

FREDERICO PINTO DA SILVA

O POTENCIAL ENERGÉTICO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS QUE
TRÁS UM BIODIGESTOR INDIANO EM UMA CRIAÇÃO DE
SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

FREDERICO PINTO DA SILVA

O POTENCIAL ENERGÉTICO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS QUE
TRÁS UM BIODIGESTOR INDIANO EM UMA CRIAÇÃO DE
SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao departamento de
Engenharia da Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
curso de Pós-Graduação Lato Sensu em
Fontes Alternativas de energia – FAE,
para obtenção de título de especialização.

Orientador
Prof. Ds. Vitor Hugo Teixeira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

FREDERICO PINTO DA SILVA

O POTENCIAL ENERGÉTICO E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS QUE
TRÁS UM BIODIGESTOR INDIANO EM UMA CRIAÇÃO DE
SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao departamento de
Engenharia da Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
curso de Pós-Graduação Lato Sensu em
Fontes Alternativas de energia – FAE,
para obtenção de título de especialização.

APROVADA em ____ de _____ de 2009.

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

UFLA

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

Dedico este trabalho a Deus pelas bênçãos em minha vida; aos meus pai, Cristóvão Pinto Silva e Maria do Socorro Tavares da Silva, pelo carinho; a minha querida Esposa, Grazielle Teixeira Carneiro, pela compreensão; aos meus irmãos, Fernando, Patrícia e Marciana e aos meus amigos e colegas, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me e me dando força.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus pai e ao nosso mais verdadeiro amigo, o nosso senhor Jesus Cristo, por tudo.

Aos meus pais, aos quais eu tanto amo, Cristóvão Pinto da Silva e Maria do Socorro Tavares da Silva. Aos meus irmãos, queridos e amados, Patrícia Pinto da Silva, Fernando Pinto da Silva e Marciana Rodrigues da Silva e a minha esposa, Grazielle Teixeira Carneiro, pelo apoio irrestrito que sempre me deram durante essa jornada e estrada, que, por vezes, difícil, chamada vida.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, por proporcionar cursos de especialização de qualidade.

A todos os professores, especialistas, mestres e doutores, que se dedicam em semear, o conhecimento e que dão o melhor de si em prol da educação no Brasil.

Ao professor da UFLA, Vitor Hugo Teixeira, pelo apoio, dedicação, incentivo, amizade e pela orientação.

Aos meus colegas e companheiros de turma, que jamais esquecerei, dos tempos a qual estivemos juntos.

E a todos que sempre estiveram ao meu lado apoiando, incentivando para nunca desistir, mas sempre lutar, por ideais. Que ajudaram em momentos difíceis da vida e na realização desse trabalho, contribuindo direta ou indiretamente. Deixo meu abraço carinhoso a todos.

Obrigado a todos e que Deus possa recompensar a cada um por tudo que fizeram por mim.

“E disse: Eis que o temor do senhor é a sabedoria, e o apartar-se do mal é o entendimento”. JÓ 28: 28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	4
2.1 A SUINOCULTURA.....	4
2.1.1 Problemas da Suinocultura.	5
2.1.2 Tratamento dos dejetos e produção de energia	6
2.2 BREVE HISTÓRICO DO BIODIGESTOR	8
2.3 BIODIGESTOR	10
2.3.1 Os Biodigestores Descontínuos ou bateladas	11
2.3.2 Biodigestores Contínuos	12
2.3.3 Funcionamento da biodigestão	16
2.4 O BIOGÁS.....	16
2.5 BIOFERTILIZANTE.....	18
3. MATERIAIS E METODOS	20
4. CONCLUSÃO.....	33
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	35

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Evolução da produção Brasileira de Carne Suína.....	4
FIGURA 2- Biodigestor Batelada.....	11
FIGURA 3- Biodigestor Vertical (Modelo Chinês).	13
FIGURA 4- Perfil de um Biodigestor com Lona Vinílica.	14
FIGURA 5- Ilustração Esquemática do Biodigestor.	14
FIGURA 6- Biodigestor Vertical (Modelo Indiano).	15
FIGURA 6- Projeto Planta baixa do Biodigestor Vertical (Modelo Indiano).	31
FIGURA 7- Projeto Vista do corte do Biodigestor Vertical (Modelo Indiano).	32

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Tabela dos principais componentes do Biofertilizante	19
TABELA 2- Numero de Animais por diferentes estagio de desenvolvimento na terminação.....	20
TABELA 3- Planilha de calculo do volume de carga do biodigestor.	21
TABELA 4- Consumo especifico de cada equipamento.	24
TABELA 5- Consumo especifico de cada equipamento.	26

RESUMO

A suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista econômico e social para desenvolvimento regional do país. Mas a atividade tem problemas como alta demanda energética, grande quantidade de dejetos produzidos, tratamento incorreto e o uso inapropriado dos dejetos. Causando problemas ambientais: como poluição do solo, água e ar. Logo temos na atividade uma necessidade energética e uma alta produção de dejetos que são problemas para suinocultura. Esse trabalho estará propondo uma alternativa para produção de energia e redução da carga poluente dos dejetos da suinocultura. O método para a produção de energia e redução da carga poluidora dos dejetos é a biodigestão anaeróbica, pelo aproveitamento de seus subprodutos, que são o biogás e biofertilizante. Este estudo descreve as vantagens da utilização do biogás, gerado pelo tratamento dos dejetos dos na geração energética. Para o estudo e elaboração desse trabalho, foram coletados dados e informações de uma criação de suínos no IFB – Campus Planaltina, DF, na Rodovia DF 128 km 21, CEP – 73000-000. O Sistema permite uma produção de quase 110,4 m³ de biogás por dia, que pode fazer funcionar, moto-gerador, moto-bomba, chuveiro, fogão e escamoteadores. A utilização deste combustível possibilita ao suinocultor um ganho econômico substancial e da condição de alta suficiência energética. Fazendo com que a suinocultura não seja suscetível a incerteza de energia externa, que torna a produção incerta. Mas com o sistema de geração de energia, possibilita maior controle produtivo e maior segurança na produção. Na instalação de equipamentos conjunto moto-gerador, moto-bomba, fogão, chuveiro e escamoteador. Foi possível a suinocultura ter energia de qualidade com a implantação de um biodigestor. Utilizando os equipamentos mencionados, consumindo o gás produzido, verificando que é viável a construção de um biodigestor. Além disto, a utilização do biodigestor melhora a higiene e o padrão sanitário do meio rural, diminuindo a disseminação de doenças, melhorando a qualidade ambiental da região.

Palavras chave: suinocultura; tratamento de dejetos; biodigestor; biogás e energia.

1. INTRODUÇÃO

A falta de infra-estrutura, como água e energia, no meio rural é certamente um dos fatores que contribui para permanência do subdesenvolvimento. Isso colabora para migração de parte da população dessa região aos centros urbanos, nos quais nem sempre encontram melhores condições de vida, uma vez que levem consigo todas as demandas sociais, como saneamento, saúde e educação e, dessa maneira, aceleram o crescimento desordenado das cidades.

Os impactos da elevação do custo de energia fazem-se sentir com maior intensidade no setor rural de mais baixa renda, em geral, menos capitalizado e com menores condições de arcar com essa elevação de custos, tanto no que diz respeito ao consumo doméstico quanto ao que se relaciona com as atividades de produção.

A suinocultura, internacional e nacional, é uma das atividades importantes do complexo agropecuário, sendo desenvolvida em pequenas propriedades rurais, geralmente, e em áreas com limitações topográficas específicas para o estabelecimento de lavouras extensivas. Além de gerar renda, alimento e emprego, a suinocultura constitui-se em excelente instrumento de fixação do homem ao campo. A suinocultura é considerada uma atividade poluidora e degradante do meio ambiente, por apresentar uma grande produção de resíduos orgânicos, que são altamente poluentes.

