

ENERGIA SUSTENTÁVEL: Geração de Energia Através de Resíduos Orgânicos

Elias do Nascimento

Graduando em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS

Gustavo Alencar Correa

Graduando em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS

Robson Luiz de Andrade Macedo

Graduando em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS

Daniela Cabral de Oliveira

Mestra em Engenharia Mecânica – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS

Ricardo da Silva Ferreira Júnior

Doutor em Química – UFMS
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

Com o crescimento da população e aumento de veículos, a busca por novas tecnologias se tornam desafios diários. Com a proposta de gerar energia, e alta difusão da energia renovável, esse projeto vem de encontro com o propósito de gerar gás metano através de resíduo e dejetos animais, proporcionando alternativa ao produtor rural com o descarte de quantidades de dejetos liberada pelos animais. Através do projeto de biodigestor caseiro, aproveita o dejetos animais como matéria prima, pelo processo anaeróbico, produz-se o gás metano como alternativa ao gás de cozinha e combustível.

PALAVRAS-CHAVE: lixo orgânico; lixo inorgânico; energia sustentável; geração de energia; biogás.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, há uma preocupação em produzir energia elétrica para abastecer a crescente demanda de residências e indústrias, desde as eras primitivas o homem utiliza a energia renovável se alimentando de frutas para se manter vivo, dominou o fogo e aprendeu a cortar lenha para cozinhar, no começo da idade moderna (1400 d.C.) o homem começa a se utilizar das queda d'água e dos ventos para moer trigo, a energia fóssil nesse tempo não é tão difundido, o carvão mineral é usado em algumas siderúrgicas e o petróleo pouco conhecido.

Somente após a Revolução de 1875 o desenvolvimento se aflorou com novas invenções aumentando o consumo de energia (GOLDEMBERG; LUCON,

2007).

Em contra partida, surgiu as fontes de energias renováveis oriundas da natureza propiciando ao homem uma alternativa para novas tecnologias e vantagens ao meio ambiente como diminuição de emissão de gás carbônico na atmosfera.

Através dos recursos naturais e tecnológicos proveniente da energia renovável é possível gerar energia elétrica por meio da água, vento, sol, biomassas e dos resíduos orgânicos e inorgânicos que ocupam uma parcela no desenvolvimento e contribuição do setor elétrico mundial, assim o descarte de lixo orgânico e inorgânico se destaca ocupando dia a dia espaço no contexto mundial.

Novas pesquisas e fonte de geração de energia vêm aumentando devido aos períodos de seca e diminuição do petróleo no lençol freático, dentro desse cenário, com potencial de produção é encontrado os resíduos orgânicos e inorgânicos, ou seja, dejetos de animais bovinos e suínos que é massa para a produção do gás metano, que pode ser caracterizado como alternativa para o gás de cozinha e motores estacionários.

A fonte renovável, tais como: o lixo e o dejetos animal possui alto poder de concentração de gás pelo processo anaeróbico, que fermenta o esterco animal liberando o gás metano e eliminando parte dos problemas sanitários das cidades e zona rural.

A geração consiste em transformar dejetos bovinos em gás metano pelo processo anaeróbico, sem a presença de oxigênio no ambiente onde o resíduo é quebrado em várias partículas facilitando a absorção pelos microorganismos formadores de ácidos e outras moléculas que posteriormente são quebradas em partículas menores liberando o gás metano pela oxidação e metanização.

O presente trabalho tem como justificativa desenvolver um protótipo de fácil operação, baixo custo, manutenção e acessível aos produtores rurais que possuem disponibilidade do produto com abundância e assim reduzir o gasto com energia elétrica.

1.1 Fontes Renováveis

Segundo Freitas, Hollanda e Ruiz (2015, p. 13):

As chamadas fontes convencionais de energia apresentam um grau de competitividade alto, devido aos avanços tecnológicos iniciados no

passado. Porém, em função de discussões relacionadas, principalmente, as questões ambientais e a independência e segurança energética, novas tecnologias foram desenvolvidas com o intuito de fornecer energia elétrica às fontes alternativas de energia. Dentre essas tecnologias, todas apresentam uma característica em comum: utilizam uma fonte de energia primária considerada renovável. A renovabilidade dessas fontes se dá por apresentarem ciclos contínuos, que se repetirão em espaços de tempo relativamente curtos - ao contrário dos combustíveis fósseis, utilizados na geração convencional, que apresentam um ciclo de formação de milhões de anos e estão presentes na natureza em quantidade limitada.

