



JULIANA CRISTINA FUKUDA

**PROJETO DE INSTALAÇÃO DE UM
BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO NA SEDE
DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO:
SANEAMENTO, APROVEITAMENTO
ENERGÉTICO E DEMONSTRAÇÃO DE
ALTERNATIVA SANITÁRIA PARA A REGIÃO**

LAVRAS - MG

2013

JULIANA CRISTINA FUKUDA

**PROJETO DE INSTALAÇÃO DE UM BIODIGESTOR DE BAIXO
CUSTO NA SEDE DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO:
SANEAMENTO, APROVEITAMENTO ENERGÉTICO E
DEMONSTRAÇÃO DE ALTERNATIVA SANITÁRIA PARA A REGIÃO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras como
parte das exigências do curso de Pós-
Graduação Lato Sensu Formas
Alternativas de Energia, para obtenção
de título de Especialista.

Orientador
Victor Hugo Teixeira

LAVRAS – MG

2013

JULIANA CRISTINA FUKUDA

**PROJETO DE INSTALAÇÃO DE UM BIODIGESTOR DE BAIXO
CUSTO NA SEDE DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO:**

**SANEAMENTO, APROVEITAMENTO ENERGÉTICO E
DEMONSTRAÇÃO DE ALTERNATIVA SANITÁRIA PARA A REGIÃO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras como
parte das exigências do curso de Pós-
Graduação Lato Sensu Formas
Alternativas de Energia, para obtenção
de título de Especialista.

APROVADA em 13 de março de 2013.

(nome)

(instituição)

(nome)

(instituição)

(nome)

(instituição)

Victor Hugo Teixeira
Orientador

LAVRAS – MG

2013

Aos meus filhotes CAETÊ e INTI -
minhas fontes de perseverança
por um mundo mais equilibrado e justo

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Yotaka Fukuda (*in memoriam*) e Ilza Marlene Kuae Fukuda, pela minha formação acadêmica e pessoal, além do incentivo à realização deste curso de especialização.

Ao meu marido, Julio César Souza de Andrade, pelo apoio incondicional em todas as etapas deste curso.

Ao Prof. Gilmar Tavares, pela compreensão e apoio ao meu reingresso no curso após trancamento devido ao nascimento do meu primeiro filho e mudança de cidade.

À monitora do curso, Iara xxx, pelo apoio para que eu pudesse cumprir todas as disciplinas à distância do segundo módulo antes que o meu segundo filho nascesse.

À Fundação SOS Pró Mata Atlântica que através do Fundo Guanabara custeou as minhas despesas durante o primeiro encontro presencial.

Aos meus chefes Breno Herrera, Maurício Muniz e Klinton Senra, pelo apoio para que eu participasse dos encontros presenciais.

Ao colega Airson Silva, pelos ensinamentos e troca de ideias, e aos demais colegas, pelo incentivo e entusiasmo com o projeto.

RESUMO

Foi dimensionado e projetado um biodigestor de baixo custo utilizando plástico tubular para a sede da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim e da Estação Ecológica (ESEC) da Guanabara, localizada no município de Guapimirim, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foram também levantados materiais e custos estimados, além de ter sido dimensionada a economia de gás de cozinha utilizado para cocção. Pretende-se que, com a instalação desse biodigestor, se realize o saneamento dos efluentes sanitários, se aproveite o biogás para cocção, se aproveite o biofertilizante para o viveiro de mudas e jardim, e que sirva de modelo para visitantes, para a comunidade local e para outras unidades de conservação.

Palavras-chave: Biodigestor. Saneamento ambiental. Área de Proteção Ambiental de Guapimirim. Estação Ecológica da Guanabara.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Local de estudo	2
1.2	Objetivos	5
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
3	DESENVOLVIMENTO	9
3.1	Dimensionamentos	11
3.1.1	Dimensionamento do biodigestor	13
3.1.2	Dimensionamento da calha do biodigestor	16
3.1.3	Dimensionamento das tubulações para efluentes sanitários e para biogás	18
3.2	Estimativa da produção de biogás e economia	18
3.3	Local de instalação do biodigestor	19
3.4	Cálculo do custo da instalação	23
3.5	Construção e instalação do biodigestor, das tubulações de entrada e de saída, do reservatório de biogás e da cozinha	24
4	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS	28
	ANEXO	31

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é o aumento contínuo da produção de resíduos orgânicos. Em muitos países, a gestão sustentável dos resíduos, bem como a sua redução, tornaram-se grandes prioridades políticas, o que representa parte importante dos esforços comuns para reduzir a poluição e as emissões de gases de efeito estufa e para mitigar as mudanças climáticas globais. Nesses países, a deposição descontrolada não é mais aceitável e até mesmo aterros controlados e incineração de resíduos orgânicos não são práticas consideradas ideais, sendo desejável a recuperação de energia e a reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica (AL SEADI, 2008).

A digestão anaeróbia oferece algumas possibilidades interessantes e soluções para esses problemas globais como a produção de energia alternativa, manejo dos resíduos humanos, animais, urbanos e industriais com segurança, controle da poluição ambiental e produção de fertilizante natural para a agricultura. Outros benefícios da digestão anaeróbia incluem a diminuição de odores, a redução ou a eliminação de bactérias patogênicas dependendo da temperatura do tratamento (FAO, 1992; AL SEADI, 2008).

Há um grande potencial para a tecnologia de digestão anaeróbia para produção de energia, que não é amplamente utilizada. Na maioria dos países industrializados, programas de biogás são muitas vezes impedidos por dificuldades operacionais, custos elevados de plantas e preços de energia ainda baixos. Na maioria dos países em desenvolvimento, a expansão dos programas de biogás foi restringida devido à falta de incentivos econômicos, de supervisão organizada e de ajuda financeira inicial; enquanto que em outros países em desenvolvimento, um lento desenvolvimento tem sido observado, devido a falta de urgência, já que há outras formas de combustível de baixo custo não-comerciais, tais como lenha (FAO, 1992).

Considerando os domicílios brasileiros, na zona urbana 51,6% possuem alguma rede coletora de esgoto – o que não significa necessariamente que haja tratamento dos esgotos – e na zona rural, a porcentagem é de apenas 3,7% (na amostragem não foram considerados os estados da Região Norte, ou seja, na realidade esse número é bem menor) (IBGE, 2004).

Desde os anos 1970, já era conhecido que a Baía de Guanabara (em cuja bacia hidrográfica está situada a APA Guapimirim) estava bastante poluída por carga orgânica, principalmente esgotos domésticos e despejos industriais, apresentando valores relativamente altos de DBO, principalmente nas áreas costeiras, com todas as praias interiores fora dos padrões de balneabilidade (LIMA, 2006).

De acordo com COELHO (2007), estima-se que na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara haja cerca de 4 milhões de habitantes urbanos, o que representa aproximadamente 45% da população da bacia, que não são servidos por redes públicas de esgotamento sanitário.

O Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011) até mostrou uma tímida melhora do saneamento de esgotos do país, mas é claro ao notar que ainda há um longo caminho a ser percorrido para se atingir um índice satisfatório, que possa garantir melhorias nas condições de moradia e de saúde da população, bem como preservar a qualidade do meio ambiente.

Nota-se facilmente o potencial da utilização de biodigestores no Brasil, que por um lado auxiliaria no saneamento de efluentes, e por outro, produziria energia, num país que nos últimos anos vem sofrendo ameaças constantes de déficit energético.

1.1 Local de estudo

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim é uma unidade de conservação federal com extensão de aproximadamente 14 mil hectares, criada em 1984 (BRASIL, 1984). Encontra-se na região metropolitana do Rio de Janeiro, e é responsável pela gestão do maior remanescente de manguezais no entorno da Baía de Guanabara. Essa APA abrange manguezais, área marinha, poucas propriedades rurais e pequenos adensamentos urbanos em quatro municípios: São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim e Magé.

Administrativamente a APA Guapimirim é gerenciada de forma conjunta com a Estação Ecológica (ESEC) da Guanabara. Essa Estação Ecológica foi criada em 2006, com área aproximada de 2 mil hectares, com o objetivo de proteger os manguezais mais conservados da Baía de Guanabara, estando na área central da APA Guapimirim (ICMBIO, 2012) (Figura 1).

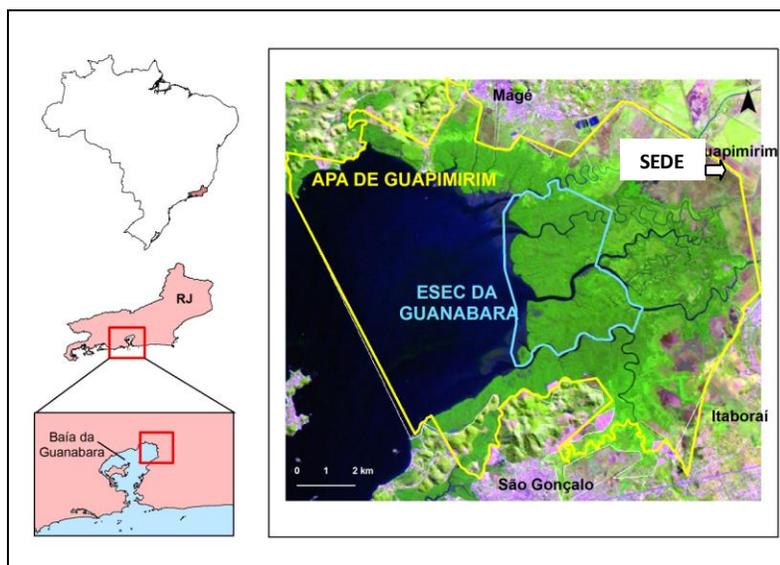


Figura 1 – Mapa com limites da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim e da Estação Ecológica da Guanabara

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), autarquia ligada ao Ministério do Meio Ambiente, é o órgão responsável pela

gestão da APA Guapimirim e da ESEC Guanabara. A sede administrativa dessas duas unidades encontra-se em um ponto estratégico, no cruzamento entre o rio Guapimirim e a estrada BR-493 (Figura 1), permitindo um rápido deslocamento das equipes de trabalho tanto por via terrestre como por via aquática.

