

Uso de Biodigestores para Fins Energéticos em Propriedades Rurais

Gisele Nogueira César

(gisele.engquimica@gmail.com)

Bernadete de Souza Santos

Gilson Lemos de Carvalho

Coordenação de curso de Engenharia Química

Resumo- Os problemas ambientais decorrentes da destinação incorreta de dejetos de suínos no meio rural, ocasiona prejuízos incalculáveis ao meio ambiente, sociedade e economia. Uma alternativa para tratar destes dejetos são os biodigestores, que com um manejo adequado, é capaz de gerar biogás e biofertilizante. O objetivo foi fazer um estudo sobre a viabilidade ambiental, econômica e energética, da construção de biodigestores em propriedades rurais, mostrando diversos modelos de biodigestores existentes e como são operados. Foi estimada a produção do biogás gerado na Fazenda Maniçoba, localizada em Minas Gerais e quanto de valor foi agregado à propriedade.

Palavras-Chave: biodigestor, biogás, biofertilizante.

I. INTRODUÇÃO

A ameaça iminente de escassez de recursos naturais e altos índices de poluição e degradação ambiental forçam a busca de alternativas energéticas limpas e renováveis. Portanto, percebe-se que a constante procura por práticas de produção de energia limpa, é determinante para crescimento econômico e sustentável de uma Nação [14].

O crescente aumento da atividade suinícola no País e o incremento tecnológico nos sistemas de produção resulta um aumento na geração de dejetos, ocasionando problemas de ordem sanitária com perigo à saúde pela grande quantidade de organismos patogênicos presentes nesses resíduos. Quando bem conduzido, o manejo permite o aproveitamento integral dos dejetos [26].

Existem hoje diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia, tecnicamente viáveis para a agricultura familiar. Uma das

alternativas que vem despertando grande interesse, é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos dos animais, e particularmente de resíduos gerados com a criação animal, pela implantação de biodigestores [19].

O tratamento dos dejetos suínos por meio da biodigestão anaeróbia permite a obtenção do biogás e do biofertilizante, cujas disponibilidades contribuem para uma rápida amortização dos custos da tecnologia instalada, redução da poluição dos recursos hídricos, facilidade de implantação e operação, e redução da pressão sobre as matas pelo consumo de lenha [26] [31].

A possibilidade de criação de fontes de suprimento descentralizadas e em pequena escala é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Unidades que utilizam fontes renováveis e não demandam alta tecnologia para instalação ou mão de obra especializada para sua execução, são soluções principalmente para produtores rurais que podem diminuir sua dependência de energia das concessionárias de energia elétrica [1].

Este trabalho tem como objetivo fazer um estudo sobre a viabilidade ambiental e econômica da construção de biodigestores em pequenas propriedades rurais, comparando diversos modelos de biodigestores, mostrando vantagens e desvantagens, modo de operação, produtos e subprodutos, estimando a produção do biogás e biofertilizantes, agregando valor às propriedades criadoras de suínos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Suinocultura

A suinocultura no Brasil, é uma atividade predominantemente desenvolvida por pequenas propriedades rurais. Cerca de 81,7% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares (ha). Essa atividade se encontra presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social. [26].

Apresentando um significativo crescimento, a atividade da suinocultura no Brasil, havendo a concentração do lançamento dos resíduos em determinadas regiões, traz grande preocupação quanto à degradação ambiental e os consequentes prejuízos à qualidade de vida das pessoas. No ano de 2004, o plantel brasileiro era de 34 milhões de cabeças, presente em todas as regiões brasileiras, sendo que a maior concentração de animais está na região Sul (34,21%), seguido da região Nordeste (23,03%), Sudeste (18,95%), Centro-Oeste (16,18%) e Norte (7,63%) [15].

A atividade de criação é papel determinante na manutenção de propriedades rurais, é fundamental perceber a necessidade de agregar valor a mesma. Esta ação é viável e plenamente passível de execução por meio da produção de energia elétrica, a partir da biomassa oriunda dos resíduos orgânicos de suínos. Observe-se que, além de viabilizar o processo de profissionalização da propriedade por meio da redução de custos relativos ao consumo de energia elétrica a operacionalização desses instrumentos de sustentabilidade, também possibilita a eliminação dos fatores de riscos a sanidade dentro da propriedade, por meio da destinação adequada do material, em todas as etapas do processo [12].

