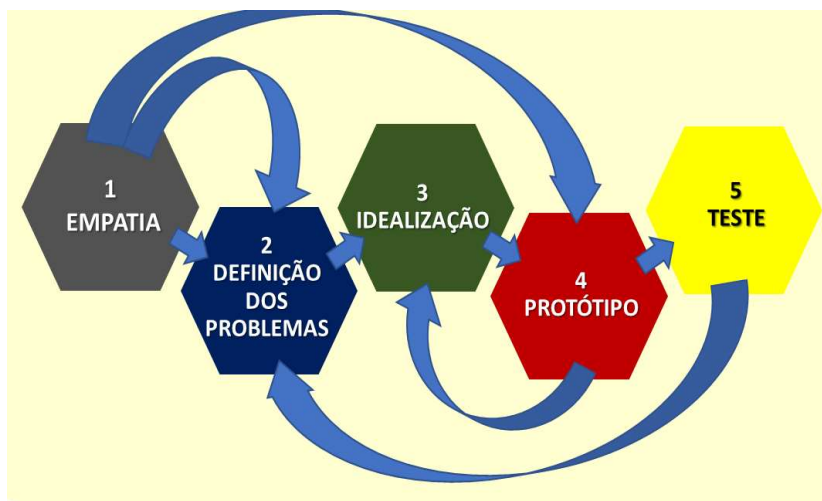


Figura 3: Etapas do Design Thinking

Levantamento de dados

A coleta de dados deu-se a partir do contato com o setor de Gestão Ambiental do HCPA que informou a quantidade de resíduos orgânicos gerados que anterior a COVID-19 era de 500 kg por dia, portanto, com base nas referências bibliográficas, contato com setor do Parque Tecnológico de Itaipu e cursos disponibilizados pela CIBiogás realizados pelo grupo é possível afirmar que a quantidade de resíduos sólidos orgânicos gerada pode beneficiar o HCPA e estimular autonomia na geração de biogás. Além disso, as competências dos Autores do projeto que estão vinculados aos cursos de Engenharia Física, Mecânica, de Materiais e Química contribuem para o escopo do projeto sobre o estudo da viabilidade de implementação de um biodigestor para geração de biogás a partir de resíduos orgânicos alimentares, o que possibilita a descentralização dessa tecnologia nas regiões de produção agrícola e a discussão sobre a inovação na forma de destinação dos resíduos sólidos orgânicos urbanos gerados nas pequenas e grandes cidades.

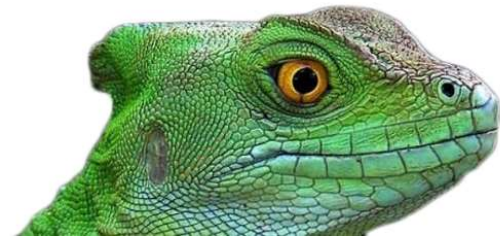


| CONSIDERAÇÕES FINAIS |

A metodologia aplicada mostrou-se satisfatória e aplicável para alcançar o objetivo de implementar um biodigestor no Hospital de Clínicas de Porto Alegre – HCPA para geração de biogás, pois a partir da identificação dessa lacuna quanto a gestão de resíduos que foi encontrada, de dados de geração diária de resíduos sólidos orgânicos do Hospital e da base de conhecimento e informações levantadas, é possível afirmar que o biodigestor se torna viável. Portanto, o projeto intitulado Acolhimento dos Calouros “Como tornar a UFRGS mais sustentável” realizado pela Escola de Engenharia (EE), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) e Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pode ser considerado eficiente para alcançar seu propósito, pois instigou e incentivou seus graduandos a inovar e empreender, assim como desenvolver as habilidades de comunicação, colaboração, visibilidade de mercado, e senso de observação, as quais são competências de todos os engenheiros independente da área de atuação. Além de levantar a discussão sobre a modernização e os meios de produção da sociedade moderna e os conceitos de sustentabilidade e responsabilidade social.

| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS |

- ABIOGÁS - Associação Brasileira do Biogás. Infográficos Abiogás. Disponível em: <https://abiogas.org.br/infograficos-abiogas-abrelpe-rsu/>. Acesso em: 04 de maio. 2020.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004: Resíduos Sólidos. Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- Boschci, M. T. O design thinking como abordagem para gerar inovação: uma reflexão. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2012.
- BRASIL, 2010. Lei nº 12.305. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
- BRASIL, 2016. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>. Acesso em: 04 de maio. 2020.
- BRASIL. Política Nacional de Resíduos sólidos. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/L12305.htm acesso em 15 de janeiro de 2017.
- Brown, T. Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- Cabral, K. V. G. implementação e acompanhamento de uma planta de biodigestão para geração de energia elétrica, Trabalho de conclusão de curso, UFPE, 2016



- CIBIOGÁS. Biblioteca. Disponível em: <https://biblioteca.cibioogas.org/#/>. Acesso em: 04 de maio. 2020.
- Desconsi, J. Design thinking como um conjunto de procedimentos para a geração da inovação: um estudo de caso do projeto G3. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Centro Universitário Ritter dos Reis, Porto Alegre, 2012.
- Dolejs, P.; Postulka, V.; Sedlavkova, Z.; et al. Simultaneous hydrogen sulphide and carbon dioxide removal from biogas by water-swollen reverse osmosis membrane. *Separation and Purification Technology*, v. 131, p. 108–116, 2014
- Dornelas, J. C. A. Empreendedorismo: transformando idéias em negócios. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 299 p.
- Duchenin, E. *et. al.* (1999). Comparison of static chamber and thin boundary layer equation methods for measuring greenhouse gas emissions from large water bodies. *Environ. Sci. Technol.*,33,350-357.
- Fraser, H. Design para negócios na prática: como gerar inovação e crescimento nas empresas aplicando o business Design. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 208 p.
- Gaspar, R. M. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. Florianópolis, 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- Gil, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.
- Grey, Jennifer R.; Burns, N.; Groove, Susan K. *The Practice of Nursing Research: Appraisal, Synthesis, and Generation of Evidence*. Elsevier Health Sciences. 2012.
- Juliani, Jordan Paulesky; CAVAGLIERI, Marcelo; MACHADO, Raquel Bernadete. Design thinking como ferramenta para geração de inovação: um estudo de caso da Biblioteca Universitária da UDESC. Santa Catarina: UDESC, 2015.
- Kastrup, Luiz Felipe de Camargo *et al.* Geração de energia limpa através da reforma de gás metano de aterros sanitários. 2005. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001612619>. Acesso em: 10 de maio. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Ciência da Mudança do Clima - Efeito Estufa e Aquecimento Global. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html>. Acesso em: 11 maio. 2020.
- Morgado, Eliane da Silva *et al.* Potencial de produção de gás metano e dióxido de carbono in vitro dos ingredientes utilizados em dietas para ovinos. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68912013000400003 Acesso em: 10 de maio de 2020.
- Nogueira, C. E. C. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. Paraná: revista engenharia agrícola, 2015.
- Oliveira, R.D. Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono. 2009. 98f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 17 objetivos de desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em: 04 maio. 2020.
- Pinheiro, T.; ALT, L. Design thinking Brasil: empatia, colaboração e experimentação para pessoas, negócios e sociedade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.



- Possa, R. D. Alternative technology for purification of biogas obtained from swine manure. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Toledo, 2013.
- Salazar, A. R. G. Estudo da utilização do biogás como fonte de energia renovável no processo produtivo de indústrias de bebidas. 2014. Dissertação (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Faculdades de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2014.
- Silva, Marcelo Bento da; Aspectos do comportamento de gás metano dissolvido na água de reservatórios brasileiros. 2004. Disponível em : <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03032005-092611/en.php> Acesso em: 10 de maio de 2020.
- Silva, Gisely Alves da. Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos e lodo de esgoto. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2017.
- Vianna, M. et al. Design thinking: inovação em negócios. Rio de Janeiro: MJV, 2012.
- Yin, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- Zanetti, André L.; Potencial de aproveitamento energético de biogás no Brasil. 2009. 105f. Dissertação (Mestrado em Planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.