O terreno de 7.100 m² onde se encontra a sede administrativa está localizado em zona rural do município de Guapimirim, estado do Rio de Janeiro, e foi doado em 1993 pelo grupo Sendas, empresa proprietária de grande parte das terras no entorno da APA. Em 2000 foram iniciadas as construções que são utilizadas atualmente (IBAMA, 2004).

A sede compartilhada da ESEC da Guanabara e da APA Guapimirim conta com cerca de 1.000 m² de área construída, incluindo um edifício com auditório, biblioteca, secretaria, sete salas, um pequeno laboratório, uma copa e dois toaletes, outro edifício com cozinha, refeitório, dois dormitórios, dois banheiros, um recinto de triagem de animais e posto do Batalhão da Polícia Militar Florestal, e ainda: uma garagem, canal artificial para acessar o rio, atracadouro e torre de observação (Figura 2).



Figura 2 – vista aérea da sede da APA Guapimirim e da Estação Ecológica da Guanabara

Cerca de vinte pessoas, entre funcionários e visitantes utilizam as dependências da sede todos os dias, de segunda a sexta-feira. Aos finais-de-semana, há acesso dos vigilantes e a grupos de visita eventuais.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de instalação de um biodigestor de baixo custo, que realizaria o saneamento dos efluentes sanitários, com aproveitamento do biogás para cocção, aproveitamento do biofertilizante para o viveiro de mudas, e servindo de inspiração para visitantes e para a comunidade local. Os objetivos específicos são: dimensionar um biodigestor adequado à localidade e à realidade, levantar materiais e calcular custos, e dimensionar a economia de gás de cozinha utilizado para cocção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De maneira ampla, os biodigestores são reservatórios fechados onde ocorrem processos anaeróbios. Bactérias, na ausência de ar, atuam na transformação da matéria orgânica (biomassa), passando de moléculas mais complexas para aquelas com estruturas mais simples.

A digestão anaeróbia de excretas oferece várias vantagens como: conversão de resíduos orgânicos em gás metano, que é um gás de efeito estufa, e o qual pode ser usado diretamente como fonte energética (biogás); redução da emissão de amônia; controle de odores e produção de biofertilizante. Indiretamente, podem-se citar os alguns benefícios como: alterações nas relações familiares e sociais nas camadas de baixa renda em função do fornecimento de energia de baixo custo e todas as benéficas conseqüências; menor dependência

de combustíveis fósseis; geração de empregos (FUKAYAMA, 2008).

De acordo com ARRUDA et al. (2002), a decomposição bacteriana de matéria orgânica sob condições anaeróbias é feita em três fases: hidrólise enzimática, fase ácida e fase metagênica (Figura 3).

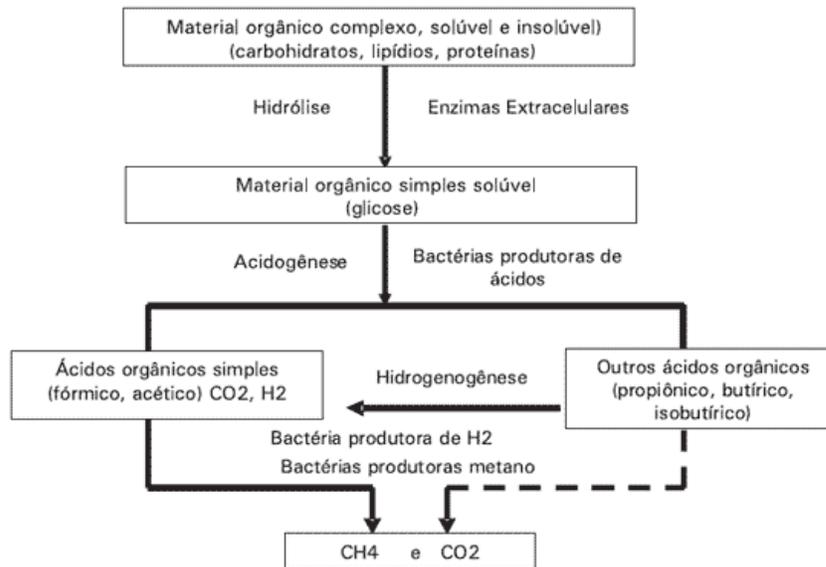


Figura 3 - Etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbia (Fonte: MC CARTY JERIS & MURDOCH (1963) apud CARON et al (2009))

Na fase de hidrólise enzimática as bactérias liberam no meio as enzimas extracelulares que irão promover a hidrólise de partículas (quebra de partículas no meio aquoso), transformando moléculas grandes em outras menores e mais solúveis.

Na fase ácida (acidogênese e hidrogenogênese) as bactérias produtoras de hidrogênio transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos (ácido láctico e ácido butílico), etanol, hidrogênio, amônia e dióxido de carbono, entre outros.

Na fase metagênica as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono transformando-os em metano (CH_4). Essa fase limita a velocidade da cadeia de reações, devido, principalmente, à formação de microbolhas de CH_4 e CO_2 em torno da bactéria metanogênica isolando-a do contato direto com a mistura, razão pela qual a agitação é prática recomendável.

Como resultado da biodigestão anaeróbia de excrementos, têm-se a produção de biogás e um efluente clarificado e mais estabilizado química e microbiologicamente, que pode ser usado como biofertilizante (BARREIRA, 2011, HERRERO, 2008).

Biomassa são restos orgânicos encontrados na natureza, que podem ser usados na produção de biogás, tais como: excrementos de animais, plantas aquáticas, folhagem, gramas, restos de comida, cascas de cereais e esgotos residenciais.

O biogás produzido pode ser utilizado para fazer funcionar motor, geladeira, lampião, chocadeira, secadores diversos; pode ainda substituir o gás de cozinha para cocção e a energia elétrica em aparelhos cujo funcionamento é determinado, como televisão, rádio e ferro de passar (BARREIRA, 2011).

Pode se produzir um metro cúbico de biogás com 25 kg de esterco fresco de vaca, 5 kg de esterco seco de galinha, 12 kg de esterco de porco, 25 kg de plantas ou casca de cereais ou 20 kg de lixo (PAULA, 2006).

O biogás é essencialmente constituído por metano (CH_4), com valores médios na ordem de 55 a 65%, e por dióxido de carbono (CO_2) com aproximadamente 35 a 45% de sua composição, encontrando-se ainda, em menores proporções, gás sulfídrico e nitrogênio. Seu poder calorífico está diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa (PAULA, 2006, DEGANUTTI et al., 2002).

O biofertilizante pode ser usado como adubo orgânico para fortalecer o

solo e para o desenvolvimento das plantas. Não apresenta mau cheiro, é rico em nitrogênio (substância muito carente no solo), e o processo de digestão anaeróbia mata todas as bactérias aeróbicas existentes nas fezes. (CERPCH, sem data).

A China e a Índia, dois dos países mais populosos do mundo, são os que possuem maior quantidade de biodigestores instalados nos seus territórios. A necessidade de grande produção de alimentos e a estratégia de geração de energia de forma local fez com que esses países adotassem amplamente essa tecnologia de tal forma que há na China pelo menos oito milhões de biodigestores em funcionamento, e 300 mil na Índia (no Brasil, deve haver por volta de dois mil) (BARREIRA, 2011).

Com a crise do petróleo, na década de 1970, foi trazida para o Brasil a tecnologia dos biodigestores (DEGANUTTI et al., 2002). O Brasil dispõe de condições climáticas favoráveis para explorar o grande potencial energético produzido pelos biodigestores, através da utilização do biogás, deixando de utilizar o gás de cozinha (mistura de butano e propano) e o combustível líquido (querosene, gasolina e diesel), todos esses derivados de petróleo, nos meios rural e urbano (BARREIRA, 2011).

No Brasil, o uso de biodigestores em propriedades rurais, utilizando excrementos de animais de criação já é bastante comum, com vários trabalhos de pesquisa (por exemplo: CASTRO & CORTEZ, 1998; GASPAR, 2003; AMARAL et al, 2004; TARRENTO & MARTINEZ, 2006), mas o uso de biodigestores utilizando-se excretas humanas e sua pesquisa ainda não é tão usual.

SILVA (2012) realizou medições em biodigestor com excrementos suínos e humanos, concluindo que essa técnica apresentava diminuição significativa de DBO, DQO e coliformes, mas que o efluente tratado não poderia ser descartado diretamente em corpos d'água sem uma depuração prévia.