Levantamentos realizados pelo Serviço de Extensão Rural [do Paraná] mostraram que apenas 10 a 15% dos suinocultores [paranaenses] possuem sistemas para o tratamento ou aproveitamento dos dejetos e que cerca de 85% das fontes de

água do meio rural das regiões produtoras estão contaminadas por coliformes fecais, oriundos do lançamento dos dejetos suínos em cursos ou mananciais d'água [17].

É necessário evitar que esta massa de dejetos suínos continue a ser lançada na natureza, de forma inconsciente prejudicando a qualidade de vida das populações rurais e urbanas do país e a sobrevivência da fauna e da flora das regiões próximas. Dentre medidas para diminuição desta poluição, pode-se adotar uma alimentação adequada para os suínos, podendo assim diminuir a capacidade poluidora de suas fezes, porém esta medida acarreta também uma diminuição no volume diário da biomassa e aumento de custos para o produtor, portanto, descarta-se esta possibilidade neste trabalho. Outra medida seria o remanejamento do esterco suíno, para ser usado como biofertilizantes, obtendo ganhos econômicos sem prejudicar a qualidade do solo e meio ambiente, assunto que será abordado mais adiante no presente estudo, bem como a implantação de biodigestores nas propriedades rurais, que tem sido uma das alternativas mais viável e eficaz.

B. Biomassa

Biomassa é a matéria orgânica capaz de ser processada para a produção de energia e combustíveis [5]. A produção de biomassa com fins energéticos dentro da propriedade rural se traduz na fonte de energia que pode ser obtida com o menor impacto ambiental entre as demais [12].

Decomposta sob a ação de bactérias metanogênicas (produtoras de metano), em condições anaeróbias, a biomassa dos dejetos de suínos, produz biogás em maior ou menor quantidade, em virtude de diversos fatores: temperatura, nível de pH, relação Carbono/Nitrogênio, presença ou não de oxigênio, nível de umidade, quantidade de bactérias X volume de biomassa, entre outros [6].

Na Tabela 1, a seguir, pode-se observar que os dejetos de suínos possuem ampla capacidade de produção de biogás, excedendo aos das aves, seguido dos bovinos, equinos e por

último aos ovinos. Esta notável produção de biogás a partir de dejetos suínos é o motivo que melhor compensa seu processo lento de fermentação, além de grande quantidade inicial de gás carbônico em relação ao nível de metano.

Tabela 1- Expectativa de Produção de Biogás por Biomassa por Rebanhos [9].

Biomassa	Produção de Biogás (m ³ /ton)	Gás metano
Aves	285	Variável
Bovinos	270	55%
Equinos	260	Variável
Ovinos	250	50%
suínos	560	50%

O objeto deste estudo são os biodigestores, que através dos dejetos de suínos, produzem o biogás e biofertilizante, assim os dejetos suínos são conceituados como a matéria- prima, ou seja, biomassa utilizada.

C. Biogás

Produto da ação digestiva das bactérias metanogênicas, o biogás é composto, principalmente, por Metano (CH₄) e gás Carbônico (CO₂), embora apresente traços de Nitrogênio (N), Hidrogênio (H) e gás Sulfídrico (H₂S), como mostra a Tabela 2 [26].

Tabela 2- Descrição da composição Média do Biogás. [9]

Tipo de gás	Composição do biogás (%)
Metano (CH ₄)	60 a 70
Gás Carbônico (CO ₂)	30 a 40
Nitrogênio (N)	Traços
Hidrogênio (H)	Traços
Gás Sulfúrico (H ₂ S)	Traços

A formação do biogás compreende em três fases distintas, como mostra a Figura 1.

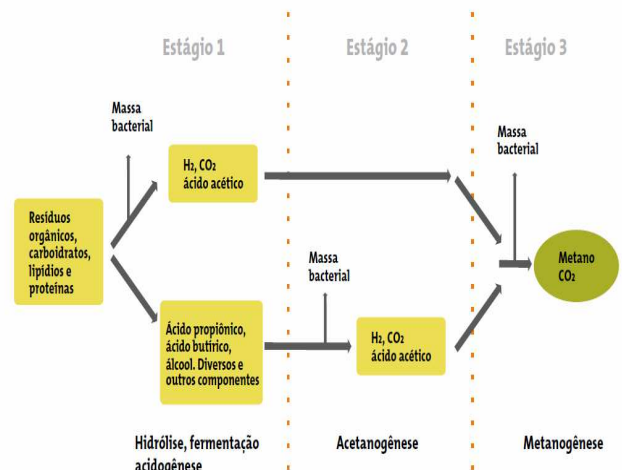


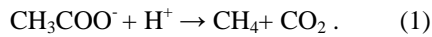
Figura.1- Fases da Produção do Biogás [4].