1.1.1 Energia Solar

Uma das fontes presentes na natureza segundo Giz no Brasil, (2016, p. 23).

A energia proveniente da luz e do calor do sol é chamada de energia solar. Pode ser obtida por meio da radiação direta, quando a luz incide sem nenhum desvio pela atmosfera (nuvens), ou da radiação difusa (ou indireta), que é a luz refletida, por exemplo, por nuvens, paredes ou chão. A geração de energia a partir da fonte solar pode ser feita por meio de várias tecnologias, que se diferenciam pela forma de captura e de conversão da energia solar.

1.1.2 Energia Eólica

O vento é provocado pelo aquecimento desigual das superfícies da terra pelo sol, portanto, a energia eólica é uma forma de energia solar. O aquecimento diferenciado das regiões, e em específico da atmosfera, provoca gradientes de pressão que são responsáveis por movimentos da massa de ar. Além das diferenças de pressão, o vento é influenciado por mecanismos complexos que envolvem a rotação da Terra (efeito Coriolis), os efeitos físicos de montanhas, e outros eventuais obstáculos, e da rugosidade dos terrenos. Somente uma fração do vento se encontra a uma altura próxima o suficiente da superfície da terra (até 200 m) para poder ser aproveitada de forma prática, e desta fração, somente algumas regiões possuem um vento adequado para a exploração (TOLMASQUIM, 2016, p. 245).

1.1.3 Biomassa

Esta fonte de energia é proveniente de matéria orgânica como inorgânica, Segundo Giz (2016, p. 11), no Brasil,

A biomassa é o recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada para a produção de energia. Ela pode ser proveniente de produtos e resíduos agropecuários, da floresta (madeira e folhas), da cana-de-açúcar, de dejetos animais e do lixo orgânico produzido nas cidades, bem como da fração biodegradável dos resíduos e efluentes industriais e esgotos urbanos. A produção de energia a partir da biomassa tem como vantagem ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser menos poluente que outras formas de energia, como aquela obtida de combustíveis fósseis. Tal produção envolve processos físicos, químicos e biológicos, como a queima de lenha e produção de etanol. Como todo processo de combustão, a queima de

biomassa libera dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera; porém, como esse composto é previamente absorvido pelas plantas e pelos animais que dão origem ao combustível, o balanço de emissões de CO₂ é reduzido, podendo chegar a ser nulo.

1.1.4 Biogás

“Biogás é um termo utilizado de forma genérica para se referir aos gases produzidos pela degradação anaeróbica ou biometanização de resíduos orgânicos, independentemente da matéria prima ou técnica utilizada” (MAUAD, 2017, p. 315). Segundo Karlsson (2014), “O biogás é constituído por uma mistura de gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂)”. Para que o biogás possa ser produzido a partir de materiais orgânicos, são necessários diferentes grupos de microrganismos, que atuam juntamente com uma série de fatores, como, por exemplo: pH, temperatura e tipo de substrato. Sua formação se dá pela ausência de oxigênio no ambiente.

1.1.5 Hidrólise

Uma etapa importante na digestão anaeróbia é a hidrólise, pois para instalação de biogás, o material orgânico escolhido para processo de digestão deve ser quebrado em pequenas moléculas para que os microrganismos se alimentem. Essas quebras de moléculas do material servem para que os microrganismos absorvam as pequenas partes do material orgânico e assim façam proveito da energia que estão contidas nelas. O processo para que seja rápido depende do tipo de material e de como é estruturado (KARLSSON et al., 2014).

1.1.6 Fermentação

A fermentação é uma segunda etapa para o processo de digestão. Esta etapa depende do tipo de material orgânico que é adicionado ao processo de digestão anaeróbia, como, por exemplo: microrganismos que estão disponíveis no sistema. Os microrganismos que estão ativados na etapa de hidrólise, também são ativados nesta etapa, ainda nesta etapa os ácidos são formados por meio das reações e separam em ácidos orgânicos, álcoois e amoníaco, além de hidrogênio e dióxidos de carbono. Os ácidos graxos criados durante a hidrólise não é quebrada durante essa fase de fermentação, mas sim, na etapa de oxidação anaeróbica (KARLSSON et al., 2014).