Segundo BARREIRA (2011), há diversos tipos de biodigestores,

desenvolvidos em diferentes países, mas de forma geral, os biodigestores podem ser classificados, de acordo com o sistema de abastecimento da matéria prima, como de batelada ou contínuo. Nos modelos de batelada, a matéria prima é colocada e o biodigestor só é aberto quando cessa a produção de biogás, então os resíduos são retirados e é colocada nova quantidade de matéria prima. Já nos modelos de abastecimento contínuo a matéria prima pode ser colocada continuamente sem a necessidade aguardar o término da digestão da matéria orgânica dentro do biodigestor. Os modelos mais usados no Brasil, do tipo “indiano” e do tipo “chinês” são dessa última forma de abastecimento (DEGANUTTI et al., 2002).

De acordo com COMASTRI FILHO (1981), os biodigestores contínuos se encontram divididos em dois tipos de acordo com o seu posicionamento sobre o solo: vertical e horizontal. O biodigestor vertical consiste em um tanque cilíndrico, em alvenaria, concreto ou outros materiais, quase sempre com a maior parte submersa no solo. A matéria-prima é colocada na sua parte inferior com a saída do gás na parte superior, funcionando como acumulador de gás e como instrumento de vedação do digestor. Já o biodigestor horizontal consiste de uma câmara, com qualquer formato, onde a altura ou profundidade é inferior às dimensões de comprimento e largura, podendo ser enterrada no solo ou não. A matéria-prima é colocada periodicamente em um dos lados do digestor. Este tipo de digestor é mais frequentemente utilizado em regiões onde o aquífero é muito superficial ou há afloramento de rochas, dificultando a construção (MEDEIROS, 1980 apud COMASTRI FILHO, 1981).

3 DESENVOLVIMENTO

A instalação de um biodigestor na sede da APA Guapimirim e da Estação Ecológica da Guanabara tem os seguintes objetivos:

- melhorar o saneamento do esgoto da sede, ou seja, aumentar a depuração dos efluentes sanitários para diminuir a contaminação do aquífero, do solo e do rio Guapimirim;
- utilizar o biogás para cocção, utilizando menos recursos públicos com a compra de gás de cozinha;
- utilizar o biofertilizante para adubar as áreas internas da sede, exceto nas hortas, para evitar algum tipo de contaminação por patógenos – viveiros paisagismo, bosque;
- servir como demonstração para as comunidades locais e também para as demais unidades de conservação como um projeto viável, de baixo custo de instalação, com produção de gás e fertilizante, e benéfico para o meio ambiente.

Vale citar a experiência de CUSTÓDIO et al (2009), que construíram um protótipo móvel para exposição em escolas da rede pública e em associações de produtores rurais. Distribuiu-se material e demonstrou-se o funcionamento do sistema por meio de explanação, vídeos, cartazes e minicurso. A produção do biofertilizante foi distribuída ao público como forma de divulgação do material, alcançando grande aceitação e curiosidade por parte dos visitantes.

O projeto ora apresentado é de um biodigestor familiar de baixo custo, de fácil construção, pois a maioria dos materiais para sua construção pode ser obtida localmente, e de fácil instalação e manutenção (HERRERO, 2008), o que é fundamental para servir de inspiração às comunidades locais.

Há de se atentar para alguns processos de segurança na montagem do biodigestor e na produção (ARRUDA et al, 2002):

- Uso do manômetro: utilizado para medir a pressão interna, calcular a quantidade aproximada de gás armazenado e zelar pela segurança contra alta pressão (neste projeto será substituído por uma válvula de segurança)
- Não colocar fertilizantes fosfatados, que sob condições de ausência de ar pode produzir fosfina, que é tóxico e cujo contato é letal;

- Na utilização de biogás para queima, acende-se primeiro o fósforo para depois abrir a válvula;

Seguindo indicações de um biodigestor de baixo custo implementado no Peru (GRECDH, sem data), o lugar escolhido não deve estar sujeito a inundações e não deve acumular água em dias de chuva, pois as paredes perderiam estabilidade e provavelmente ocorreria diminuição da temperatura do biodigestor. De acordo com HERRERO (2008), em localidades quentes, o que se aplica à localidade em questão, não há necessidade de se preocupar com a direção da instalação do biodigestor pois a incidência solar e a temperatura já são altas o suficiente. Deve-se ter, sim, uma cobertura para o biodigestor visando evitar desgaste devido a intempéries.

HERRERO (2008) recomenda as seguintes ações ao se abastecer o biodigestor de baixo custo com fezes humanas: deve-se chegar ao biodigestor somente a água dos vasos sanitários, e não das pias e dos chuveiros pois contêm sabões e detergentes, que podem matar as bactérias metanogênicas do biodigestor.

O mesmo autor ainda recomenda que, caso se deseje tratar convenientemente as águas negras, deve-se dobrar o tempo de retenção do biodigestor. Desta forma, o biodigestor deverá ter um tamanho maior devido ao maior tempo de retenção. Como no projeto em questão, o tratamento dos esgotos é o objetivo principal, optar-se-á por um biodigestor maior. E neste caso, HERRERO (2008) coloca que o fertilizante desse biodigestor pode ser despejado nos rios pois foi convenientemente tratado.

3.1 Dimensionamentos

Segundo ARRUDA et al (2002), a produção de metano, a partir da

biomassa, começa a se processar depois de vinte dias, e vai aumentando até chegar ao máximo na terceira semana, quando começa a decrescer lentamente durante o período de fermentação de cerca de 90 dias. Para não ocupar o biodigestor nas fases de produção mínima, na prática costuma-se dimensioná-lo para um período de produção de cinco a seis semanas.

Para o desenho e dimensionamento do biodigestor em questão, optou-se por utilizar o modelo e o cálculo de dimensionamento segundo HERRERO (2008) (Figura 4), que instalou biodigestores de baixo custo em várias localidades da Bolívia, mostrando as diferenças entre os ecossistemas em que trabalhou.

Como o objetivo maior do biodigestor a ser instalado na APA Guapimirim é realizar o tratamento das águas negras, o dimensionamento será realizado utilizando-se estimativas da quantidade de material a ser colocado no biodigestor, e não sobre a demanda de biogás ou de biofertilizante. O tempo de retenção, que é de cerca de 20 dias para fezes humanas, será, conforme recomendado, dobrado para que haja realmente ótima depuração dos dejetos.

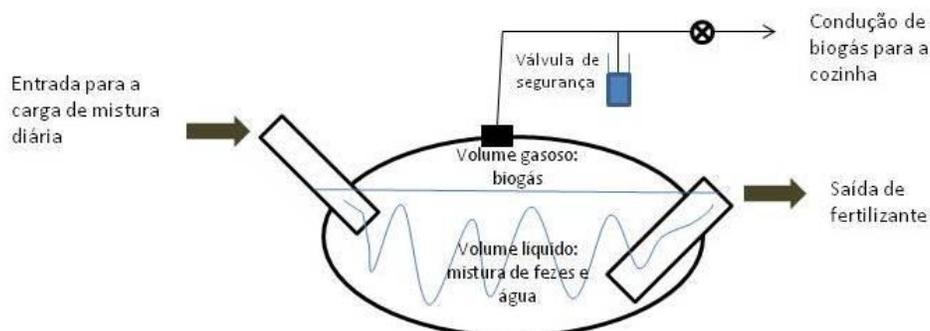


Figura 4 - Esquema básico do biodigestor a ser implantado, desde o abastecimento até a condução de biogás para a cozinha (Adaptado de HERRERO, 2008)

Como o objetivo maior do biodigestor a ser instalado na APA

Guapimirim é realizar o tratamento das águas negras, o dimensionamento será realizado utilizando-se estimativas da quantidade de material a ser colocado no biodigestor, e não sobre a demanda de biogás ou de biofertilizante. O tempo de retenção, que é de cerca de 20 dias para fezes humanas, será, conforme recomendado, dobrado para que haja realmente ótima depuração dos dejetos.

Sendo o biodigestor tubular de fluxo contínuo, não é necessário esvaziá-lo ao longo de sua vida útil pois se produz um equilíbrio hidráulico a cada dia ao se realizar a mistura de carga na entrada, desprendendo lodo do interior e transbordando no outro extremo, na saída, na mesma quantidade porém com o material já digerido.

Portanto, o excesso do lodo interior é definido pela altura da boca do tubo de saída. Esse nível corresponderá à profundidade da calha, assim, se a boca de saída estiver abaixo da profundidade da calha, reduz-se a altura do lodo no interior, mas também o volume líquido e o tempo de retenção. Se, ao contrário, a boca de saída se encontra acima da profundidade da calha, aumenta-se o volume líquido, impedindo a formação da cúpula superior que acumula gás.

3.1.1 Dimensionamento do biodigestor

De acordo com HERRERO (2008), uma pessoa adulta de 70 kg produz cerca de 280 g de fezes diariamente. Como o biodigestor será instalado em local de trabalho e não de residência, consideraremos que 30% dos vinte usuários diários utilizem os sanitários para evacuação. Cada descarga consome cerca de 5L de água. Consideraremos ainda que cada usuário utilize os sanitários três vezes ao dia para urinar, urinando 300 ml por vez.