Existem hoje diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa e de tratamento de dejetos, oriundos de atividades agropecuárias, o que proporciona excelente tratamento e geração de energia, tecnicamente viáveis para a agricultura familiar.

Dentre as tecnologias aplicadas, para o tratamento dos dejetos da suinocultura, a biodigestão é o mais vantajoso, devido ao aproveitamento dos

resíduos; este sistema pode agregar valor ao resultado dos subprodutos gerados pelo tratamento. Os resíduos do sistema são o biogás e biofertilizante.

O biogás é um produto da degradação da matéria orgânica, constituída principalmente de metano e gás carbônico. O biofertilizante é um fertilizante orgânico constituído por macrominerais e microminerais essenciais ao desenvolvimento das culturas vegetais. Esse tratamento pode mudar o conceito da suinocultura, como grande poluidor da região rural e, conseqüentemente, criar alternativas para o uso dos dejetos.

A sustentabilidade para o crescimento e desenvolvimento econômico da produção animal somente poderá ocorrer quando o sistema produtivo incluir a geração de energia por meio da reciclagem dos resíduos produzidos. Nesse sentido, o desenvolvimento e a implementação de fontes alternativas de energia com vistas à geração de energia a custos reduzidos para esse segmento podem gerar impactos socioeconômicos positivos. A biomassa, para geração de energia, propicia uso mais racional dos recursos disponíveis na exploração agrícola, reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui a dependência de fontes externas de energia.

Logo o objetivo do trabalho é a valorização da importância da redução da carga poluidora dos resíduos da suinocultura, utilizando a biodigestão anaeróbia, proporcionando o tratamento dos dejetos, que reduzindo a carga orgânica complexa e o seu resíduo biogás e biofertilizante, poderão ser utilizados, para diminuir custos de produção, na geração de calor, energia e adubo.

Este trabalho visa, com o exposto anteriormente, realizar um estudo de caso, mostrando, por meio de dados bibliográficos, um sistema de tratamento dos dejetos, provenientes da suinocultura e a produção do biogás, para utilização como fonte de energia, e dar condições a esses resíduos de serem utilizados como um fertilizante no solo. Foi realizado este estudo em uma criação de

suínos, no Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina; substituindo o sistema atual de tratamento dos resíduos, que tem baixa eficiência no tratamento, por um biodigestor, e apresentar o alto valor energético que pode ser utilizado, para vários fins, no sistema produtivo, desde iluminação, aquecedores, até a geração de energia; substituir, em parte, a utilização da energia elétrica convencional, por essa fonte alternativa de energia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A SUINOCULTURA

A suinocultura tem grande importância econômica e social para o país, principalmente por ser predominante em pequenas propriedades, apesar da sua expansão, nos últimos anos, para grandes propriedades com altas concentrações de animais.

A produção mundial de carne suína, conforme a USDA (2004), em 2004, foi de 88,3 milhões de toneladas, obtida de um plantel de aproximadamente, 807 milhões de animais. Do total, 56,2% foram produzidos na Ásia, que possui 62,94% do plantel mundial de suínos. O continente europeu respondeu por 26,7% da produção e, por 22,47% do plantel, seguindo-se o continente americano (16,64% e 14,19%), e a Oceania (0,44% e 0,39%). De 1990 para 2003, a produção brasileira cresceu em ritmo acelerado, tendo incremento de 158%, enquanto a produção mundial cresceu apenas 37,1%.

A consequência deste aumento, de produtividade, é uma movimentação econômica maior. Nos últimos anos, de acordo com ABIPECS e ABCS, citado por BOHRER (2003), a produção Brasileira chegou a um crescimento de 15% ao ano, durante o último quinquênio, percebido na Figura 1.

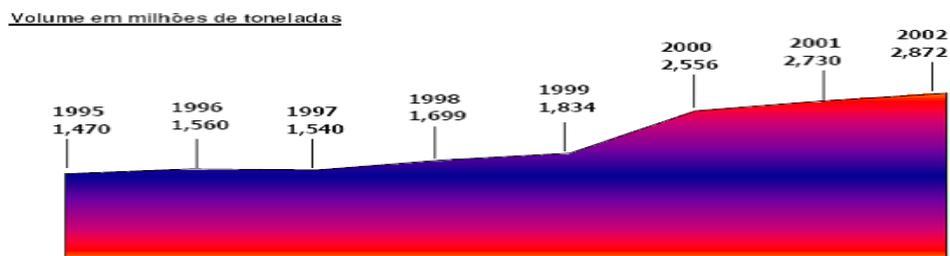


FIGURA 1: Evolução da produção Brasileira de Carne Suína.
Fonte: MAPA / ABEF / ABIPECS citado por BOHRER, 2003.

Contudo a suinocultura industrial trouxe consigo não somente contribuições, mas também problemas, com o crescimento desenfreado da produção sem o devido planejamento, grande passivo ambiental foram gerados.

2.1.1 Problemas da Suinocultura.

Segundo LUCAS JÚNIOR, citado por SOUZA et al (2005), até a década de 1970, os resíduos da suinocultura não constituíam problema grave; pois o número de animais era bem menor e o destino dos dejetos era o solo, com a finalidade de adubação orgânica. No entanto, com o aumento da produção e com o manejo inadequado dos dejetos, os problemas ambientais tornaram-se significativos.

O lançamento direto desses resíduos em cursos d'água, feito sem controle por longos anos, passou a ser considerado ameaça para o meio ambiente como um todo e para a qualidade de vida da humanidade, tendo como principais conseqüências a mortalidade acentuada dos peixes e a eutrofização.

Do ponto de vista ecológico, o termo “eutrofização” designa o processo de degradação que sofrem os lagos e outros corpos d'água quando excessivamente enriquecidos de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que limitam a atividade biológica (BRANCO citado por SOUZA et al, 2005).

O acúmulo de águas residuais favorece também, a proliferação de insetos, principalmente moscas, que é um grande problema associado à criação de suínos, também outras endemias como a cólera (*Vibrio cholera*), a febre tifóide (*Salmonella typhi*) e a esquistossomose (causada por *Shistosoma haematobium* e *Schistosoma japonicum*) são doenças associadas ao uso de água que, devido a sua contaminação orgânica, facilita o desenvolvimento dos vetores patogênicos (Secretaria dos Recursos Hídricos, citado por COSTA, 2005).

2.1.2 Tratamento dos dejetos e produção de energia

O esterco é um resíduo orgânico resultante do processo de assimilação, da alimentação dos animais. Os dejetos, de suínos, são produzidos em grandes quantidades, são causadores de vários problemas, para o produtor, a comunidade e, também, ao meio ambiente. Comparativamente, ao esgoto doméstico, os dejetos suínos são 200 vezes mais poluentes.

Existem diversos métodos, de armazenamento e tratamento de dejetos, entre eles, as tecnologias, mais utilizadas, são: utilização de esterqueiras; lagoas de estabilização e sistema de biodigestor.

Dentre as tecnologias, aplicadas, para o tratamento dos dejetos da suinocultura, o sistema de biodigestor é o mais vantajoso, devido ao aproveitamento dos resíduos; este sistema pode agregar valor ao resultado, dos subprodutos gerados pelo tratamento (MORAES, 1980). Os resíduos, desse sistema, são chamados de biogás, e de biofertilizantes. Conforme COSTA (2005). Em todas estas tecnologias pode-se contar com as vantagens da promoção do saneamento ambiental bem como da reciclagem energética através da recuperação e posterior utilização dos nutrientes presentes nos dejetos.