Na primeira, a matéria orgânica é convertida em moléculas menores pela ação de bactérias hidrolíticas e fermentativas. As primeiras transformam proteínas em peptídeos e aminoácidos, polissacarídeos em monossacarídeos, gorduras em ácidos graxos, pela ação de enzimas extracelulares, como a protease, a amilase e a lipase. As bactérias fermentativas transformam esses produtos em ácidos solúveis (ácido propiônico e butírico), alcoóis e outros compostos [27].

Na segunda fase, as bactérias acetogênicas transformam os produtos obtidos na primeira etapa em ácido acético (CH₃COOH), hidrogênio e dióxido de carbono. Essas bactérias são facultativas, ou seja, elas podem atuar tanto em meio aeróbio como anaeróbio. O oxigênio do material orgânico não aproveitado no processo aeróbio do sistema é utilizado para efetuar essas transformações [27].

O metano é formado na última etapa da produção do biogás, conforme Equação (1). As bactérias metanogênicas, que formam o metano, transformam o hidrogênio, o dióxido de carbono e o ácido acético (CH₃COOH) em metano e dióxido de carbono. Estas bactérias anaeróbias são extremamente sensíveis a mudanças no meio, como temperatura e pH. As bactérias produtoras do biogás são mesofílicas, vivem entre 35 a 45 °C e são sensíveis a alterações de temperatura. Variações bruscas de temperatura fariam com que as bactérias

metanogênicas não sobrevivessem, o que acarretaria na diminuição considerável da produção de biogás [27].



Outro fator considerável é a acidez do processo, uma vez que as bactérias produtoras do metano sobrevivem numa faixa variável de pH entre 6,5 e 8,0. Assim, enquanto as bactérias constantes dos estágios um e dois da digestão anaeróbia produzem ácidos, as bactérias produtoras de metano consomem esses ácidos, mantendo o meio neutro [27].

O biogás liberado pelas bactérias anaeróbias é acumulado no gasômetro. Após um período da carga inicial, a produção de gás estará estabilizada e então se procede à recarga periódica do biodigestor [18].

Para a produção de biogás ser satisfatória devem ser atendidos os critérios essenciais de sustentação de vida dos microorganismos anaeróbios (bactérias), como a impermeabilidade do meio metanogênico ao contato com o ar atmosférico, temperatura adequada, quantidade suficiente de nutrientes orgânicos, ausência de substâncias tóxicas aos organismos anaeróbicos e teor de água adequado [15].

As atividades biológicas dos microorganismos anaeróbicos, em desenvolvimento, reprodução e metabolismo, prescindem da presença de oxigênio, o qual, dependendo do tempo de exposição dos microorganismos lhes é fatal. Sabe-se que a decomposição de biomassa em contato com o oxigênio produz dióxido de carbono (CO_2), enquanto que, na ausência de ar (e, portanto, oxigênio) é produzido o gás metano. Qualquer falha na vedação do biodigestor inibe, quando não inviabiliza, a produção de biogás [2].

A potencialidade energética do biogás compete em produzir duas formas de energia limpa: elétrica e térmica. Dentre diversos usos, como gás encanado, gás de cozinha, energia elétrica, fornece muitos benefícios aos produtores rurais.

D. Biofertilizante

Biofertilizante é o resíduo aquoso de natureza orgânica, que pode ser utilizado na fertilização do solo, que tem origem da fermentação de resíduos vegetais e animais em biodigestores com finalidade de se obter o biogás [30].

Pelo processo de fermentação, o material orgânico utilizado para produzir o biogás transforma-se em fertilizante orgânico. Este material é isento de causadores de doenças e pragas às plantas, não apresenta odor e por isso não atrai moscas, insetos e roedores, agentes proliferadores e causadores de doenças. Caso isso ocorra, é necessário aumentar o tempo de retenção hidráulica do material [21] [30] [13].

O biofertilizante contribui para aumentar o teor de húmus no solo, melhorando as propriedades físicas e químicas, além de ajudar a melhorar as atividades microbianas do solo, podendo ser aplicado diretamente na forma líquida ou desidratada, dependendo das condições locais de infraestrutura [10]. Apresenta maior concentração de nutrientes do que o resíduo original, devido as grandes perdas de carbono, hidrogênio e oxigênio [30].