Aos sábados e domingos usualmente não há expediente de trabalho, consideraremos então a carga real como 5/7 da carga calculada. Vale citar que durante os finais-de-semana há um vigilante, que usará os sanitários, evitando

que a mistura dentro do biodigestor fique totalmente parada.

Desta forma, o cálculo da carga diária se dá da seguinte maneira:

$30\% \times 20 \text{ pessoas} \times (280\text{g fezes} + 5\text{L água}) = 31.680 \text{ mL} = 31,7 \text{ L}$ de
mistura fezes com água

+

$20 \text{ pessoas} \times 3 \times (300 \text{ mL urina} + 5\text{L água}) = 318.000 \text{ mL} = 318 \text{ L}$ de
mistura urina com água

=

349,7 L seria a carga diária,

$349,7 \times (5/7) = 249,8 \text{ L}$ é a média da carga diária

Conhecendo a carga diária e o tempo de retenção (o qual adotaremos 40 dias), o volume líquido do biodigestor será:

$$VL = 249,8 \times 40$$

Desta forma resulta que o volume líquido será de 9.992,0 litros, ou 10 m³.

Considerando o volume do gás como 25% do volume total, que significa um terço do volume líquido, temos:

$$VG = VL/3$$

Resultando num volume gasoso de 3330,7 L.

Finalmente o volume total será, portanto, a soma de VL e VG:

$$VT = VG + VL = 13.322,6 = 13,3 \text{ m}^3$$

Para confecção do biodigestor será usado, para este projeto, polietileno tubular.

Para a construção do biodigestor se prende o plástico em ambas as

extremidades – para a entrada e a saída. O volume total dessa seção é equivalente ao volume de um cilindro (em metros cúbicos), calculado multiplicando $\pi \times r^2 \times L$ onde $\pi = 3,1416$, r o raio do tubo (em metros) e L , o comprimento do biodigestor (em metros).

Obtém-se então $\pi \times r^2$ para calcular o comprimento necessário para atingir o volume total. Sabendo o volume do digestor e as seções transversais dos plásticos disponíveis (de acordo com a largura do rolo), determina-se o comprimento necessário. Se o volume do digestor é $\pi \times r^2 \times L$, e sabem-se todos os parâmetros exceto o comprimento, da fórmula acima obtém-se:

$$L = Vt / (\pi \times r^2) = 13,3 / (\pi \times r^2)$$

Sabendo o volume total do biodigestor deve-se determinar as dimensões do mesmo. As primeiras dimensões a se determinar são o comprimento e o raio do biodigestor tubular.

Desta forma, monta-se uma tabela com todas as possibilidades de largura de rolo, e cujos resultados são colocados para o comprimento de cada largura de rolo e da relação comprimento/diâmetro (Tabela 1).

Tabela 1 – Cálculo para obtenção do comprimento e relação comprimento/diâmetro para diferentes larguras de rolo de plástico

Largura do rolo (em metros)	Comprimento do biodigestor (L em metros)	Diâmetro do biodigestor (D em metros)	L/D
1,0	$13,3/0,32 = 41,56$	0,64	64,94
1,25	$13,3/0,50 = 26,60$	0,80	33,25
1,50	$13,3/0,72 = 18,47$	0,96	19,24
1,75	$13,3/0,97 = 13,71$	1,12	12,24
2,0	$13,3/1,27 = 10,47$	1,28	8,18

De acordo com as larguras dos rolos, existem diferentes possibilidades

para comprimento do biodigestor de forma a atingir o volume total desejado. Maiores larguras de rolos requerem menor comprimento para alcançar o volume desejado. Mas recomenda-se que os digestores não sejam demasiadamente curtos ou longos, devendo a relação L/d estar num intervalo de 5 a 10, sendo que um ótima relação entre o diâmetro e o comprimento é de 7.

No projeto em questão, escolhe-se então um rolo com 2 metros de largura e 10,47 metros de comprimento.

Assim, as dimensões do biodigestor devem ser:

3.1.2 Dimensionamento da calha do biodigestor

Para o desenho final do digestor é necessário conhecer as dimensões da calha que vai acomodar o plástico tubular.

As paredes laterais da calha devem ser em forma de "V" com o fundo reto, impedindo desse modo o colapso das paredes.

O comprimento da trincheira é determinado pelo comprimento do digestor e a profundidade e largura dependerão da largura do rolo utilizado na construção do biodigestor.

Indica-se em HERRERO (2008) que as dimensões da calha para uma largura de rolo de 2 metros são as seguintes:

Largura do fundo (**a**) = 0,7 m

Largura da superfície (**b**) = 0,9 m

Profundidade (**p**) = 1 m (Figura 5)

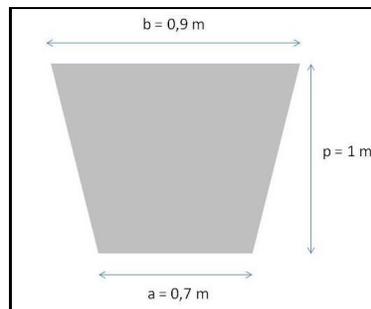


Figura 5 – Dimensões da calha onde será instalado o biodigestor

É indicado que a calha não apresente desnível, mas é possível que haja até 5% de desnível. Se o terreno for duro demais por haver pedras, uma alternativa é fazer paredes, que podem ser de adobe, ao invés de seguir cavando.

Para a entrada e a saída, se deverá cavar um canal inclinado, com um ângulo de 45° nas paredes correspondentes (Figura 6).

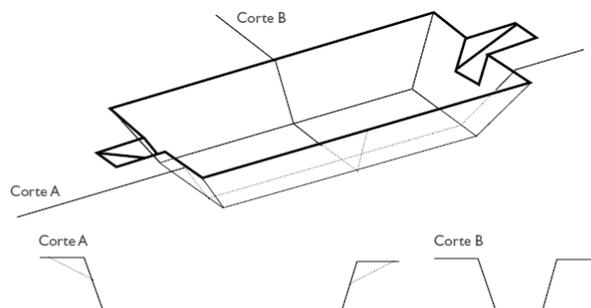


Figura 6 - Forma da calha, com as paredes inclinadas e buracos para a entrada e a saída (Fonte: HERRERO, 2008)

Construída a calha, devem ser retiradas as pedras e raízes que estejam visíveis para evitar que possam danificar o biodigestor.

Foram-se então as laterais e o fundo da calha com telas ou sacos para diminuir o atrito do plástico do biodigestor com os pontos de contato.

De acordo com GRECDH (sem data), um biodigestor bem cuidado pode

durar entre 5 a 6 anos. Depois desse tempo é necessário trocar o plástico por um novo, enquanto os outros materiais têm uma duração maior. O grupo autor do trabalho relata que há casos de biodigestores bem cuidados que duraram onze anos sem trocar o plástico; em outros casos, por não se cuidar do ingresso acidental de animais, um biodigestor pode se romper após poucos dias de sua instalação.

3.1.3 Dimensionamento da tubulação para efluentes sanitários e da tubulação para biogás

Recomenda-se a utilização de tubos de PVC de ½ polegada para carregar os efluentes sanitários e o biogás. Fazendo-se medições em campo, serão necessários 100 metros de tubos para os efluentes e 50 m de tubos para o biogás, além de 8 joelhos e 3 “T”.

3.2 Estimativa da produção de biogás e economia

Não se encontrou a estimativa de produção diária de biogás para cada quilo de fezes humanas. HERRERO (2008) recomenda que se utilize os dados de produção diária de porcos, que é o mais próximo do valor de humanos:

$$\begin{aligned} \text{produção de biogás por dia (litros)} &= (5/7) \times \text{carga de fezes (kg)} \times \text{litros} \\ \text{de biogás produzido por kg de fezes} &= \\ &= (5/7) \times 1,68 \times 50 = 60,0 \text{ L} \end{aligned}$$

Assim se estima que serão produzidos 60 litros de biogás por dia.

Considerando que uma cozinha doméstica utiliza cerca de 130 a 170 L de biogás por hora (HERRERO, 2008), a contribuição do biodigestor seria de 25

minutos de cocção por dia, o que é cerca de 20% do tempo de utilização da cozinha da sede da APA Guapimirim para almoço dos funcionários.

Considerando que na sede da APA Guapimirim cada botijão de gás de cozinha dura cerca de 20 dias corridos, com a utilização do biogás primeiro e acessando o GLP quando não houvesse mais biogás, cada botijão passaria a durar 24 dias. Ao final de um ano, ao invés do consumo de aproximadamente 17,5 botijões, se utilizariam 14,6 unidades.

3.3 Local de instalação do biodigestor

Calculadas as dimensões do biodigestor e analisando o terreno para instalação, usando como base as plantas (Figuras 7, 8 e 9) existentes da sede da APA Guapimirim/ ESEC Guanabara, indica-se o local de instalação do biodigestor, das tubulações para efluentes sanitários e a tubulação para biogás nas Figuras 8 e 9.

Considerou-se para a escolha do local, a pouca distância para a cozinha, a distância a partir dos sanitários, a altura do terreno e a harmonia estética com o conjunto das instalações.