Nesse aspecto, a utilização dos produtos gerados pelos processos biológicos de reciclagem de nutrientes proporciona, de maneira geral, melhorias nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo com reflexo direto na produtividade das culturas (Oliveira & Estrela; Kiehl; Nakagawa; Paschoal, citado por COSTA, 2005).

Ainda há muito que ser feito, mas o desenvolvimento do conhecimento sobre a digestão anaeróbia é um dos mais promissores no campo da biotecnologia, uma vez que é fundamental para promover, com grande eficiência, a degradação dos resíduos orgânicos que são gerados em grandes quantidades nas modernas atividades rurais e industriais. À medida que os

sistemas de produção animal se intensificam e se modernizam também se intensificam as necessidades energéticas e de tratamento dos resíduos (Lucas Júnior citado por SOUZA et al., 2005). O tratamento com a biodigestão anaeróbica pode mudar o conceito da suinocultura, como grande poluidora, TECPAR (2002), e criando alternativas para o uso dos dejetos.

Os resíduos desse sistema de tratamento são chamados de biogás e biofertilizante. O biogás é um produto da degradação anaeróbia da matéria orgânica, constituída principalmente de metano e gás carbônico. O biofertilizante é um fertilizante orgânico constituído por macrominerais e microminerais essenciais ao desenvolvimento das culturas vegetais EMBRAPA (2003).

Conforme PARCHEN (1981) e FARIAS (1958), o biofertilizante ajuda a combater a erosão, tem um cheiro agradável de terra úmida, não atrai moscas nem insetos. PARCHEN (1981) afirma que o biofertilizante apresenta uma capacidade de retenção hídrica, por tanto este fertilizante natural permite que a planta se desenvolva também durante o período de seca.

O biogás seria apenas um subproduto gerado pelo processo de tratamento do resíduo da suinocultura, o qual quando aproveitado permite ao produtor rural tornar-se auto-suficiente em energia elétrica e pagar o capital investido em um sistema de tratamento de resíduos. Já que a suinocultura é uma atividade considerada cara. E o biofertilizante, utilizado, podera reduzir ainda mais o tempo de retorno do investimento, viabilizando a proposta de implantação de biodigestores como forma de saneamento rural (SOUZA et al 2005).

A tecnologia da digestão anaeróbia para a produção de biogás tem sido largamente estudada nos Departamento de Engenharia Rural das universidades, sendo demonstrada a potencialidade energética dos resíduos agrícolas. Como exemplo, Benincasa et al., citado por COSTA 2005) relatam que, a partir da

produção média diária de esterco de um bovino adulto, cerca de 25 kg, pode-se obter 1,0 m³ de biogás, correspondendo a 0,6 L de diesel, para a produção de 100 L de álcool etílico, obtêm-se, como resíduo, 1.300 L de vinhaça que, devidamente processada, pode gerar 1 m³ de biogás.

O biogás produzido em biodigestores rurais normalmente é armazenado a baixa pressão em gasômetros e utilizado por meio da combustão em equipamentos para geração de calor, como queimadores de fogões, fornalhas, campânulas de aquecimento, etc.

Segundo VILLELA e SILVEIRA (2005), a utilização do biogás no Brasil tem sido limitada pela falta de equipamentos de linha comercial especialmente desenvolvidos para o uso de biogás. Atualmente, boa parte dos equipamentos em operação com biogás são empiricamente adaptados a partir de equipamentos dimensionados para uso do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Várias instalações rurais, como granjas de suínos, de aves e leiteira, necessitam diariamente de água aquecida para a assepsia de animais, utensílios e para o processo de pasteurização, as propriedades para cozimento, aquecedores de água, iluminação, geração de energia elétrica e dentre outros, o que vem sendo feito por meio de aquecedores elétricos ou a GLP, nos quais poderia ser usado o biogás.

2.2 BREVE HISTÓRICO DO BIODIGESTOR

Conforme diz VILLELA e SILVEIRA (2005), na Índia, o aproveitamento do gás metano produzido por biodigestores, já era verificada no século passado, mais precisamente ao ano de 1859, quando numa colônia de leprosos, em Bombaim, se realizou a primeira experiência de utilização direta com biogás. Cerca de 30 anos depois, em 1895, teve lugar a primeira experiência européia, com a utilização do biogás para iluminação de algumas ruas da cidade

de Exter, na Inglaterra, a que se seguiram outras experiências, motivadas principalmente pelo entusiasmo inicial que este processo atingiu.

A China, segundo MASSOTTI (2002), é o país que mais desenvolveu o biogás, no meio rural, com uma forma de atender, principalmente, a energia para o cozimento e iluminação. Acredita-se que haja, mais de 8 milhões de unidades naquele País. Na Índia, são uma larga escala de biodigestores construído, para a produção do biogás, instalado em mais de 50.000 propriedades rurais.

Apesar disso, esse combustível não conseguiu vingar como sendo o substituto dos tradicionais, pois sua exploração tem sido bastante reduzida, limitando-se a ser utilizado em alguns casos esporádicos. Foi apenas em 1940, devido a carências energéticas significativas provocadas pela II Guerra Mundial, que o biogás voltou a ser utilizado, quer na cozinha, no aquecimento das casas, ou ainda para alimentação de motores de combustão interna (Pires, citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005).

Nas décadas de 50 e 60, a relativa abundância das fontes de energia tradicionais desencorajou a recuperação do biogás na maioria dos países desenvolvidos, e apenas em países com poucos recursos de capital e energia, como a Índia e a China, o biogás desempenhou um papel importante, sobretudo em pequenos aglomerados rurais.

Porém, a partir da crise energética dos anos 70, o gás metano dos digestores anaeróbicos voltou a despertar o interesse geral conduzindo a um aumento da sua produção nos países europeus. Esforços não têm sido medidos para a solução, embora distante, desses problemas e, o tratamento de resíduos, principalmente os que lançam mão de métodos biológicos, tem recebido atenção especial (Caetano citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005).

O alcance, de um programa de substituição de fontes de energia, por biogás, pode ser avaliado, tendo como base a produção de 7,2 milhões de biodigestores, instalados na China, até dezembro 1979, que tem um valor

energético equivalente a cinco hidroelétricas da potência de Itaipu, ou 48 milhões de toneladas de carvão mineral (BARRERA, 1993).

Segundo LAURENTINO, citado por SILVEIRA (2005), na década de 1970, o Brasil possuía em torno de 3 mil biodigestores em operação, sendo a maioria deles instalados em áreas rurais das regiões Nordeste e Sul; nos dias atuais, esse número aumentou consideravelmente, principalmente na região Sudeste, porém se desconhece o levantamento atual sobre o número de unidades em funcionamento.

Conforme BARRERA (1993), o Brasil dispõe de condições climáticas favoráveis, para explorar, a imensa energia derivada dos dejetos animais e restos de cultura, e liberar o gás de botijão, e o combustível líquido (querosene, gasolina, óleo diesel), para o homem urbano. Alivia-se, com isso, o País de uma significativa parcela de importação de derivados do petróleo. Além disso, os estudos, com biogás foram iniciados, de maneira mais intensa em 1976.

Entretanto, os resultados, alcançados já asseguram um bom domínio tecnológico, e podem se qualificar, como aptos a desenvolver um vasto programa no âmbito nacional, com biogás, sejam no setor agrícola, ou seja, no setor industrial.