A composição média do biofertilizante é de 1,5 a 4,0% de nitrogênio, 1,0 a 5,0% de fósforo e 0,5 a 3,0% de potássio (K), além de apresentar vários nutrientes como cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), o que lhe garante inegáveis vantagens para utilização como complemento ou substitutos de adubos nitrogenados químicos [21] [30] [13].

Além disso, apresenta um pH entre 7,0 a 8,0, ou seja, levemente alcalino, propiciando o crescimento de microorganismos úteis a terra, que restabelecem a vida do solo, levando ao equilíbrio do pH [30] [20].

E. Biodigestores

O biodigestor é uma câmara na qual ocorre um processo

bioquímico denominado digestão anaeróbia, que tem como resultado a formação de biofertilizantes e o biogás [3].

O tratamento de dejetos suínos por digestão anaeróbica, possui muitas vantagens, tais como: capacidade de estabilizar grandes volumes de dejetos orgânicos diluídos a um baixo custo, produção de baixa biomassa e, conseqüentemente, menor volume de dejetos e menor custo, destruição de organismos patogênicos e parasitas, além do metano que pode ser usado como fonte de energia [7].

Os modelos de biodigestores mais conhecidos no Brasil e que operam em fluxo contínuo são: Indiano, Chinês, Fluxo Tubular (também conhecido como Canadense), e um outro em Batelada.

E 1. Biodigestor Indiano

O biodigestor indiano, Figura 2, caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação [16].

O modelo Indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantém a pressão em seu interior constante [24]. O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água reduz as perdas durante o processo de produção de gás [16].

Uma das vantagens do modelo indiano é a sua campânula flutuante, que permite manter a pressão de escape de biogás estável, não sendo necessário regular constantemente os aparelhos que utilizam o metano. Por outro lado, há uma desvantagem, razoavelmente significativa, que é o preço da construção da campânula, normalmente moldada em ferro [9].



Figura 2- Vista Tridimensional do Biodigestor Modelo Indiano [24].

E 2. Biodigestor Chinês

O biodigestor modelo Chinês, Figura 3, foi desenvolvido de forma a ser voltado para as pequenas propriedades rurais. É um modelo de peça única, construído em alvenaria e enterrado no solo, para ocupar menos espaço. Este modelo possui um custo mais barato em relação aos outros, pois sua cúpula é feita em alvenaria. O modelo chinês é mais rústico. Funciona, normalmente, com alta pressão, a qual varia em função da produção e consumo do biogás; não há possibilidade de contar com uma câmara de regulagem, a qual lhe permitiria trabalhar com baixa pressão [22].

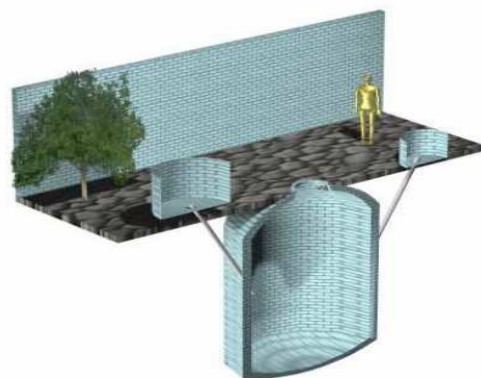


Figura 3- Vista Tridimensional do Biodigestor Modelo Indiano [24]

A construção desse biodigestor em solos superficiais não é indicada e o sistema de comunicação entre o biodigestor e as caixas de carga e descarga é feito através de pequenas passagens fazendo com que o sistema esteja sujeito a entupimentos. Como a área de reserva de biogás neste

biodigestor é menor, devido a sua cúpula ser fixa, este modelo não é próprio para acúmulo de gás, logo ele é mais indicado para a produção de biofertilizante.

E 3. Biodigestor Fluxo Tubular (Canadense)

O biodigestor de fluxo tubular, Figura 4, desenvolvido pela Marinha do Brasil, na década de 70, apresenta uma base quadrangular, com paredes revestidas por lona impermeável e uma cúpula de lona preta também impermeável. É um modelo mais raso e longo, o que lhe garante uma maior produtividade de gás por massa fermentada [30] [20].

Uma limitação em sua utilização seria em relação ao espaço físico para sua instalação, por apresentar uma menor profundidade, há necessidade de uma extensa área superficial para armazenar uma notável quantidade de resíduos.