1.1.7 Oxidação Anaeróbia

A oxidação anaeróbia serve para que os ácidos criados durante a hidrólise sejam quebrados na etapa de Oxidação anaeróbia, assim antecede a formação de gás metano. As moléculas separadas durante as fases de hidrolise e fermentação se

rompem em moléculas menores pela oxidação anaeróbia, para que haja interação entre os microrganismos produtores de metano. As bactérias acetogênicas convertem o material degradado nas etapas anteriores. Podemos chamar esta etapa também pelo nome de acetogênese (KARLSSON et al., 2014).

1.1.8 Formação do Metano

Por fim, ocorre a última etapa do processo de biodigestão anaeróbia, a Metanogênese. Nessa etapa, o ácido acético, o hidrogênio e dióxido de carbono são convertidos em metano e gás carbônico, por meio do metabolismo de microrganismos metanogênicos classificados dentro do domínio das *Archea* MAUAD, 2017.

“O metano quando formado pelos microrganismos metanogênicos precisam de produtos como o ácido acético. Os subprodutos das três primeiras etapas são o dióxido de carbono que se formam na fase metanogênica juntamente com a água” (KARLSSON et al., 2014).

1.1.9 Biodigestor

Segundo, Ferraz E Marriel (1980), biodigestores são os tanques onde são depositados os resíduos orgânicos, inorgânicos, dejetos sólidos e animal para a decomposição e obtenção do gás metano pelo processo anaeróbico.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um protótipo de biodigestor utilizando como matéria prima dejetos animais encontrados na zona rural e assim minimizar o gasto com gás de cozinha.

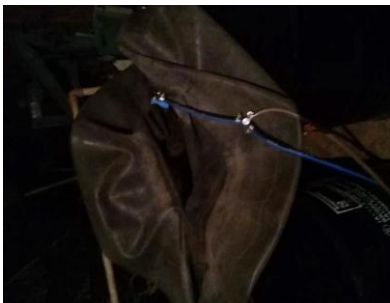
3 MATERIAL E METODOS

Para construção do protótipo do biodigestor foi adquirido três tambores de 200l, que foram lavados por sete dias para retirar os resíduos de solvente existente, logo em seguida foram feitos furos $\frac{3}{4}$ na parte inferior para adaptação dos flanges de $\frac{3}{4}$ para receber o registro de alta pressão e dois canos com tampão roscados de $\frac{3}{4}$ para fechamento dos tambores fez se necessário colocar três canos $\frac{3}{4}$ de 20

cm com três aberturas na parte superior de 25 mm já que o mesmo não teve tampa removível, para a passagem do gás de dentro dos tambores foram utilizados um tubo de $\frac{3}{4}$ com um cotovelo $\frac{3}{4}$ dando extensão ao tambor do meio com um “T” roscado também de $\frac{3}{4}$ coletando o gás proveniente do tambor do meio, onde o mesmo teve ramificação para o primeiro tambor com outro “T” roscado de $\frac{3}{4}$ onde foi instalada uma bucha de redução de $\frac{3}{4}$ para $\frac{3}{8}$ e posteriormente outra bucha de redução de $\frac{3}{8}$ para $\frac{1}{4}$ que recebeu um registro de alta pressão de esfera. Para o transporte do gás foi instalado mangueira flexível de $\frac{1}{4}$ presa com abraçadeiras de aço medida 09/13.

Foi realizado teste para verificação de vazamentos no sistema, onde se constatou que na peça bico prendedor para encher pneus havia vazamento de gás, vindo à câmara do gasômetro do biogás perder toda produção de metano, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1. Câmara de ar e bico prendedor de pneu.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2. Motor compressor.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 1 pode-se verificar o local onde ocorreu vazamento no processo de enchimento da câmara de ar (gasômetro).