2.3 BIODIGESTOR

Um biodigestor, ou, simplesmente, digestor, pode ser definido como uma câmara de fermentação, onde, a biomassa, sofre a digestão, pelas bactérias anaeróbicas, produzindo gás. Trata-se de um recipiente fechado, construído de alvenaria, concreto, ou outros materiais, onde, é colocado o material, a ser digerido. Com relação aos modelos de biodigestores, é comum à classificação como "convencionais" e "não convencionais" (Benincasa et al., citado por COSTA 2005).

Existem melhor dizendo dois tipos de biodigestores: “Biodigestores Contínuos”, e os “Biodigestores Descontínuos” ou em “Batelada”. A escolha, de um biodigestor, depende, essencialmente, das características do substrato, das necessidades de depuração, da disponibilidade de mão-de-obra e de condições de ordem econômica (Segundo MASSOTTI, 2002).

2.3.1 Os Biodigestores Descontínuos ou bateladas

São carregados de uma só vez e mantidos fechados, por um período conveniente, sendo, a matéria orgânica fermentada, descarregada posteriormente. Trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional; sua instalação poderá ser em um tanque, ou em uma série de tanques anaeróbios, dependendo das demandas de biogás, da disponibilidade e da qualidade da matéria prima utilizada (Lucas JR., citado por COSTA, 2005). Veja um exemplo de um biodigestor batelada na Figura 3.

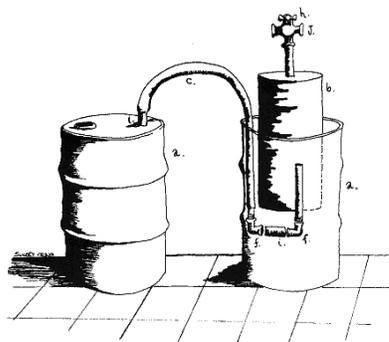


FIGURA 2: Biodigestor Batelada.

Fonte: http://www.eraecologica.org/revista_19/images/pag_40_02.gif > acessado em 09/10/2006.

2.3.2 Biodigestores Contínuos

O processo é dito contínuo, porque, a cada carga diária, corresponde uma carga de volume, semelhante de material fermentado. Quando a disponibilidade dos resíduos for diária, o interesse volta-se, para os biodigestores contínuos (Lucas Jr., citado por COSTA, 2005).

A biomassa, no interior do biodigestor, movimenta-se, por diferença de carga hidráulica, entre a entrada do substrato, e a saída do biofertilizante, no momento do carregamento. Cada carga requer, um tempo de retenção, geralmente entre 30 e 50 dias, dependendo da temperatura do meio, onde está inserido o biodigestor, se é elevada ou baixa. Por essa razão, reatores contínuos são subterrâneos (Benincasa et al., citado por COSTA, 2005).

Existem vários tipos de digestores, destacando-se o Chinês, o Indiano e o de Filme Plástico (Vinilona ou lona), porém, todos eles visam, basicamente, criar condição anaeróbica, isto é, total ausência de oxigênio, na biomassa a ser digerida (COMASTRI FILHO, 1981).

Biodigestor Modelo Chinês

Um biodigestor formado por uma câmara cilíndrica de alvenaria, para a fermentação, e um teto abobadado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. O reator funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que, há aumentos da pressão do gás, no interior do biodigestor, o que corresponde ao deslocamento da biomassa, da câmara de fermentação, para a caixa de saída e, em sentido contrário, quando há descompressão como mostra a Figura 5 (Benincasa, citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005).

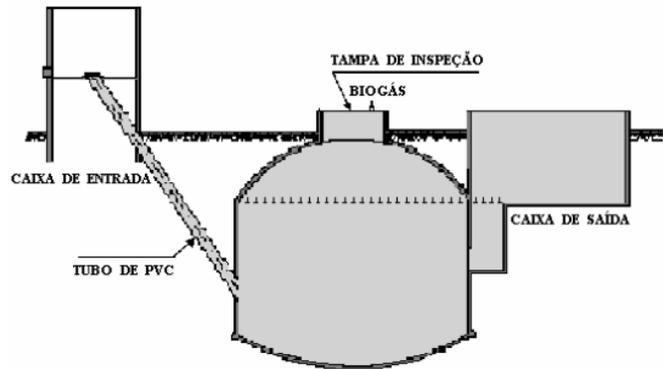


FIGURA 3: Biodigestor Vertical (Modelo Chinês).
Fonte: Benincasa, citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005.

Biodigestor Filme Plástico

Essa forma, de construir o biodigestor, também conhecido como biodigestor “Modelo LHisama”, por alguns, ou mesmo por “Biodigestor Gasômetro PVC”. Apresenta-se vantajoso, principalmente, por ser acima de tudo econômico, de simples e rápida execução, usando um mínimo material, para mão de obra, e possui a câmara de digestão aterrada, o que facilita, em manter constante a temperatura, da biomassa, (AISSE e OBLADEN, 1982).

Esse sistema pode aproveitar as lagoas aeróbias existente na propriedade que já existe o sistema de tratamento, no processo de tratamento dos dejetos da suinocultura, usando o filme plástico como câmara de fermentação, para o aproveitamento do biogás, resultantes da fermentação, (Segundo MASSOTTI, 2002). A Figura 6 mostra uma ilustração do biodigestor filme plástico.

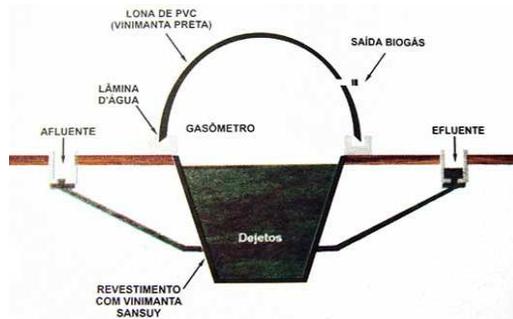


FIGURA 4: Perfil de um Biodigestor com Lona Vinílica.
 Fonte: EMBRAPA - www.cnpsa.embrapa.br/invitec/09;html

Biodigestor Modelo Indiano

São constituídos pelos seguintes componentes (MAGALHÃES, 1986):

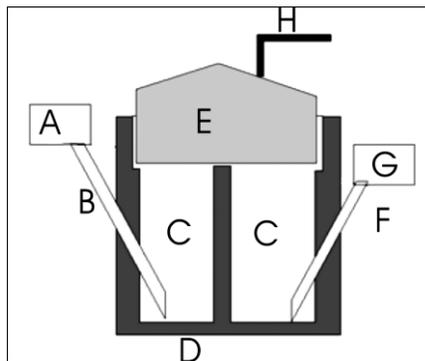


FIGURA 5: Ilustração Esquemática do Biodigestor.
 A -Tanque de entrada; B- Tubo de carga; C – Digestor; D – Septo; E - Gasômetro; F -
 Tubo de Descarga; G - Leito de Secagem; H - Saída do biogás
 Fonte: Adaptado de MAGALHÃES (1986).

Tanque de Entrada: é o local onde são depositados os dejetos; Tubo de Carga: é o conduto através do qual se faz a introdução do resíduo no digestor; O Digestor: é o tanque fechado onde se processa a fermentação da matéria orgânica; Septo: é a parede que divide e direciona o fluxo do resíduo dentro do digestor; Gasômetro: é a câmara em que se acumula o biogás, gerado pela Digestão Anaeróbia; Tubo de Descarga: é o conduto por meio do qual é expelido o resíduo líquido, depois de fermentado; Leito de Secagem: é o tanque onde é recolhido o resíduo líquido, que, após a perda do excesso de água, transforma-se no Biofertilizante; Saída do Biogás: tubulação instalada, na parte superior do gasômetro, para conduzir o Biogás até o Ponto de Consumo.