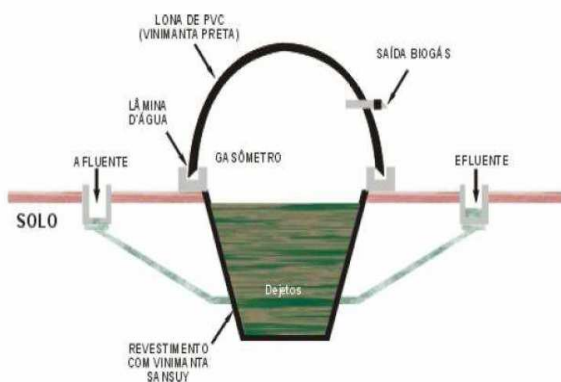


Figura. 4- Representação em Corte de um Biodigestor Simplificado do Modelo Desenvolvido Pela Marinha do Brasil. [35]

Esse modelo é o mais indicado para projetos industriais e agroindustriais por ser versátil ao uso de diferentes resíduos orgânicos e ser capaz de armazenar grande quantidade de resíduos passíveis a sobre fermentação anaeróbica, produzindo assim uma grande quantidade de biogás e estabilizando os dejetos que podem ser utilizados como biofertilizante [23].

E 4. Biodigestor Batelada

Trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional, Figura 5. Sua instalação poderá ser

apenas um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Esse tipo de Biodigestor é abastecido uma única só vez, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção do biogás [24]. Este modelo adapta-se melhor em granjas avícolas de corte, cuja biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão.



Figura 5- Representação Tridimensional em Corte do Biodigestor Modelo Batelada [24].

III. METODOLOGIA

A essência deste trabalho, conforme o tema e objetivos definidos, denota-se como uma pesquisa tipo exploratória, empregando o método quantitativo e qualitativo para a coleta e a análise de dados junto à propriedade rural.

A pesquisa exploratória possibilita conhecer mais detalhadamente o problema à ser investigado, por meio de pesquisas bibliográficas e do estudo de caso [8].

O Método quantitativo representa, a intenção de garantir a precisão dos resultados, evitando distorções de análise e interpretação, possibilitando uma margem de segurança quanto às inferências [25].

Analisar qualitativamente possibilita envolver “percepções, significados, aspirações, crenças, valores, atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo à operacionalização das variáveis” [29].

A técnica trabalhada nessa pesquisa é o estudo de caso, pois deve-se ao fato de ser uma técnica de investigação de comportamentos que não podem ser manipulados isoladamente e devem ser analisados em conjunto [28].

O campo de ação deste trabalho é a Fazenda Maniçoba, localizada na cidade de Pará de Minas em Minas Gerais. Esta propriedade rural possui o biodigestor modelo Fluxo Tubular (Canadense), onde é produzido o produto biogás e o subproduto, biofertilizante.

IV.RESULTADOS

A. Município de Pará de Minas- MG

Pará de Minas, Figura 6, é um município brasileiro no estado de Minas Gerais, região sudeste do país, distando cerca de 90 km da capital do estado, Belo Horizonte. Ocupa uma área de 551,247 km², sendo que 9,9 km² estão em perímetro urbano, sua população em 2015 foi estimada em 91.158 habitantes [34].

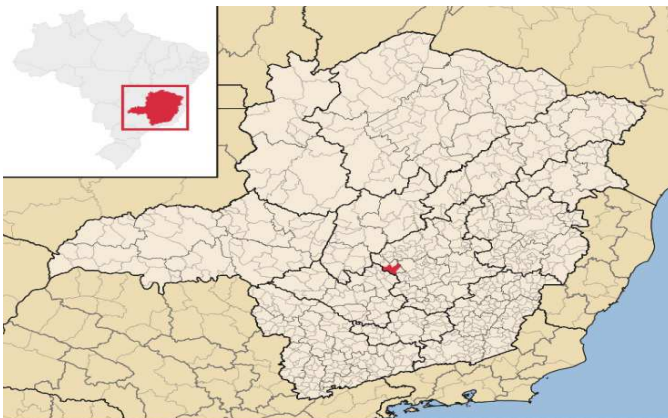


Figura 6- Localização de Pará de Minas em Minas Gerais [34].

C. Funcionamento Do Sistema Na Propriedade Rural

C 1. Perfil

A Fazenda Maniçoba é considerada uma propriedade de criação de suínos de grande porte, pois possui cerca de 12.406 animais [10].

O sistema de criação da fazenda é dividido por diversas unidades, entre elas: Reprodução, cujo produto final é a produção de leitões com peso médio de 07 a 09 kg (750 matrizes, 250 leitoas e 6 rufiões); A maternidade, que após o desmame são encaminhados para creche (200 matrizes e 1.800 leitões); A creche, que após 70 dias em média, quando eles atingem em torno de 25 kg, são levados para a terminação (2.900 suínos); A terminação, cujo produto final é o suíno terminado, com cerca de 105 kg (6.500 suínos). O ciclo desde a chegada dos leitões até a saída para o abate é de aproximadamente 150 dias, ou seja, 5 meses.