Não sendo o único problema, também foi constatado que no motor do compressor que fez a transferência do gás metano se sucedeu o mesmo problema, sendo feito novos reaperto, conforme pode ser verificado na Figura 2 onde as setas indicam vazamentos. Estes se localizam na entrada e saída do motor compressor, originadas por um torque inadequado das abraçadeiras de aço tamanho 09/1 Todas as mangueiras e conexões foram submetidas a novas avaliações para o funcionamento do sistema. Em seguida foram adicionados 120 Kg de esterco bovino ao biodigestor para testar a eficiência do sistema em relação à produção e envase do metano, sendo colocados 40 Kg em cada tambor, porém, foi constatado que a produção de metano demorou em torno de 20-40 dias. O processo de filtragem foi

realizado pela passagem do gás metano por um tubo PVC de 50 mm com dois CAP isolados por anéis Óring de borracha evitando vazamentos, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3. Filtro para retira do ácido sulfídrico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4. Borbulhador – frasco de vidro com água e amônia.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a retirada do gás sulfídrico foi necessário à construção de um filtro artesanal de tubo de PVC 50 mm com revestimento interno de palha de aço nº 2, tampando as extremidades com dois caps e com furos presos por emendas retas de ferro e colados com cola araldite para serem fixadas na mangueira transparentes de ¼ com abraçadeiras 09/13.

Esse processo se fez necessário para eliminar o odor característico do gás metano. Por meio de mangueiras o gás foi conduzido ao frasco de vidro contendo amônia diluída, indo para a câmara de ar e ser armazenada e posteriormente envazado nos botijões de ar condicionado agrícola, conforme mostra a Figura 4.

Esse processo teve a finalidade de receber o gás filtrado sem a presença do gás sulfídrico para a retirada de vapores d'água presente no gás metano.

Também foi instalado um manômetro de 100 psi juntamente com uma válvula reguladora de pressão para controlar a quantidade de gás envazado, como mostra a Figura 5.

Figura 5. Manômetro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Botijão com adaptador 3/8 para mangueira.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi instalado um manômetro com uma válvula de alta pressão para suportar e equilibrar a saída e pressão de gás

Para transferir o gás armazenado na câmara de ar (gasômetro) para os botijões de ar condicionado agrícola, foi instalado um adaptador 3/8 de ferro com rosca, os botijões de ar condicionado com capacidade para 200 libras tem registro de segurança com fechamento rápido e prático evitando desperdícios na hora de manusear o gás, como mostra a Figura 6.

Na Figura 6 pode se verificar o registro e o adaptador instalado no botijão de ar condicionado agrícola garantindo segurança no envazamento do gás metano.

Como o manômetro usado marca a pressão em libra por polegada quadrada (PSI) e para saber a pressão dentro do botijão de 13,5 Kg utilizou a conversão de PSI para Pascal conforme a Equação 1.

$$\text{Pascal} = 6894,757 * 100\text{psi} \quad (1)$$

Sendo:

Pascal: Valor em Pascal;

PSI: Unidade PSI.

Para facilitar a conversão ao sistema brasileiro foi utilizado à medida de pressão em Pascal para atm dividindo o resultado da equação (1) na equação (2) como mostra a Equação 2.

$$\text{Atm} = 689475,5\text{Pa}/1^5\text{Pa} \quad (2)$$

Sendo:

Atm: Valor em Atm;

Pa: Unidade Pascal.

Com as transformações de pressão em atm foi adotado a equação dos gases perfeitos para determinar o volume de gás no botijão, como mostra a Equação 3.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \quad (3)$$

Sendo:

P1: Pressão1;

P2: Pressão2;

V1: Volume1;

V2: Volume2;

T1: Temperatura 1 constante;

T2: Temperatura 2 constante.

Tendo a pressão em atm dentro do recipiente e a temperatura constante foi utilizado a equação dos gases perfeitos para determinar o volume total de gás no interior do botijão de 13 kg conforme a Equação 4 abaixo:

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} \quad (4)$$

Sendo:

P1: Pressão dentro do recipiente em atm;

P2: Pressão externa em atm;

V1: Volume do recipiente;

V2: Volume dentro do recipiente.

Para se descobrir o peso atual do botijão de 13 Kg, utilizou uma balança de 100 kg colocando o mesmo em cima e aferindo seu peso. Ao começar o teste, o fogo foi ligado em chama média para verificar o consumo decorrido no tempo previsto, mediante essa informação foi aplicado à conversão de metros cúbicos para quilogramas de gás líquido, assim definindo os metros cúbicos existentes no botijão.