O biodigestor Indiano, mostrado na figura 4, caracteriza-se, por possuir uma cúpula móvel construída de ferro, ou fibra de vidro e, à medida que o gás se forma, ele vai sendo armazenado, sob a cúpula. Esse tipo de biodigestor, devido à formação incessante de gás, mantém uma pressão constante, a qual permite usar, este gás, ininterruptamente. Apresenta parede central dividindo o tanque de fermentação em duas câmaras, o que permite a separação da biomassa já fermentada e a sua posterior descarga (Benincasa, citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005).

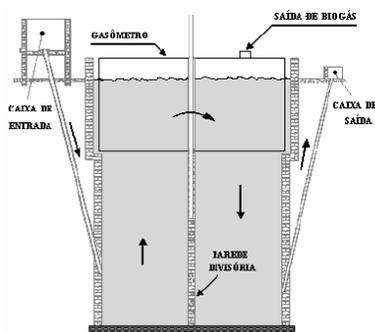


FIGURA 6: Biodigestor Vertical (Modelo Indiano).
Fonte: Benincasa, citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005.

2.3.3 Funcionamento da biodigestão

A matéria-prima, constituída por resíduos orgânicos, é inserida em proporções adequadas, no tanque de entrada, no qual, o esterco é exposto a uma pré-fermentação aeróbia. Neste processo, a maior parte do oxigênio dissolvido na mistura, é liberada para o meio ambiente, ou consumido pelas bactérias aeróbias, viabilizando assim, o posterior desenvolvimento das bactérias anaeróbias (MORAES, 1980).

A digestão anaeróbia da biomassa segundo AISSE e OBLADEN (1982) deve ser conduzida, sob condições controladas, da seguinte ordem:

- potencial hidrogeniônico (pH), que deve estar entre 6,5 e 8 (básico);
- temperatura, que deve se encontrar, preferencialmente, entre 35 a 45°C (beneficiando bactérias mesófilas);
- presença de nutrientes, principalmente de Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Hidrogênio;
- a ausência de substâncias tóxicas, ou inibidoras, como amônia, oxigênio, antibióticos e cátions;
- o tempo de retenção, deve ser de 30 a 50 dias;
- e uma relação de água e material sólido.

2.4 O BIOGÁS

O Biogás é um combustível gasoso, com um conteúdo energético elevado semelhante ao gás natural. O tratamento de resíduos, tanto sólidos, quanto líquidos, empregando a tecnologia de degradação anaeróbia, promove a geração de biogás (Benincasa citado por VILLELA e SILVEIRA, 2005).

O Biogás é composto pelos seguintes gases e proporções (MORAES, 1980):

- Metano (CH₄): de 50 a 90% vol.;
- Gás Carbônico de (CO₂): 10 a 50% vol.;
- Outros gases de 1 a 5% vol, dividido em:
 - Hidrogênio (H₂): de 0 a 1% vol.;
 - Gás Sulfídrico (H₂S): de 0 a 3% vol.;
 - Oxigênio (O₂) + Nitrogênio (N₂): de 0 a 1 % vol.

Quando o metano queima, produz uma chama geradora de uma grande quantidade de energia térmica. Segundo TECPAR, (2002), um metro cúbico de biogás gera uma queima de 5.200 a 5.900 kcal, de energia térmica sabendo que 1 kcal é o suficiente para aquecer 1 kg de água, em 1 C°. Esta variação decorre de sua maior ou menor pureza, ou seja, maior ou menor quantidade de metano.

O Biogás, altamente purificado, pode alcançar 12.000kcal, por metro cúbico (TECPAR, 2002).

O Biogás, por apresentar alta percentagem de metano, é extremamente inflamável. Pode ser usado para qualquer fim, que necessite de combustível, devido ao seu alto poder energético. É comumente utilizado no meio rural, principalmente, para cocção, iluminação, refrigeração, aquecimento, etc., proporcionando mais conforto ao homem do campo. Também, pode ser usada no acionamento de motores a explosão e geração de energia elétrica.

Segundo CRAVEIRO (1982), o Biogás é um combustível gasoso, podendo ser utilizado para substituir outras fontes de energia. Na propriedade o biogás é utilizado para as seguintes funções:

- Substituição do GLP em fogões; substituição do GLP para o aquecimento de água para as residências; uso em lâmpões; uso em aquecedores de ambiente; substituição à eletricidade para o aquecimento dos leitões; acelera a secagem dos grãos nos silos; substituição dos combustíveis fósseis dos motores.

Para o uso, como energia elétrica, é necessária a utilização e obtenção de um Conjunto Moto Gerador, para transformar o biogás em eletricidade. Já, para a obtenção de energia térmica por biogás, faz-se necessário o uso de fornos, que queimem o biogás, produzindo energia térmica (COMASTRI FILHO, 1981). Veja a Tabela 3 o consumo de Biogás, por diferentes equipamentos.

Fonte energética, BARRERA (1993), compara um metro cúbico de biogás com:

- 0,61 litros de gasolina;
- 0,58 litros de querosene;
- 0,55 litros de diesel;
- 0,45 litros de gás de cozinha;
- 1,53 quilos de lenha;
- 0,79 litros de álcool hidratado;
- 1,43 kw.

2.5 BIOFERTILIZANTE

Após a digestão anaeróbica, no interior do digestor, os resíduos, apresentam alta qualidade, para uso, como fertilizante agrícola. Trata-se de um adubo orgânico, isento de agentes causadores de doenças e pragas, às plantas, e contribui, de forma extraordinária, no restabelecimento do teor de húmus do solo, funcionando como melhorador da suas propriedades químicas e físicas, e melhora a atividade microbiana do solo, o que tem importante papel, na sua estruturação e fixação de nitrogênio atmosférico (COMASTRI FILHO, 1981).

O biofertilizante, também denominado de efluente, já se encontra, completamente “curado”, quando sai do interior do biodigestor, não possui odor, não é poluente e não cria moscas. Pode ser aplicado, diretamente no solo, na

forma líquida, ou desidratada, dependendo das condições locais (COMASTRI FILHO, 1981).

Veja a composição ilustrada na Tabela 1, das porcentagens, dos diferentes nutrientes presentes, no biofertilizante.

TABELA 1: Tabela dos principais componentes do Biofertilizante

Elementos	Porcentagem (%)
Nitrogênio	1,8 a 4,5
Fósforo	1,1 a 2
Potássio	0,8 a 1,2

Fonte: PARCHEN, 1981.

Conforme PARCHEN (1981) e FARIAS (1958), o biofertilizante ajuda a combater a erosão, tem um cheiro agradável, de terra úmida, não atrai moscas, nem insetos. PARCHEN (1981) afirma que o biofertilizante apresenta uma capacidade de retenção hídrica, portanto, este fertilizante natural, permite que a planta desenvolva-se também, durante o período de seca.

Segundo Wells citado por COSTA (2005), devido a sua composição química, o biofertilizante dos dejetos dos suínos apresenta importância agrônômica quando aplicados ao solo, pois fornecem nutrientes para uso das plantas e aumentam o teor de matéria orgânica do solo, em consequência promovem a estruturação do solo (agregação), porosidade (densidade) e a capacidade de retenção de água.

3. MATERIAIS E METODOS

Foi realizado um estudo de caso no Instituto Federal de Brasília na atividade de criação de suíno, no aproveitamento dos resíduos orgânicos produzidos, e na produção energética como uma fonte alternativa. Dimensionamento de um biodigestor modelo indiano conforme TEIXEIRA (2003), sendo assim este trabalho focou satisfazer as exigências de um melhor condicionamento para os resíduos produzidos e possível utilização energética do biogás. Valorizando os dejetos da suinocultura e dando uma maior aceitação aos resíduos da suinocultura quanto a impactos ambientais.