Na propriedade há 9 galpões de alvenaria, cobertos com telhas cerâmicas e suportadas por estruturas de madeiras, 5 deles se encontram na fase da terminação (engorda), com 54 baias em cada um. A capacidade de suínos para cada baia são de 40 animais.

C 2. Manejo Dos Dejetos e Produção do Biogás

Os dejetos são conduzidos para canaletas laterais, que não recebem as águas da chuva. Para diminuir o consumo desnecessário de água, a limpeza é feita com raspagem a seco e os bebedouros são do tipo “chupeta”, conforme Figura 7.



Figura 7- Criação de Suínos- 05/2016

O transporte dos dejetos ao biodigestor é realizado de forma contínua, por meio de tubos de policloreto de vinila (PVC) de 150 mm, o que impede a entrada da água da chuva do pátio. O sistema funciona por bombeamento e em algumas partes

por gravidade. O dejetos produzido é bombeado para a lagoa de decantação, Figura 8, que possui 3 metros de fundura e capacidade para 200.00 litros. Após, o dejetos é destinado para dentro do biodigestor, onde passa por um tempo de residência hidráulica estimado em 20 dias.



Figura 8- Lagoa de Decantação- 05/2016

Para calcular a quantidade de dejetos que são gerados na fazenda, utilizamos a Equação (2), indicada na Instrução Normativa 41, da Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina- FATMA [33].

Produção de dejetos (m^3/dia)= Números de suínos x 0,007. (2)

Números de suíno: 12.406 x 0,007

Produção de dejetos (m^3/dia)= 87 m^3/dia , equivalente a 2.610 $m^3/mês$, sendo 60% do total vindo do crescimento e terminação.

Portanto, podemos determinar uma relação entre volume de dejetos produzidos com o volume de biogás gerado. Estima-se que a cada m^3 de dejetos de suínos pode-se gerar de 0,35 a 0,60 m^3 de biogás [11].

Adotou-se, entre os valores sugeridos para o cálculo da quantidade de biogás que seria gerado, o valor de 0,5 m^3 , devido a variação que existe na diluição dos dejetos (água e outros resíduos), que é responsável pela variação que é dependente do sistema de produção adotado, multiplicando-se pelo volume de dejetos que é produzido diariamente [5].

Portanto se 1,0 m^3 de dejetos equivale a 0,5 m^3 de biogás, 86,84 m^3/dia de dejetos equivale à 43,5 m^3/dia ou 1.305 $m^3/mês$ de biogás produzido na propriedade.

A Equivalência Energética de 1,0 m^3 de biogás, [32] é mostrada na Tabela 3, pela quantidade de energia que é gerada na Fazenda Maniçoba, levando em consideração o volume (m^3) de biogás gerado diariamente.

Tabela 3- Equivalência Energética de Biogás e Quantidade de Energia Gerada.

Equivalência Energética de 1,0 m^3 de biogás	Média diária do que é produzido na Fazenda
1,5 m^3 de gás de cozinha	65,25 m^3 de gás de cozinha
0,6 litros de gasolina	26,1 litros de gasolina
1,43 kWh de eletricidade	62,2 kWh de eletricidade
2,7 kg de lenha	117,45 kg de lenha
0,9 litros de álcool	39,15 litros de álcool

Com os valores das médias diárias do que é produzido de biogás na Fazenda Maniçoba atualmente, calculou-se que, por exemplo, é possível rodar diariamente mais de 365 km considerando-se um carro popular, que faz em torno de 14 km/l de gasolina [5], e utilizando como combustível o álcool, em que um carro popular faz em torno de 12 km/l [5], poder-se-ia rodar mais de 469 km diariamente.

C 3. Biodigestor

A divulgação da tecnologia do biodigestor á propriedade rural foi através da empresa AgCert Internacional (AGC), empresa de capital aberto com ações na Bolsa de Valores de Londres, especializada na produção e venda de reduções de emissões de gases do efeito estufa derivados de atividades agrícolas. Na parceria com suinocultores, a AgCert fica responsável por todo o investimento na construção e manutenção da infraestrutura do biodigestor, além de ajudar nas documentações [22].

A AgCert custeou todo o investimento na fazenda Maniçoba e cuidou da manutenção do biodigestor durante aproximadamente 6 anos. Neste período a empresa ficou com 100% dos créditos de carbono gerados da propriedade rural.