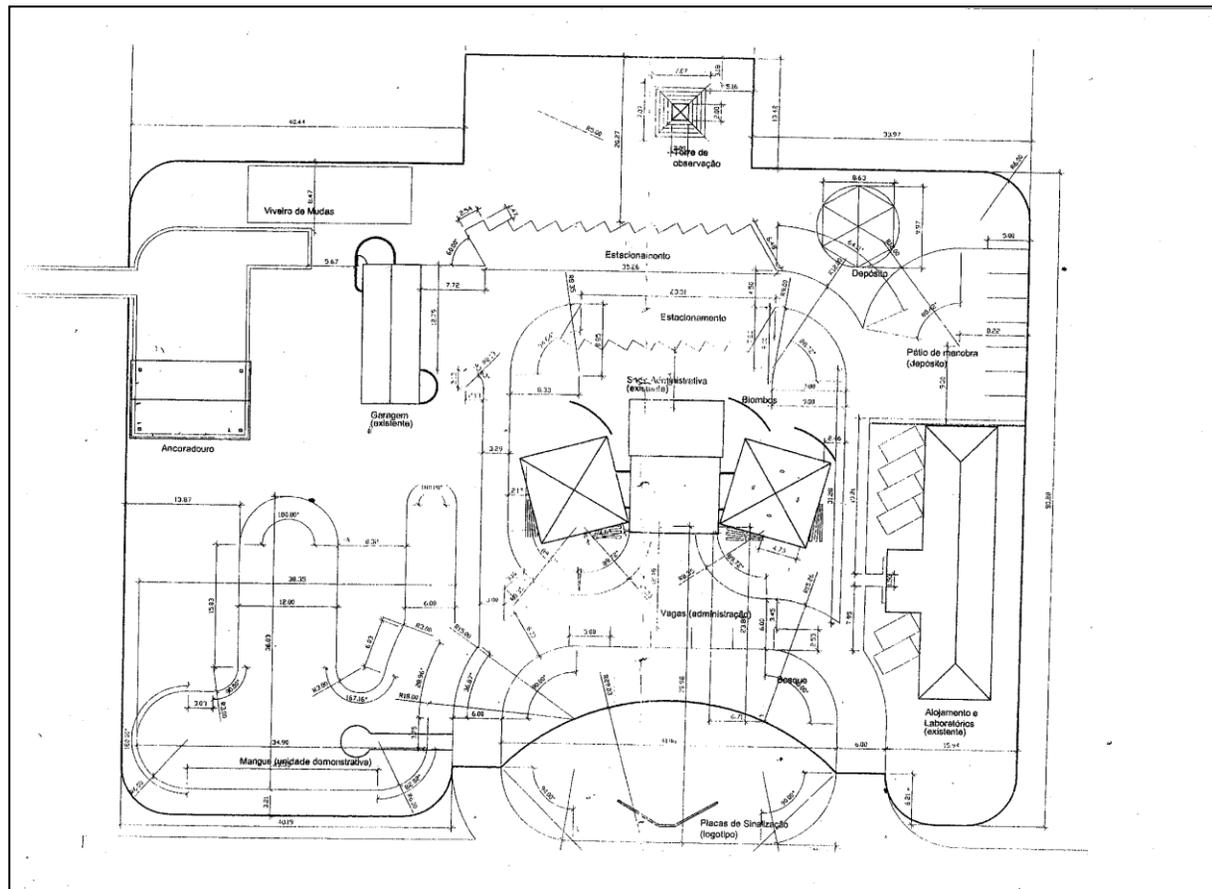


Figura 7 – Planta da sede, com dimensões e espaçamentos

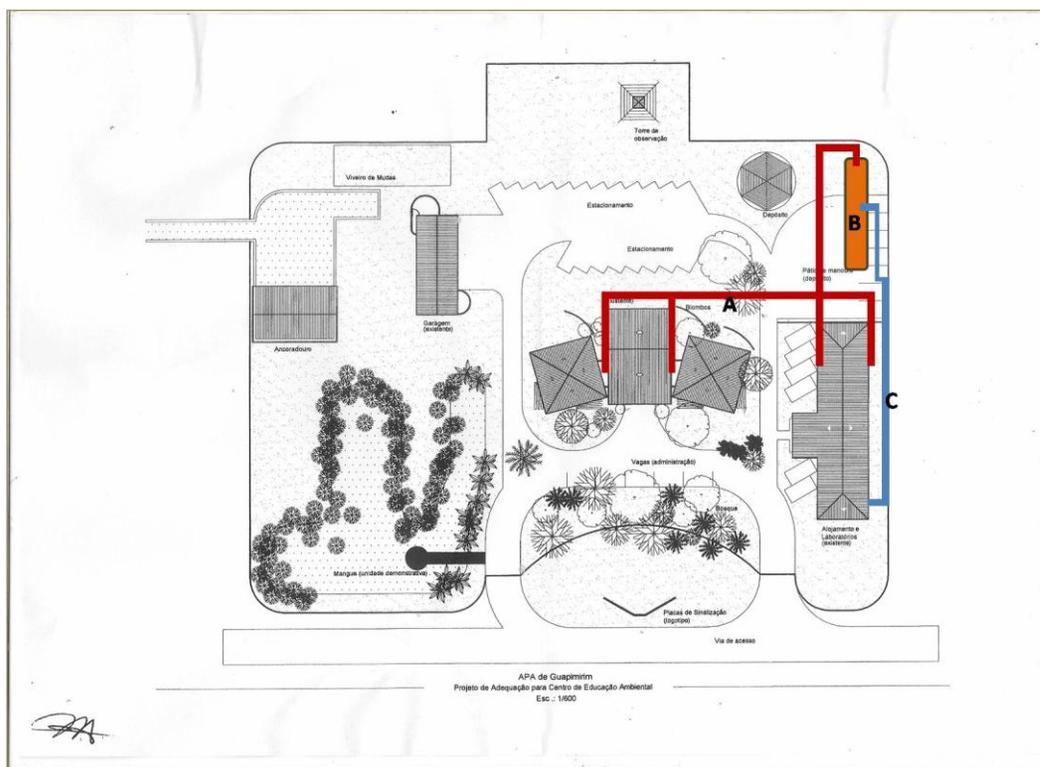


Figura 8 - Planta da sede mostrando local indicado para instalação do biodigestor (B, em laranja), as tubulações (enterradas) para efluentes sanitários (A, em vermelho) dos sanitários até o biodigestor e a tubulação para o biogás (C, em azul) do biodigestor até a cozinha



Figura 9 - Planta da sede mostrando local indicado para instalação do biodigestor e da tubulação para o biogás, do biodigestor até a cozinha. As tubulações para os efluentes sanitários deverão ser enterradas, portanto não são mostradas na figura

3.4 Cálculo do custo da instalação

Foram feitos orçamentos para os materiais em comércio na região metropolitana do Rio de Janeiro, em janeiro de 2013. Exceção feita ao plástico tubular, cujo orçamento foi feito pela internet em empresa especializada (Tabela 2).

Não será necessário contratação de mão-de-obra pois há funcionários terceirizados contratados para realizar a manutenção da sede que desempenharão essa tarefa. Na equipe técnica há também um engenheiro sanitaria que pode supervisionar a instalação, não sendo necessária a contratação de um responsável técnico para isso.

Tabela 2 – Planilha de custos dos materiais necessários à construção e à instalação do biodigestor

	Material	Unidades	Preço por unidade	Preço total
Biodigestor	tubos de PVC de 6 polegadas	2 m	8,50	17,00
	tiras de câmara de pneu	60 m	-	0,00
	polietileno tubular 2m de largura, 22 m de comprimento, de 300 microns de espessura, cor preta	1	200,00	200,00
	plástico para forrar calha 4m x 11m	1	100,00	100,00
	estaca de madeira para estrutura da cobertura	10	4	40,00
	madeira de eucalito para cobertura	15	5,00	45,00
	lona 3m x 11 m para cobertura	1	90,00	90,00
Condução de efluentes	tubos de PVC de 1/2 polegada	100 m	8,50	850,00
	joelhos de PVC de 1/2 polegada	4	9,00	36,00
	"T" de PVC de 1/2 polegada	4	8,00	32,00
	flanges de PVC de 1/2 polegada	2	12,00	24,00
	fita veda-rosca	1	7,00	7,00

Condução de biogás	tubos de PVC de 1/2 polegada	50 m	8,50	425,00
	válvulas esfera de plástico de 1/2 polegada	4	15,00	60,00
	joelhos de PVC de 1/2 polegada	4	9,00	36,00
	luvas de PVC de 1/2 polegada	2	5,00	10,00
	"T" de PVC de 1/2 polegada	4	8,00	32,00
	fita veda-rosca	1	7,00	7,00
	polietileno tubular 2m de largura, 40 m de comprimento, de 300 microns de espessura, cor preta	1	pode-se aproveitar do biodigestor	0,00
TOTAL				2.071,00

3.5 Construção e instalação do biodigestor, das tubulações de entrada e de saída, do reservatório de biogás e da cozinha

Como não há cálculos ou especificidades desse projeto em relação à forma de construção e instalação das estruturas, as indicações e recomendações quanto a esses passos foram traduzidos livremente a partir de HERRERO (2008), que serviu de referência durante todo esse projeto, e se encontram no Anexo.