A criação de suínos do IFB Campus Planaltina DF, situada na de Planaltina - DF. A mesma conta com uma pequena criação de suínos, sendo um sistema integrado, confinado e sistema siscal bem característico de sistema de criação de pequenos criadores rural. Estaremos destinando o dimensionamento do biodigestor para os animais em terminação nessa fase os animais se encontra em baias separadas, possibilitando maior facilidade no manejo dos dejetos para o biodigestor, a quantidade de animais se encontra na Tabela 2.

TABELA 2: Numero de Animais por diferentes estagio de desenvolvimento na terminação.

Categoria de Animal	Número de baias	Peso(kg)	Quantidade/baia	Idade em dias	Quantidade total
Terminação	5	Até 30	15	30 à 60	75
Terminação	15	30 à 100	5	60 à 150	75
TOTAL					150

Fonte: IFB – Campus Planaltina

Os Principais problemas do sistema de tratamento atual, ocorre principalmente em período de chuva, que enche o tanque de sedimentação, e conseqüente transborda escorrendo os dejetos para locais indesejados como para

dentro do canal de irrigação situado logo a baixo da instalações e também pela sua baixa eficiência de tratamento e a produção de odor característico.

Considerações importantes básicas de um dimensionamento:

- Análise do sistema de coleta de resíduos (afluentes da suinocultura).
- A matéria orgânica essencialmente produzida, dejetos de suínos.
- Parâmetros para dimensionamento de biodigestor indiano.
- Os resultados esperados (a obtenção do biogás e do biofertilizante).
- Temperaturas anuais da região: 18 a 26°C anual respectivamente no inverno e verão. Temperatura média de 35°C conforme diz AISSE e OBLADEN (1982). Essa temperatura é alcançada em clima tropical, em tempos de inverno utiliza água aquecida, para manter a temperatura de 35°C dentro do biodigestor;
- O pH ideal de funcionamento de 6,5 a 8,0;
- Período de retenção (TR) entre 30 à 50 dias usaremos 35 dias.

Método prático de calcular o volume da carga diária é através do conhecimento da média de massa de dejetos produzida e somar a quantidade de água, observando a relação dejetos água.

TABELA 3: Planilha de cálculo do volume de carga do biodigestor.

Categoria	Esterco, kg/dia/animal.	Quantidade e total de animais	Quantidade total de dejetos (kg)/dia	Quantidade de água	Volume de água(l)	Volume de carga (VC) (m³)/dia
25-100 kg	2,3	150	345	1:3	1.035	1,38

Fonte: Adaptado de TECPAR, 2002 e Magalhães citado por TEIXEIRA, 2003.

– Cálculo do volume útil do biodigestor, veja equação 1.

$$V = VC * TR \quad (1)$$

onde: V – volume útil do biodigestor;

TR – Período de retenção;

VC – Volume de Carga (m³/dia).

$$V = 1,38\text{m}^3/\text{m}^3 \times 35\text{dias}$$

$$V = 48,3\text{m}^3$$

– Calculo do diâmetro interno (Di) e da altura (H) do biodigestor, veja equação 2.

$$0,6 \leq \frac{D_i}{H} \leq 1,0 \quad (2)$$

Façamos $D_i = 3,7\text{m}$

$H = 4,5\text{m}$

– Verificação de que o volume bruto (Vb), relação Di/H, altura (H) e o volume útil (V) estão dentro dos intervalos propostos veja equação 3.

$$V_b = \frac{\pi(D_i)^2 \cdot H}{4} \geq 1,1 \times V$$
$$V_b = \frac{3,14(3,7)^2 \cdot 4,5}{4} \geq 1,1 \times 48,3 \quad (3)$$

$$V_b = 48,36\text{m}^3 \leq 53,13$$

(não atendeu à condição)

– Como não atendeu, calcula-se o valor de (H) para um $D_i = 3,7\text{m}$ e $V_b = 53,13\text{m}^3$, veja equação 4.

$$53,13 = \frac{3,14 \cdot (3,7)^2 \cdot H}{4}$$
$$H = \frac{53,13 \times 4}{3,14 \times 13,69} \quad (4)$$

$$H = 4,94\text{m}$$

– Para este novo valor de $H = 4,94\text{m}$ tem-se, veja equação 5:

$$V_b = \frac{3,14(3,7)^2 \times 4,94}{4} \quad (5)$$

$$V_b = 53,13\text{m}^3$$

Como $V_b = 53,13 \text{ m}^3$ é igual a $53,13 \text{ m}^3$, logo este volume atende as condições do problema.

– Conferindo a Relação D_i/H , veja equação 6.

$$0,6 \leq \frac{D_i}{H} \leq 1,0$$

$$0,6 \leq \frac{3,7}{4,94} \leq 1,0 \quad (6)$$

$$0,6 \leq 0,75 \leq 1,0$$

(atende as condições)

– Parâmetro de Altura (H), veja equação 7.

$$3,0 \leq H \leq 6,0$$

$$0,6 \leq 4,94 \leq 6,0 \quad (7)$$

(atende as condições)

Como todas as condições foram atendidas, continuam os cálculos com os dados acima dimensionados.

– Dimensionamento do gasômetro: Cálculo do diâmetro interno do gasômetro (D_g), das alturas h_1 e h_2 do gasômetro.

– Calculando produção diária de biogás, segundo CRAVEIRO, (1982); TECPAR, (2002) e OLIVEIRA E OTSUBO, (2002), diz que 1 kg de dejetos de

suíno produz 0,32m³ de biogás. A produção Total de dejetos de acordo com a Tabela 2 é de: 345 kg de Dejetos / dia. Logo a equação 8 mostra a produção total de biogás (PB) por dia, veja.

$$PB \text{ por dia} = \frac{0,32 \text{ m}^3 * 345 \text{ kg de Dejetos / dia}}{1 \text{ kg}} = 110,4 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (8)$$

– A utilização desse gás estará sendo realizada como combustível para conjunto moto-gerador, conjunto moto-bomba, fogão, chuveiro e em sistema de aquecimento de leitões através da utilização de escamoteadores em maternidades, veja a tabela 4

TABELA 4: Consumo específico de cada equipamento.

Equipamento	Consumo
Campânula = 0,25 m ³ /hora x 14 escamoteadores x 8 horas	28,0 m ³ /dia
Conjunto moto-bomba = 0,45/HP x 7 HP x 6 horas	18,9 m ³ /dia
Fogão (cozimento) = 0,42 m ³ /pessoa . dia x 4 pessoas	1,68 m ³ /dia
Chuveiro (banho) = 0,74 m ³ /banho x 2 banho x 4 pessoas	5,92 m ³ /dia
Conjunto moto – gerador = 0,45/HP x 6,5 HP x 19 horas	55,58 m ³ /dia
Total	110,08 m³/dia

Fonte: TEIXEIRA, 2003.

– Para dimensionar as dimensões do gasômetro precisa calcular o valor do volume útil, que é determinado através da demanda de pico e, para isto, iremos construir um esquema de envolvendo o regime de produção, consumo e armazenamento do biogás.