Em seguida foi utilizado a equação 5 para descobrir o volume de gás de cozinha utilizado no teste

$$m^3 = \frac{1000 * 13}{570} \quad (5)$$

Sendo:

m^3 : Valor em m^3 .

Após ser concluído o teste de queima, o mesmo foi submetido a teste de vazão por minutos, com altura de chama de 2 cm, considerada como fogo alto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para saber se o gás produzido tinha potencial de ser utilizado como gás de cozinha foi submetido ao teste de queima por 70 minutos, onde o mesmo consumiu

86 litros de metano, como pode ser verificado na Figura7.

Figura 7. Queima do gás metano.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8. Teste de queima.



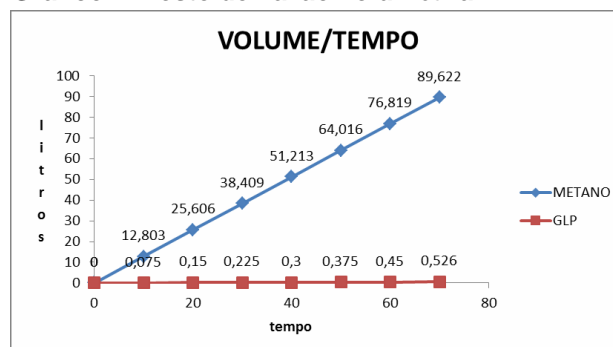
Fonte: Elaborado pelos autores.

Como mostra a Figura 7, a queima do gás metano comprovou sua capacidade de combustão como alternativa ao gás de cozinha.

Também foi realizado o teste de queima em comparação ao gás de cozinha, onde foram consumido 0,526 litros de gás de cozinha nos mesmos 70 minutos aplicado ao gás metano, como mostra a Figura 8.

Também foi feito um parâmetro de tempo, em intervalos de 10 em 10 minutos do tempo total com os resultados obtidos, cruzando as informações no Gráfico1, pode perceber a diferença de volume do gás metano para o gás de cozinha, sendo essa diferença devido ao gás de cozinha que se liquefaz em baixa temperatura, não sendo possível o mesmo processo ao gás metano em processo caseiro.

Gráfico 1. Teste de vazão volumétrica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi constatado que para uma produção eficiente o fator temperatura foi de suma importância, influenciando diretamente nos resultados, sendo que nos dias frios a produção de metano era inexistente, em relação ao dejetos animal utilizado como substrato, pode se dizer satisfatória com uma produção semanal de 86 litros

correspondendo a 100 libras, sendo necessário a cada semana misturar bem todo composto orgânico dentro do biodigestor.

Analisado os resultados obtidos do projeto pode-se concluir que os objetivos propostos foram satisfatoriamente alcançados e concluídos positivamente, o protótipo de biodigestor produziu gás metano de qualidade, podendo substituir o gás de cozinha nas residências, fazendas e indústrias, contribuindo com a redução de emissão de gás carbônico na atmosfera.

5 CONCLUSÃO

Mediante aos resultados positivos, concluiu que a construção de um biodigestor com finalidades de produção de gás metanos é viável a produtores e estabelecimentos industriais, agregando economia e baixo custo em operação e manutenção, baixa demanda de área para produção, não há consumo de energia com bombas e outros equipamentos elétricos, aproveitamento dos dejetos animais, redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa, melhoria na qualidade do ar, melhoria nas condições sanitárias, podendo ser usado direto como gás em fogões, geladeiras, aquecedores e muitos outros equipamentos.

REFERÊNCIAS

BECHER, U. Biometano como combustível veicular / Probiogás. cidades.gov.br, Brasília, DF, p.101,2016. ISSN978-85-7958-059-8. Disponível em:<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/giz_biogas_c_o_mo_combustivel_digital_simples.pdf>. Acesso em: 21 julho 2018.

BERGEY, K. H. The Lanchester-Betz limit (energy conversion efficiency factor for windmills). Journal of Energy, Oklahoma, v. 3, n. 6, p. 382–384, novembro a dez 1979. ISSN 1979 3.382B.

FERRAZ, J. M. G.; MARRIEL, I. E. infoteca-e: Biogás: fonte alternativa de energia. infoteca-e, novembro 1980. ISSN CDP, 665.776. Disponível <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/476075>>. Acesso em: 21 julho 2018. circ3.pdf.