Até o momento a propriedade não recebeu nenhum recurso referente ao crédito de carbono. Posteriormente não houve mais interesse da AgCert na propriedade para gerar créditos de carbono. Desde então, a propriedade também não utiliza o biodigestor exclusivamente para este fim, focando no tratamento do dejetos, assim como na produção do biogás e biofertilizante.

O biodigestor foi construído na propriedade em 2004, é do modelo Fluxo Tubular (canadense), Figura 9, e possui duas células de operação contínua. Tem 40 m de comprimento, 20 m de largura e 4 m de fundura, com capacidade para 320 m³ de dejetos por célula. A vazão média de dejetos é estimada em 120 m³ por dia. Todo o dejetos produzido na fazenda é destinado para dentro do biodigestor.



Figura 9- Biodigestor Fluxo Tubular (canadense)- 05/2016

O biogás gerado é transportado por meio de uma tubulação rígida de PVC com 50 mm de diâmetro. Foi instalado também, na rede de distribuição do biogás para o conjunto gerador, um sistema filtro, com limalha de ferro no seu interior, visando à remoção de H₂S [22].

Um conjunto motor-gerador da marca Fockink, modelo MWM 229, que é um motor de combustão interna Ciclo Otto (diesel), foi adaptado para o uso do biogás como combustível, junto a um gerador de eletricidade, gerando energia para a própria propriedade.

Com um sistema de distribuição interno e isolado, no qual

existe uma caixa de comando, encontra-se a energia gerada pelo grupo gerador a biogás e a provinda da concessionária local. Através do acionamento de uma chave central, o proprietário criador escolhe qual energia utilizar [22].

O manejo nos equipamentos utilizados é feito semanalmente, e a assistência técnica quando necessário.

O efluente do biodigestor é conduzido por uma caixa de saída para lagoas reservatórias, com 3 m de profundidade e capacidade para 200 m³ de efluente, como esta mostrada na Figura 10, onde o biofertilizante é bombeado, com o uso de motobombas e utilizado para a irrigação da pastagem na propriedade.



Figura 10- Lagoa Reservatória- 05/2016

V- CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos dados obtidos pela pesquisa de campo, equiparando-se com as informações adquiridas através da pesquisa bibliográfica e com os objetivos propostos para este trabalho, conclui-se que a atividade de suinocultura associada à técnicas de produção de energia a partir dos dejetos dos suínos, apresenta-se uma alternativa rentável para o produtor da Fazenda Maniçoba.

A tecnologia do biodigestor Fluxo Tubular (canadense) apresentou muitas vantagens à propriedade, uma delas é o uso do subproduto do biogás, que é o biofertilizante, dejetos que sai do biodigestor, que com teores consideráveis de fósforo e nitrogênio, é utilizado como fertilizante, desta forma

minimizando os impactos negativos causados ao meio ambiente.

Segundo os proprietários da Fazenda Maniçoba, não houve desvantagens neste projeto, somente vantagens, o gasto com algumas manutenções que são feitas, são considerados como investimento para a propriedade rural.

Portanto, é um investimento que agrega valor à propriedade e que demonstra a oportunidade de obter melhores resultados financeiros assim como contribuir com a sustentabilidade ambiental.

A fazenda Maniçoba conseguiu economizar, desde a instalação do biodigestor, cerca de 95% no consumo de energia elétrica mensal, em valor isso significa aproximadamente R\$10.000 economizados no mês, um valor expressivo para a propriedade rural até então.

Sugere-se que sejam realizados estudos em propriedades rurais, cujas utilizem os outros modelos de biodigestores, citados neste estudo, podendo assim verificar a viabilidade ambiental, econômica e energética dos mesmos, assim como aquelas que utilizam a venda de créditos de carbono e produção de biofertilizantes que podem ser usados na agricultura, minimizando os impactos ambientais.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Professora Bernadette de Souza Santos, pela disposição constante, apoio e incentivos concedidos.

Aos proprietários e funcionários da Fazenda Maniçoba, pela receptividade e atenção, que permitiram a realização desta pesquisa.

À minha família, pelo carinho, compreensão e incentivo na busca de conhecimento e crescimento.

VI.REFERÊNCIAS

[1] A. Coldebella, “Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em

propriedades rurais”. Dissertação. 2006. 73 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola/ Engenharia de Sistemas Agroindustriais)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

[2] A. J. Reis, “Potencial energético e fertilizante do lixo”. Caderno Regional – Nordeste. Folha de São Paulo, 12 nov. São Paulo, 1991.