– Volumes consumidos (N), nos respectivos períodos:

N (01-03) = 14 escamoteador + 1/19 moto gerador

N (01-03) = 10,5 m³ + 2,925 m³.

$$N (01-03) = 13,425 \text{ m}^3$$

$$N (03-06) = 14 \text{ escamoeador} + 3/19 \text{ motor gerador} + 1/4 \text{ fogão.}$$

$$N (03-06) = 10,5 \text{ m}^3 + 8,775 \text{ m}^3 + 0,42 \text{ m}^3.$$

$$N (03-06) = 19,695 \text{ m}^3$$

$$N (06-09) = 3/19 \text{ moto gerador} + 1/2 \text{ moto bomba} + 1/2 \text{ banho}$$

$$N (06-09) = 8,775 \text{ m}^3 + 9,45 \text{ m}^3 + 2,96 \text{ m}^3$$

$$N (06-09) = 21,185 \text{ m}^3.$$

$$N (09-12) = 3/19 \text{ moto gerador} + 1/4 \text{ fogão.}$$

$$N (09-12) = 8,775 \text{ m}^3 + 0,42 \text{ m}^3.$$

$$N (09-12) = 9,195 \text{ m}^3$$

$$N (12-15) = 3/19 \text{ moto gerador} + 1/2 \text{ moto bomba} + 1/4 \text{ fogão.}$$

$$N (12-15) = 8,775 \text{ m}^3 + 9,45 \text{ m}^3 + 0,42 \text{ m}^3$$

$$N (12-15) = 18,645 \text{ m}^3$$

$$N (15-18) = 3/19 \text{ moto gerador} + 1/2 \text{ banho}$$

$$N (15-18) = 8,775 \text{ m}^3 + 2,96 \text{ m}^3.$$

$$N (15-18) = 11,735 \text{ m}^3.$$

$$N (18-21) = 3/19 \text{ moto gerador} + 1/4 \text{ fogão}$$

$$N (18-21) = 8,775 \text{ m}^3 + 0,42 \text{ m}^3.$$

$$N (18-21) = 9,195 \text{ m}^3.$$

$$N (21-01) = 1/4 \text{ escamoteador}$$

$$N (21-01) = 7,0 \text{ m}^3$$

– Volume produzido (M), nos respectivos períodos:

$$M (01-03) = 110,08/24*3$$

$$M (01-03) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (03-06) = 110,08/24*3$$

$$M (03-06) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (06-09) = 110,08/24*3$$

$$M (06-09) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (09-12) = 110,08/24*3$$

$$M (09-12) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (12-15) = 110,08/24*3$$

$$M (12-15) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (15-18) = 110,08/24*3$$

$$M (15-18) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (18-21) = 110,08/24*3$$

$$M (18-21) = 13,76 \text{ m}^3$$

$$M (21-01) = 110,08/24*3$$

$$M (21-01) = 13,76 \text{ m}^3$$

– Com esses valores de consumo e produção pode-se constituir a tabela 5 de volume armazenado, volume produzido e volume consumido como se segue abaixo.

TABELA 5: Consumo específico de cada equipamento.

Período (horas)	Tempo (horas)	Volume Armazenado (m³)	Volume Produzido (m³)	Volume Consumido (m³)	Sobra (m³)
01-03	3	13,35	13,76	13,425	13,685
03-06	3	13,685	13,76	19,695	7,75
06-09	3	7,75	13,76	21,185	0,325
09-12	3	0,325	13,76	9,195	4,89
12-15	3	4,89	13,76	18,645	0,00
15-18	3	0,00	13,76	11,735	2,025
18-21	3	2,025	13,76	9,195	6,59
21-01	3	6,59	13,76	7,0	13,35

– Na tabela 4, pode-se observar que o valor do volume do gasômetro será de 13,685 m³, maior valor armazenado.

– Calculo do diâmetro do gasômetro (Dg), veja equação 9.

$$\begin{aligned}
 D_g &= D_i + 0,10m \\
 D_g &= 3,7 + 0,10 \\
 D_g &= 3,80m
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

– Calculo de altura (h2), veja equação 10.

$$\begin{aligned}
 h_2 &= \frac{4 \times 13,685}{3,14 \times (3,8)^2} \\
 h_2 &= 1,21m
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

– Determinação da altura h1:

$h_1 = 0,20m$, isto porque a pressão que irá funcionar o biodigestor é de $0,02kf/cm^2$ ou seja, 20 cm de coluna d'água.

– Verificação do volume útil do biodigestor:

– Calculo do volume da parede divisória, considerando esta de 1 tijolo, ou seja, 0,24m (EP), veja equação 11.

$$V_p = h \times D_i \times EP \tag{11}$$

– Para calcular V_p , temos que verificar se h é maior ou igual a $2/3$ de H , sendo que para isto temos que calcular h , veja equação 12.

$$\begin{aligned}
 h &= H - h_2 \\
 h &= 4,94 - 1,21 \\
 h &= 3,73m \\
 3,73 &\geq 2H/3 \\
 3,73 &\geq \frac{2 \times 4,94}{3} \\
 3,73 &\geq 3,29
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

– Como a altura h é maior que $2/3H$ (3,29), esta medida atende o objetivo.

Calculo de V_p , equação 11.

$$V_p = 3,79 \times 3,7 \times 0,24$$

$$V_p = 3,37 \text{ m}^3$$

– O volume útil do biodigestor será, veja equação 13.

$$V_r = V_b - V_p$$

$$V_r = 53,13 - 3,37 \quad (13)$$

$$V_r = 49,76 \text{ m}^3$$

Como este valor é maior que $V=48,3 \text{ m}^3$ está aceitável.

– Calculo do peso do gasômetro necessário para atingir a pressão desejada de 0,20 metros de coluna de água, veja equação 14.

$$P_g = \frac{\pi p \cdot (Dg)}{4} \quad (14)$$

$$P_g = \frac{3,14 \times 0,02 \times (3,8)^2}{4}$$

$$P_g = 2.268,23 \text{ kgf}$$

– Calculo da espessura da chapa para proporcionar um peso que corresponda a uma pressão de $0,020 \text{ kgf/cm}^2$.

A espessura da chapa recomendada é de 1,5 a 2,0 mm, ao menor custo e para facilitar o manuseio e soldagem. Mesmo com essa espessura o gasômetro não atingirá o peso para atingir uma pressão de $0,02 \text{ kgf/cm}^2$. Para isso será necessária a utilização de lastros sobre o gasômetro.

– Calculo do volume e das dimensões da caixa de carga

– Volume da caixa de carga (V_c) veja a equação 15.

$$V_c = V_r \div TR$$

$$V_c = 49,76 \div 35 \quad (15)$$

$$V_c = 1,42m^3$$

– Calculo das dimensões da caixa de carga. Para que facilite na homogeneização do material com a água na caixa de descarga, deve-se construí-la com dimensões menores ou iguais a 0,8 m de base, para isto devemos dividir o volume por 4, veja a equação 16.

$$V_c = 1,42 \div 4$$

$$V_c = 0,36m^3 \quad (16)$$

– Para o caso de caixa de carga quadrada tem-se, veja a equação 17.

$$A_c = 0,36 \div 0,5(\text{ha})$$

$$A_c = 0,72m^2$$

$$C_c = \sqrt{0,72} \quad (17)$$

$$C_c = 0,85m$$

$$L_c = 0,85m$$

Logo:

ha – altura da caixa.

A_c – área da caixa

C_c – comprimento da caixa.

L_c – largura da caixa.

Deve-se fazer 4 abastecimentos na hora da carga, para equivaler ao volume total diário de carga.

– Calculo do diâmetro externo do biodigestor (D_e), veja equação 18.

$$De = Di + (2 \times \text{espessura da parede})$$

$$De = 3,7 + 2 \times 0,24 \quad (18)$$

$$De = 4,18\text{m}$$

– Cálculo do diâmetro de base (sapata) de sustentação de biodigestor (Db), veja equação 19.

$$Db = De + 0,20$$

$$Db = 4,18 + 0,20 \quad (19)$$

$$Db = 4,38\text{m}$$

– Relação de todas as dimensões calculadas (medidas), para o biodigestor modelo Indiano, veja a tabela 6.