Considerei importante fazer essa tradução e deixar disponível para ser de mais fácil leitura por aqueles que forem trabalhar na instalação do biodigestor. Onde houve necessidade de tratar do projeto em questão, assinalo o texto em *itálico*.

4 CONCLUSÕES

São indubitáveis os benefícios que a instalação de biodigestores poderia render, sobretudo em países em desenvolvimento. Geração de energia (biogás),

tratamento de efluentes e resíduos domésticos e agrícolas, produção de biofertilizante são os principais serviços que se podem obter, justamente alguns dos aspectos mais necessários no mundo atual: obtenção de energia, promoção de saneamento ambiental e enriquecimento do solo.

Difícil é compreender a falta de incentivos públicos para a instalação de biodigestores pelo país, especialmente na zona rural, onde a distribuição de energia elétrica é mais cara devido ao espalhamento, e os serviços de saneamento, mais difíceis de serem oferecidos.

No Brasil, esta tecnologia dos biodigestores encontra amplo potencial por ser um país eminentemente quente, onde há abundância de água no meio natural, e onde as populações humanas estão em geral assentadas em áreas planas.

O projeto de biodigestor que foi aqui apresentado foi baseado em um modelo de baixo custo, tanto para baratear a sua instalação como para divulgar e incentivar as comunidades locais a também implantarem essa tecnologia. Pretende-se assim que haja uma diminuição da poluição difusa gerada pelos efluentes sanitários e pela criação de animais, que afetam diretamente os rios que drenam para a Baía da Guanabara.

Através dos cálculos demonstrados nesse trabalho, prevê-se que com a instalação do biodigestor possam ser obtidos os seguintes resultados:

- tratamento dos efluentes sanitários de aproximadamente vinte pessoas, que hoje são destinados a um sistema de fossa filtro
- economia de aproximadamente três botijões de gás de cozinha por ano
- consumo do metano, gás altamente provocador de efeito estufa, gerado a partir da depuração dos efluentes
- produção de 250 litros de biofertilizante por dia, que pode ser usado nos viveiros de mudas nativas, nos plantios de mudas e nos jardins
- divulgação da tecnologia dos biodigestores aos cerca de 500 visitantes que

passam pela sede da APA Guapimirim / ESEC Guanabara ao ano

- servir de modelo para outras unidades de conservação pelo país afora, que se também instalassem biodigestores nas suas sedes, serviriam de modelos para as comunidades locais.

As dimensões calculadas para o biodigestor são de 2 metros de largura e 10,47 metros de comprimento, recebendo uma média de 249,8 L de carga diária. O tempo de retenção foi estimado em 40 dias, gerando um volume de mistura de aproximadamente 10m³ e de volume gasoso de aproximadamente 3,3 m³, totalizando 13,3 m³.

As dimensões indicadas para a calha onde deve ser colocado o biodigestor são: largura da base: 0,7 m, largura da superfície: 0,9 m, profundidade: 1 m.

Os tubos para carrear os efluentes sanitários e o biogás serão de PVC de ½ polegada, sendo necessários 100 metros de tubos para os efluentes e 50 m de tubos para o biogás.

Ressaltam-se alguns cuidados para utilização do biodigestor:

- não colocar fertilizantes fosfatados no biodigestor
- não utilizar sabões, detergentes ou desinfetantes nos vasos sanitários
- checar diariamente a válvula de segurança
- checar periodicamente as purgas de água na tubulação de condução do biogás
- na utilização de biogás para queima, acende-se primeiro o fósforo para depois abrir a válvula.

O custo total estimado do projeto foi de R\$ 2.071,00 realizando-se orçamentos na região metropolitana do Rio de Janeiro, em janeiro de 2013. Não foram incluídas despesas com serviço de mão-de-obra pois nesse caso serão aproveitados funcionários já contratados.

Vistos os enormes benefícios que a instalação de um biodigestor pode

gerar na sede da APA Guapimirim e da ESEC Guanabara, inclusive tendo um altíssimo potencial de replicação, espera-se que o projeto seja concretizado, e que seja o primeiro de muitos na região!

REFERÊNCIAS

AL SEADI, T.; RUTZ, D.; PRASSL, H.; KÖTTNER, M., TOBIAS FINSTERWALDER, T.; VOLK, S.; JANSSEN, R. **Biogas**: handbook. Esbjerg (Dinamarca), University of Southern Denmark, 2008.

AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A. do ; LUCAS JR, J. de ; NASCIMENTO, A. A. do ; FERREIRA, D. de S. ; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Rev. do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1897-1902, 2004.

ARRUDA, M. H.; AMARAL, L. P.; PIRES, O. P. J.; BARUFI, C. R.V. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Rev. Científica Eletrônica de Agronomia**: 1 (2). 2002.

BARREIRA, P. **Biodigestores**: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo, Ícone, 2003. 106 p.

BRASIL. **Decreto nº 90.225, de 25 de setembro de 1984**. Dispõe sobre a implantação da Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim, no Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências.

CARON, C. F.; MESSIAS, J. N.; COUTINHO FILHO, J. S.; RUSSI, J. C. V.; WEBER, M. I. Geração de energia no campus a partir da biodigestão anaeróbica. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, n. 42, p. 63-73, Curitiba, 2009

CASTRO, L. R. & CORTEZ, L. A. B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 97-102, 1998.

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas. **Fontes Renováveis**. Disponível em [HTTP://WWW.cerpch.unifei.edu.br/biodigestor.php](http://WWW.cerpch.unifei.edu.br/biodigestor.php). Acesso em 22 de janeiro de 2013.

COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás**: independência energética do Pantanal Mato-Grossense. Corumbá, EMBRAPA, 1981

COELHO, V. M. B. **Baía de Guanabara**: uma história de agressão ambiental. Rio de Janeiro, Casa da Palavra, 2007.

CUSTÓDIO, L. R.; DUTRA JR, W. M.; TRINDADE JR, E. P.; SERAFIM, J. E.; VALADARES, C. G. **Biodigestores: energia, saneamento e fertilidade para zona rural**. Anais da IX Jornada de Pesquisa, Ensino e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco (2009). Disponível em <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r1117-1.pdf>. Acesso em 15 de dezembro de 2012.

DEGANUTTI, R., PALHACI, M. do C. J. P.; ROSSI, M. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings online**. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=en&nrm=abn>. Acesso em 13 de dezembro de 2012.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Biogas processes for sustainable development**. Roma (Itália), 1992.

FUKAYAMA, E. H. **Características Quantitativas e Qualitativas da Cama de Frango sob Diferentes Reutilizações**: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GASPAR, M. R. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GRECDH – Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà. **Manual de diseño y manejo de biodigestores familiares de bajo coste**: Instrucciones para la implementación y el manejo de una planta piloto en Baños del Inca, Cajamarca, Perú. Universitat Politècnica de Catalunya. Sem data.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim**. Brasília, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2004**. Disponível em http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm. Acesso em 10 de dezembro de 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro, 2011.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Estação Ecológica da Guanabara**. Brasília, 2012.

HERRERO, J. M. **Biodigestores familiares**: guía de diseño e manual de instalación. GTZ-Energia. Bolívia, 2008.

LIMA, E. C. da R. **Qualidade de Água da Baía da Guanabara e Saneamento**: uma abordagem sistêmica. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Estratégico). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PAULA, A. N. de. **Biogás**: o combustível do Futuro. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SILVA, W. T. L. da *et al.* Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 1, 2012 . Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 19 de janeiro de 2013.

TARRENTO, G. E.; MARTINEZ, J. C. Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. **XIII SIMPEP**. Bauru, 2006.

ANEXO

Apresentam-se aqui os passos e recomendações para construção e instalação do biodigestor, das tubulações de entrada e de saída, do reservatório de biogás e da cozinha. Trata-se basicamente de uma tradução da publicação “Biodigestores familiares: guía de diseño e manual de instalación” (HERRERO, 2008). Onde houve necessidade de tratar do projeto em questão, assinalo o texto em *itálico*.

I. A construção do biodigestor

Os materiais necessários para a construção do digestor são:

- rolo tubular de polietileno
- 50-60 metros de câmara de pneu
- 2 tubos de PVC de 6 polegadas e de 1 metro de comprimento
- flanges

As ferramentas necessárias para esta parte são:

- serra
- chave inglesa
- fita veda-rosca
- tesoura

Materiais e ferramentas prontas inicia-se a construção do digestor. É importante fazer esta parte em uma superfície livre de pedras ou objetos que possam danificar o plástico.

Isso pode ser feito em uma área com grama densa, antes de verificar rochas pendentes ou no chão de uma sala grande, depois de ter varrido, ou colocando uma lona para forrar o chão, que pode ser levado a qualquer lugar.

O primeiro passo é cortar duas peças de plástico do tamanho desejado. Deve-se lembrar neste ponto que se deve fazer o corte com um metro de plástico a mais pois esse metro servirá para amarrar 50 cm à tubulação de entrada e 50 cm para a tubulação de saída.

Uma das mangueiras de plástico deve ser colocada completamente no chão, e a outra é segurada cuidadosamente uma das suas extremidades. Uma pessoa segura a extremidade dessa segunda mangueira de plástico, e sem soltá-la, atravessa o interior da primeira mangueira, de modo que por este meio se forme uma mangueira de plástico única com dupla camada. Deve-se evitar rugas interiores e tentar igualar as duas camadas.