[3] A. P. T. Magalhães, “Biogás: um projeto de saneamento urbano”, 1986.

[4] C. B. Junior, “Biogás- A energia Invisível”. São Paulo: CiBiogás, 2015.

[5] C. M. Ritter; F. R. Santos; S. Curti, “Potencial de produção de biogás com dejetos da suinocultura: Sustentabilidade e alternativa energética em Santa Catarina”.

[6] E. L. Menezes, “Fontes de energia alternativa no Brasil”. Artigo Científico, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora /MG, 2007.

[7] E. Sanchez, R. Borja, L. Travieso, A. Martin, M. F. Colmenarejo, “Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste”. *Bioresource Technology*, v.96, p.335-344, 2005.

[8] E. L. Silva; E. M. Menezes, “Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação”. 3. ed. rev. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2001.

[9] E. Sganzerla, “Biodigestores: uma solução”. Agropecuária, Porto Alegre, 1983.

[10] FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS. “Banco de dados do licenciamento ambiental”. 2004.

[11] G. B. Serafim; L. P. G. Filho, “Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos suínos na Bacia do Rio Sangão”. In: Encontro de Economia Catarinense, V, 2011, Florianópolis. Disponível em: Acesso em 10/04/2012.

[12] G. Pereira, “Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais”. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação do Departamento de Física, Estatística e Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Ijuí, RS, 2009.

[13] J. A. Filho, “Biogás, independência energética do pantanal mato-grossense”, 1981.

[14] J. C. Dorigon, “Estudo da viabilidade econômica da implantação de sistemas eólicos em propriedades rurais”. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática)

- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.
- [15] J. M. Seixas, Marchetti, A. B. Delmar, “Construção e funcionamento de biodigestores”. Embrapa Suínos e Aves, 60 p. Brasília, 1981.
- [16] L. Prati, “Geração de energia Elétrica a partir do biogás gerado por biogestores”. Monografia; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.
- [17] M. A. de Lima, O. M. R. Cabral, J. D. G. Miguez, “Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira”. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001.
- [18] M. J. Moraes, “Manual de instruções para o usuário do biogás”, 1980.
- [19] M. S. T. Esperancini, F. Colen, O. C. Bueno, A. E. B. Pimentel & E. J. Simon, “Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo”. Eng. Agríc., v.27, n.1, p.110-118. Jaboticabal, 2007.
- [20] P. Barrera, “Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural”. São Paulo: Ícone, 2003.
- [21] Parchen, C. A. P. – Manual do Biogás, 1979.
- [22] R. Barichello, “O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor”: um estudo de caso da Região Noroeste do Rio Grande Do Sul. Programa de pós- graduação em engenharia de produção. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.
- [23] R. D. Oliveira, “Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos de abatedouro e as possibilidades de mercado de carbono”, 2006.
- [24] R. Deganutti, M. C. J. P. Palhaci, M. Rossi, R. Tavares, “Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada”, 2002.
- [25] R. J. Richardson, “Pesquisa social: métodos e técnicas”. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- [26] R. M. B. L. Gaspar, “Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor”: Um estudo de caso na Região de Toledo-PR. 2003. 106 f. Programa de pós- graduação em engenharia de produção e sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- [27] R. Sosa, R. Chao, J. Río, *Aspectos Bioquímicos y Tecnológicos del Tratamiento de Residuales Agrícolas con Producción de Biogás*, 2004.
- [28] R. Yin, “Estudo de caso: planejamento e métodos”. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- [29] S. F. Deslandes, “Pesquisa social: teoria, método e criatividade”. 15. ed. Petrópolis: Vozes, 1994.
- [30] Souza, S. N. M.; Pereira, W. C.; Nogueira, C. E. C. - A. A. Pavan & A. Sordi, “Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura”, Acta
- [31] V. Pecora, “Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP”: estudo de caso. 2006. 152 f. Dissertação (mestrado em Energia)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [32] <http://www.aps.org.br/noticias/1-timas/357-a-energia-gerada-pelasuinocultura-.html>. Em 22/05/2016, 17:00 hs.
- [33] <http://www.fatma.sc.gov.br>. Em 22/05/2016, 17:25 hs.
- [34] <http://www.ibge.gov.br>. Em 22/05/2016, 19:00 hs.
- [35] <http://www.iengep.com.br>. Em 26/04/2016, 21:10 hs.
- [36] <http://www.fatma.sc.gov.br>. Em 22/05/2016, 17:25 hs.