TABELA 6: Relação de dimensões do biodigestor modelo Indiano.

Componente(s)	Dimensões
Di	3,7m
H	4,94m
Dg	3,8m
h1	0,20m
h2	1,21m
Ds	3,9m
Pg	2.268,23kgf/cm ²
a	0,5m
b	0,2m
e	0,3m
Vc	1,42m ³
hc	0,5m
Cc	0,85m
Lc	0,85m
De	4,18m
Db	4,38m

Nas figuras segue a planta baixa, o corte e o detalhe do gasômetro deste projeto.

– Planta Baixa detalhada do projeto veja Figura 6.

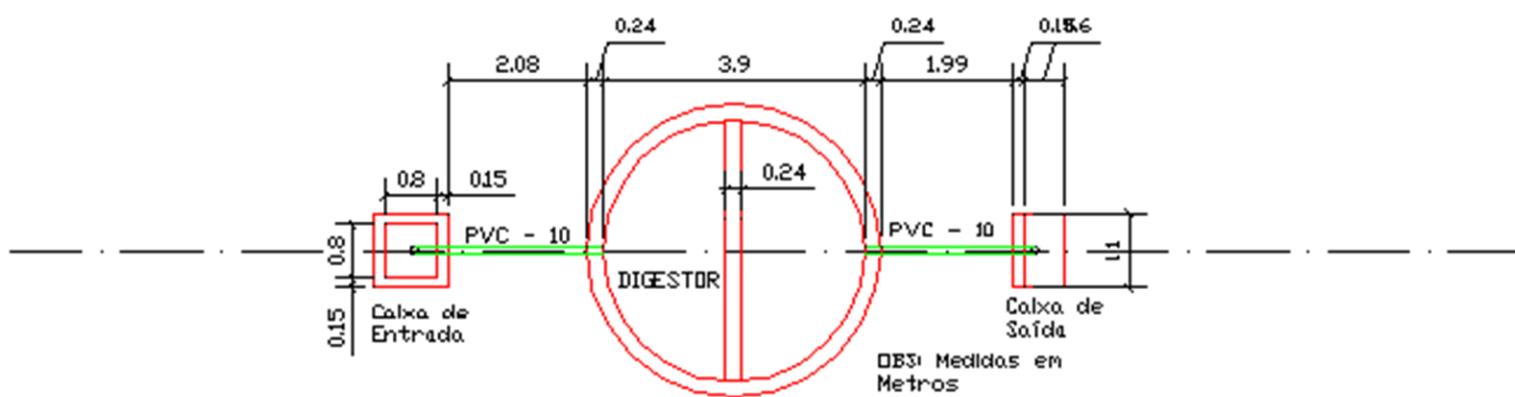


FIGURA 6: Projeto Planta baixa do Biodigestor Vertical (Modelo Indiano).

4. CONCLUSÃO

A alta suficiência energética na suinocultura se faz possível, através da queima do gás produzido, no biodigestor e junto à produção energética o controle da poluição ambiental.

O biogás confirma a expectativa de ser uma fonte de energia limpa e com alta eficiência e propícia na utilização no meio rural, podendo suprir a demanda energética da propriedade, sendo uma fonte que valoriza o tratamento, gerando economia e conservação da qualidade ambiental.

Com base neste trabalho foi possível dimensionar um projeto, onde se verificou uma boa produção de gás, verificando que a implantação do sistema é viável economicamente, pela independência energética da propriedade na produção de suínos, e o sistema é altamente vantajoso ambientalmente e socialmente, possibilitando a sustentabilidade da atividade.

Com a produção de biogás a propriedade se torna auto-suficiente na produção de energia, satisfazendo sua demanda energética.

A criação de suíno é uma atividade que demanda muita energia, tornando o custo de produção elevado, logo a atividade apresenta alto custo de energia elétrica e ineficiência do sistema de tratamento dos dejetos. Sendo que o custo de energia é elevado um gasto que onera a produção e ainda, existe o problema da incerteza no fornecimento dessa energia, tornando inseguro o funcionamento dos equipamentos utilizados na propriedade.

Este trabalho focalizou uma pequena criação de suínos, característica de produção de pequeno produtor rural, logo essa atividade tem um potencial muito grande, em manutenção energética, tornando a implantação do biodigestor algo vantajoso para elevar os lucros do pequeno produtor.

A utilização do biodigestor proporcionou aproveitamento vantajoso para os dejetos produzidos na suinocultura que, além da energia produzida por meio

do biogás, fornece um tratamento de qualidade e isso promove maior aproveitamento dos dejetos, como um fertilizante na agricultura. Fica a recomendação de se implantar um sistema de tratamento utilizando um biodigestor, que é um processo mais eficaz no tratamento de resíduos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

AISSE, M. M.; OBLADEN, N. L. **Tratamento de Esgotos por Biodigestão Anaeróbia**. Curitiba: CNPq. ITAH/IPPUC, PUCPR, 1982. 99p.

BARRERA, P. **Biodigestores Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993. 250p.

BOHRER, P. B. A Suinocultura Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABIPECS. Disponível em: <<http://www.abipecs.com.br>>. Acesso em agost de 2006.

COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense, Corumbá**. 1 ed. Corumbá, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá. , 1981. 53p.

COSTA, Mônica Sarolli Silva de Mendonça. **Caracterização dos Dejetos de Novilhos Superprecoces: Reciclagem Energética e de Nutrientes**. 126p. 2005. Tese (Doutorado em, Universidade Estadual Paulista, BOTUCATU – SP.

CRAVEIRO, A. M. **Produção de Biogás**. 1 ed. São Paulo – SP: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1982. 259p.

EMBRAPA, **Manejo de dejetos e outros materiais poluentes**. Sistemas de Produção, Jan./2003. Disponível em: <[sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/manejo dejetos.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/manejo_dejetos.html)>. Acessado em 07 agost. 2006.

FARIAS, R. R. de. **Gás combustível e adubo orgânico a baixo custo**. 1 ed. Rio de Janeiro: Ministério de Agricultura, 1958. 208p.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás**: um projeto de saneamento urbano. São Paulo: Nobel, 1986. 120 p.

MORAES, M, J. **Manual de instruções para o usuário do biogás**. Recife: Secret. Dos Transp., Energ. e Comunicação, 1980. 32 p.

PARCHEN, C. A. P. **Algumas informações sobre manejo de esterco de bovinos e suínos**. São Paulo – SP: EMATER, 1981. 126p.

SOUZA, C. F.; LUCAS JÚNIOR, J.; FERREIRA, W. P. M.; **Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Suínos Sob Efeito de Três Temperaturas e Dois Níveis de Agitação do Substrato: Considerações Sobre a Partida**. Jaboticabal, v.25, n.2, p.530-539, maio/ago. 2005.

TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná. **Manual de Biosistemas Integrados na Suinocultura**. Curitiba, Paraná, 2002. p 140.

TEIXEIRA, V. H. **Biogás**: UFLA/FAEPEM 2003. 93 p.: II – curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” Especialização a Distancia: Formas Alternativas de Energia.

USDA. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Washington: United States Department of Agriculture, 2004. 322p. (Circular Series).

VILLELA, I. A. de C.; SILVEIRA J.L. **Aspectos técnicos da produção de biogás em um laticínio**. Guaratinguetá – SP.: FAENQUIL - Faculdade de Engenharia Química de Lorena, 2005. 108p.