Para se fazer a dupla capa de plástico é necessário que alguém atravesse toda a mangueira de plástico arrastando a outra capa no seu interior.

I. I Saída de biogás

Assim que se tenha a mangueira de plástico com dupla camada deve-se fazer a saída de biogás utilizando uma anilha (ou flange), que consiste de um macho e uma rosca de $\frac{1}{2}$ polegada e dois discos rígidos de plástico (lixando suas arestas), que são feitas de um orifício central do tamanho do macho. É conveniente que o tamanho desses discos rígidos não seja inferior a 10 cm de diâmetro.

Dois outros discos, agora macios (com câmara de pneus) de diâmetro maior que o dos discos rígidos, nos quais também se faz um orifício central do mesmo tamanho. Desta maneira vai-se fazer um sanduíche sobre o furo no plástico de dupla camada como se segue: macho - disco rígido - disco flexível - dupla camada de plástico - disco flexível - disco rígido - rosca.



Para a colocação dos flanges deve-se fazer um corte na parte central da mangueira com dupla camada. Com a colocação dos discos e apertando-se, a flange será uma saída selada do biodigestor que permitirá levar o biogás até a cozinha.

Tendo os flanges, deve-se fazer um corte pequeno na mangueira de dupla camada, que deve ser feito mais ou menos na metade do digestor, mas mais perto da entrada. *Neste, caso como o biodigestor terá 20 metros, a mangueira de dupla camada terá 21 metros. A partir da entrada, os primeiros 50 centímetros serão para amarração e deste ponto será de menos de 10 metros para a metade da mangueira. Portanto, o ponto do corte pode ser de 9 m a partir da entrada. Isso porque como o biogás é gerado capa mais perto da entrada, se houver qualquer declive na trincheira o biogás pode sair.*

Faz-se o corte nos dois plásticos bem sobrepostos, fazendo uma pequena “tenda” com a ponta do dedo. Um corte pequeno é melhor pois se não der para colocar o flange, cuidadosamente se abre o corte gradualmente, até que o flange possa passar por ele.

Uma vez feito isso, se coloca o disco flexível e se aperta a rosca firmemente. Assim, a dupla camada ficará presa entre dois discos de borracha macia, espremidos pelo segmento entre o macho e a fêmea.

Para acabar a saída de biogás, corta-se um pedaço de tubo de PVC de meia polegada de aproximadamente um metro e meio, se rosqueiam ambas as extremidades e passa-se fita veda-rosca. Na outra extremidade do tubo de meia polegada é colocada uma válvula de esfera e se fecha

I.II Tubos de entrada e saída

Feita a saída de biogás, deve-se fechar as extremidades da mangueira de

plástico amarrando os tubos de entrada e de saída, que são iguais.

O primeiro passo a se dar é proteger a boca do tubo que vai ficar no interior do digestor para que durante a amarração e a manipulação do tubo a borda deste não danifique o plástico. Para isso, basta amarrar tiras de câmara de pneu sobre a boca do tubo, cobrindo alguns milímetros a partir da sua borda.



Os tubos de entrada e saída são de PVC de 6 polegadas de diâmetro. Deve-se proteger as bocas dos tubos de entrada e de saída, nas extremidades que vão ficar dentro do biodigestor, para que os tubos não danifiquem o plástico

Tendo protegido uma das extremidades de cada tubo de 6 polegadas com 1 m de comprimento, colocam-se esses tubos nas extremidades do biodigestor, inserindo cerca de 80 cm, e, portanto, deixando para fora 20 cm. Acomoda-se então o plástico para poder amarrá-lo aos tubos. Para isso, pega-se uma lateral do plástico e vão-se fazendo pregas até que o plástico fique todo em volta do tubo. Faz-se o mesmo procedimento do outro lado. É conveniente que não se formem enrurugamentos e que as pregas sejam longas, abrindo-se ao longo da mangueira de plástico.

Feito isso em ambos os tubos, mede-se 50 cm a partir da borda do plástico e a partir da daí começa-se a amarração com a liga de câmara de pneu. Significa que dentro do digestor ficarão 30 cm de tubo sem amarrar. Assim, ficarão 20 cm do tubo fora do digestor, 50 cm amarrados e 30 centímetros no interior sem amarrar.

Para amarrar a liga, cada volta tem que passar em parte em cima da volta anterior. Assim, se ascende o tubo gradualmente. Essas voltas devem ser fortes pois se a liga arrebentar não é necessário começar de novo, podendo-se recomeçar sobre a parte já amarrada. É muito importante manter a liga tensa e sobreposta na volta anterior. Depois de amarrados os 50 centímetros de plástico, continua-se amarrando por mais 10 cm. Faz-se esse procedimento tanto para a entrada como para a saída do digestor.



Para amarrar os tubos de entrada e de saída do biodigestor, devem-se centralizá-los, formar pregas no plástico em volta do tubo e amarrar com liga de câmara de pneu



Biodigestor construído e pronto para ser instalado

Tendo construído do digestor, o que é, basicamente, colocar uma camada de plástico dentro da outra, fazer a saída do biogás, proteger a entrada e

a saída dos tubos e amarrar as extremidades da mangueira de dupla camada aos tubos, o digestor está pronto para ser instalado.

O processo todo leva cerca de duas horas, de acordo com a experiência da equipe responsável pela instalação.

II Instalação do biodigestor

A instalação do digestor é feita pelo menos com duas pessoas, mas se há mais, melhor. O mais importante é proteger o digestor de atrito com o solo ou com qualquer outro objeto durante o transporte. Se for feito qualquer buraco no plástico ele já não servirá mais.

II.I Colocação na calha

O biodigestor construído deve ser colocado na calha preparada, com as suas paredes e sua base forradas.

Para colocar o biodigestor na calha, recomenda-se que várias pessoas segurem o biodigestor formando uma fila. Cada pessoa tem que se preocupar em não esfregar qualquer coisa contra o plástico, por isso é melhor dobrar as bordas laterais para o centro do biodigestor, e colocá-lo na calha desta forma.

Uma vez colocado na vala deve verificar que o fundo não tem rugas, puxando ambas as extremidades do digestor, e se necessário deve-se colocar alguém dentro da calha. Se existirem rugas, em seguida elas não poderão ser removidas pois o peso do lodo dentro do biodigestor será muito grande.



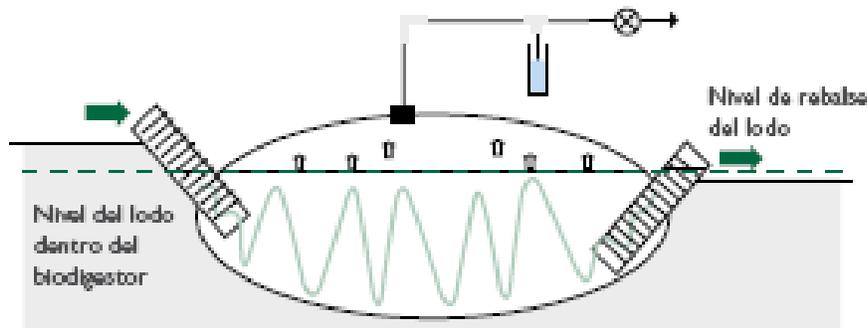
Para se colocar o biodigestor na calha deve-se ter muito cuidado para que não haja atrito do plástico com as paredes da calha ou com pedras para que não se danifique o plástico. Esta é uma parte crítica em que se deve tomar extremo cuidado

II.II Níveis de saída e lodo

Assentado o biodigestor deve-se calcular os níveis dos tubos de entrada

e de saída.

A profundidade de calha corresponde ao nível máximo de lodo dentro do biodigestor. Para que isto seja o nível da saída, é necessário que a boca externa do tubo esteja a esse nível. Usa-se uma mangueira transparente para se calcular o nível.



É muito importante colocar os tubos de entrada e de saída para que o nível do lodo seja ideal. O nível do lodo da boca de saída deve ser equivalente à profundidade da calha. O tubo de entrada se coloca de tal maneira que a metade da parte amarrada coincida com o nível de saída.

Uma vez que a parte inferior da boca externa do tubo de saída esteja no nível para que o digestor se encha até uma altura igual à profundidade da vala, se ajustará o tubo de entrada. Neste caso o tubo de entrada estará mais alto, e o nível de lodo (que corresponde ao nível de saída) deve estar no meio dos 50 centímetros da amarração do tubo de entrada.

Determinados os níveis, deve-se amarrar os tubos para que fiquem fixos. Quando se carregar o digestor, ele vai puxar os tubos para o interior da vala, e por isso é necessário segurar. Para isso se faz um pequeno furo nos tubos com a ponta de uma faca ou uma tesoura, e se coloca uma estaca a meio metro. Passando o fio através do orifício do tubo se firma a estaca.

Feito isso, é aconselhável cobrir os 50 cm dos tubos de entrada e de saída com um saco velho para o sol não queimar as tiras de câmara de pneu.



Para medir os níveis de saída deve-se usar uma mangueira transparente cheia d'água, que dará o nível.

Determinadas as posições dos tubos de entrada e de saída, faz-se um pequeno orifício e se passa um fio para amarrar e se coloca uma estaca para fixar os tubos.