FREITAS, B. M. R. D.; HOLLANDA, L.; RUIZ, R. H. D. caderno fgvenergia. sites/fgvenergia.fgv.br/files/cadernoenergia_fgv-book.pdf, dezembro 2015. ISSN ISSN 2358-5277. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-energias-renovaveis-complementares-fgv-energia>>. Acesso em: 15 julho 2018.

GIZ NO BRASIL. Guia de Referência para a cobertura Jornalística de Energias Renováveis. <http://fenaj.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Guia-Jornalistico-Energias-Renovaveis.pdf>, 2016. Disponível em: <<http://fenaj.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Guia-Jornalistico-Energias-Renovaveis.pdf>>. Acesso em: 16 JULHO 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. REVISTA USP, São Paulo, p. 6-15, Dezembro/Fevereiro 2007.

GUIA PRÁTICO DO BIOGÁS: geração e utilização. <http://web-resol.org/cartilhas/giz,2010>. Disponível em: <http://web-resol.org/cartilhas/giz_-_guia_pratico_do_biogas_final.pdf>. Acesso em: 21 julho 2018.

HERCULANO, M. C. R.; SOUZA, A. D. E. Biodigestores: cartilha de manejo. editora.iftm.edu.br/index.php/boletimiftm/article/download/121/43, janeiro/abril 2016. Disponível em: <editora.iftm.edu.br/index.php/boletimiftm/article/download/121/43>. Acesso em: 22 julho 2018.

KARLSSON, T; KONRAD, O; LUMI, M; SCHMEIER, N. P; MARDER, M; CASERIL, C.E; KOCH, F. F; PEDROSO, A. G. Manual básico de biogás. 1ª. ed. Lajeado: Ed. da Univates, 2014. 69 p. ISBN ISBN 978-85- 8167-073-7.

LANA, R. P; GUEICIMARA G; VELOSO, C. M; MACHADO, T. M. M; SOUZA, M. R. M.; MANCIO, A. B; LIMA, D. V.; SILVA, J. C. M. publication/262565096 Biodigestores construcao operacao e usos do bio gas e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais?. researchgate.net, setembro 2010. ISSN 10.13140/RG.2.1.3467.4085. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262565096_Biodigestores_construcao_operacao_e_usos_do_biogas_e_do_biofertilizante_visando_a_sustentabilidade_das_propriedades_rurais?enrichId=rgreq-f21c282c4769f1a473b9465db0b50093-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzI2>. Acesso em: 19 Julho 2018.

MAUAD, F. F. Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras. livrosabertos.sibi.usp.br, São Carlos, 2017. ISSN ISBN 978-85-8023-052-9 (e-book). Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/168>>. Acesso em: 17 Julho 2018. p 315.

MAUAD, F. F. Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras. São Carlos: EESC/USP, 2017. 315 p. ISBN ISBN 978-85-8023-052-9 (e-book). Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/168>>. Acesso em: 17 julho 2018.

MUELLER, G. P. Landfill gas application development of the cartepillar G3600 spark-

ignited gas engine. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. Transactions of the ASME, V.117. In: Landfill gas application development of the cartepillar G3600 spark-ignited gas engine. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. Transactions of the ASME, V.117. [S.l.]: [s.n.], 1995. p. 820- 825.

NOGUEIRA, L. A. H. Biodigestão. SÃO PAULO: NOBEL, 1986. p 25.

OLIVEIRA, R. D. E. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS PRODUZIDO PELA FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS EM ABATEDOURO E AS POSSIBILIDADES NO MERCADO DE CARBONO. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009. p 98.

SILVA, R. J; SOUEIRO, E. C. v. 2 n. 1 (2013): RUnPetro - ISSN 2316-6681. repositorio.unp.br, out/mar 2013. ISSN 2316-6681. Disponível em: <<https://repositorio.unp.br/index.php/runpetro/issue/view/35>>. Acesso em: 19 julho 1018.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016. p.452. Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE)

UCZAI, P; TAVARES, W. M; FILHO, A. P. Q. Energias renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade. Série cadernos de altos estudos; nº 10. ed. Brasília:Câmara dos Deputados: Edições Câmara, 2012. 273 p. ISBN 978-85-736-5974-0 ISBN 978-85-736-5973-3 (brochura) ISBN 978-85-736-5974-0 (e-book).