II.III A primeira carga

Instalado o biodigestor, deve-se realizar a primeira carga de adubo e água. Para esta carga é mais importante colocar uma boa quantidade de estrume fresco (mistura de 1:3 de estrume e água) e encher até que as bocas interiores da entrada e da saída estejam cobertos por lodo. Quando se tapar o interior dos tubos, o ar deixará de ter acesso ao interior do digestor, o que é essencial para a produção de metano.

A primeira carga é importante porque disso depende que a produção de biogás se inicie antes ou depois. Recomenda-se que se acumule esterco fresco por sete dias antes da instalação para que no dia da primeira carga se tenha material suficiente.

No caso deste projeto, poder-se-ia encher o biodigestor e depois conectar as tubulações vindas dos sanitários.



Biodigestor já instalado, começando a ser carregado de água e esterco, o que deve ser feito até que se tapem as bocas interiores dos tubos de entrada e saída

III Condução de biogás

Os materiais necessários para realizar a condução de biogás são:

- 25 metros de tubo de PVC de meia polegada
- 4 joelhos de PVC de ½ polegada
- 4 luvas de PVC ½ polegadas
- 4 “T”s de PVC de ½ polegada
- 4 válvulas de esfera de plástico de ½ polegada
- Reservatório

As ferramentas necessárias para esta parte são:

- serra
- chave inglesa
- fita veda-rosca
- seladora manual

O biodigestor instalado tem uma saída de biogás preparada, com ilhós, tubo de ½ polegada de diâmetro e um metro de tubo terminando numa válvula de esfera.

A partir desse ponto, o gasoduto continua com tubos de PVC de ½ polegada até a cozinha. A tubulação deve ficar alta em postes, ou apoiada a uma certa altura sobre uma parede. Recomenda-se comprimento máximo de 100 metros (para distâncias maiores deve-se usar tubos de maior diâmetro), mas sendo o ideal ter o biodigestor entre 20 e 50 m de distância para a cozinha. *O projeto em questão se adequa bem a essa recomendação, já que a distância do biodigestor até a cozinha será de aproximadamente 50 metros.* A condução é direta, usando as luvas e os joelhos quando necessário.

É importante que a tubulação esteja elevada, nunca enterrada, por causa da acumulação de água pode ocorrer. O digestor estará cheio de água misturada com esterco. A água irá evaporar e condensar nas tubulações, o que pode tapá-las e não permitir que o gás alcance a cozinha.

É inevitável que a tubulação de gás tenha pontos baixos, onde a água irá acumular. Nestes “vales”, pode-se colocar um “T” com a terceira saída bloqueada por uma tampa de rosca, de modo que de vez em quando, ao abrir a tampa, possa-se drenar a água parada. Pode-se também instalar a tubulação sempre inclinada, de modo que qualquer água condensada, caia sobre a válvula de segurança, ou outro item que possa drenar essa água.



Nos pontos baixos da tubulação do biogás pode-se colocar um T com a terceira saída bloqueada com uma rosca. Se houver acúmulo de água nesse baixo, é possível abrir a rosca a remover a água

III.I Válvula de Segurança

A válvula de segurança é colocada perto do digestor, para que se possa

analisá-la diariamente. Essa válvula permitirá que, se não for consumido biogás, este tenha um lugar para escapar, e evitar que entre ar do lado de fora para dentro do biodigestor (o que mataria o processo interno de produção de biogás).

A válvula de segurança é feita com uma garrafa pet de refrigerante. Faz-se um buraco na parte superior para ir enchendo a garrafa com água à medida que esta se evapora.

Na saída de biogás, antes da válvula de esfera, que foi colocada para fechar a saída do biogás, coloca-se um T, para que o biogás possa continuar fluindo para a cozinha. Mas à terceira saída do T une-se um pedaço de tubo e se introduz a garrafa de refrigerante cheio de água. O tubo deve ser imerso na água entre 8 a 13 cm, dependendo da altura acima do nível do mar e a distância da cozinha. Para determinar a pressão adequada é necessário ir realizando testes de combustão de biogás na cozinha.



A válvula de segurança é colocada no início da condução de biogás, perto do biodigestor, para se verificar diariamente se há necessidade de mais água.

Após a válvula de segurança deve ser colocada uma válvula de modo que se possa isolar o conjunto formado pelo digestor e a válvula de segurança do resto da condução para possibilitar possíveis reparos ou modificações.

A válvula de segurança é o primeiro elemento a ser colocado após a

saída do biogás. Se o primeiro elemento posicionado é uma válvula de esfera e após esta se coloca a válvula de segurança, existe um risco de que a torneira seja fechada por descuido ou malignidade, e então o biogás produzido no digestor não tenha como sair.

É importante notar que a pressão máxima do biogás será dada pela profundidade com que o tubo está submerso na água.

No interior do tubo que chega à garrafa cheia de água, é introduzido palha de aço (tipo "Bombril"), o que tem duas funções: reter parte do ácido sulfídrico (H_2S) presente no biogás, removendo o odor desagradável desse gás, e impedir que uma combustão externa se propague pela tubulação, evitando o perigo de explosões. Deve-se trocar esta palha de aço ou de ferro de seis em seis meses, e por isso é colocado junto à válvula de segurança, para que fique acessível para substituição.

III.II Reservatório de biogás

O reservatório será o tanque de armazenamento de biogás e servirá para aumentar a pressão caso haja diminuição na produção. O reservatório deve estar localizado perto da cozinha, tomando cuidado para não estar perto do fogo. Normalmente se prende ao teto. Deve estar em local fechado para protegê-lo do sol, ou pode ficar no exterior, mas protegido de ventos.

O reservatório é feito a partir do mesmo plástico com o qual o digestor foi construído, usando uma única camada. Corta-se um pedaço de três metros de largura, e como o biodigestor, devemos colocar uma flange na sua área central, empregando-se a mesma técnica que no biodigestor.



O reservatório é construído com 3 metros de polietileno tubular. Depois de colocar o flange no centro, fecham-se as laterais usando um selador manual de plástico.

Depois de colocados os flanges, serão seladas as laterais da mangueira, para que a única forma de entrada ou saída do biogás seja pelos flanges. Para vedar os lados, utiliza-se um selador manual de plástico. Esses seladores são de 30 e 40 cm de braço, e para vedar em torno da borda da mangueira de plástico faz-se um "zig-zague" na borda, selando em seções, tomando cuidado para que os lados do plástico estejam hermeticamente fechados. Em caso de dúvida, sela-se duplamente para repetir a operação. Devem ser realizados pré-testes para regular a potência desses seladores, assegurando que o plástico fique adequadamente selado.

Tendo cerrado ambos os lados, fazem-se pregas de acordeon nas extremidades do reservatório e se amarra com tiras de câmara de pneu para que a pressão de biogás não abra as seções seladas. Além disso, pode-se colocar uma peça oca nas extremidades e amarrar o plástico sobre ela para depois passar uma corda e pendurar o reservatório no teto. Pode ser usado como peça oca um pedaço de tubo velho.



Amarram-se os lados selados, pregando-os em forma de acordeon contra um objeto oco para que se possa passar uma corda e prender o reservatório ao teto

Construído o reservatório, deve-se conectá-lo à condução de biogás. Para isso se coloca um "T" na condução. Por uma entrada virá o biogás do digestor, pela outra o mesmo irá para a cozinha e a outra vai ligar ao reservatório. É normal colocar uma válvula esfera a um metro da condução do reservatório para fechá-la e isolar o reservatório em caso de furo ou vazamento.

O reservatório, como mencionado, não só armazena maior quantidade de biogás, mas também permite que se aumente a pressão. Se o consumo de biogás

for grande e a chama perde força na cozinha, pode-se amarrar uma corda em torno do reservatório, que se puxada vai comprimir o biogás e aumentar a pressão no interior, de modo que o gás sairá mais fortemente pela cozinha. Esta é uma das razões por que o reservatório tem de ser acessível e perto da cozinha.

IV Cozinha

A tubulação de biogás termina na cozinha, geralmente com dois queimadores. Podem-se usar os fogões que usam botijões de gás se cozinha, bastando remover o difusor de gás, após a válvula e conecta-se a tubulação de PVC de ½ polegada ao fogão.

V Manutenção diária e detalhes finais

Deve ser dada atenção à válvula de segurança para que nunca falte água; caso isso aconteça, entrará ar no digestor e as bactérias vão morrer.

Deve-se atentar à condensação de água nas tubulações de biogás. Caso isso ocorra, a chama sairá em golpes (soa como "po-po-po-po" e a chama vem e vai) e se não for sanada, eventualmente pode não chegar biogás para a cozinha.

Se for possível, recomenda-se fazer uma cerca ao redor do digestor para evitar que animais o danifiquem (o que ocorre muito com galinhas).

Para a carga diária pode fazer uma "caixa de mistura" na entrada do digestor, geralmente de barro ou de adobe forrada com plástico, onde ocorre mais mistura e daí possa cair no digestor.

Da mesma forma, para a saída pode-se fazer uma caixa, de um metro de largura e um metro de profundidade onde o fertilizante é acumulado. Daí pode haver uma comunicação direta com canais de irrigação. A caixa deve ser coberta para o adubo não ficar exposto ao sol e perder suas propriedades.