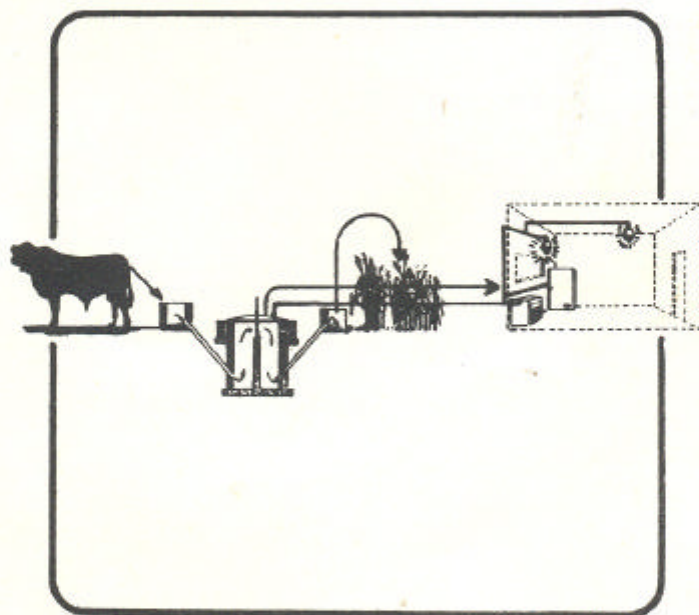


BIOGÁS



**INDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA
DO
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

BIOGÁS

INDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

José Anibal Comastri Filho, Engº Agrº, M.Sc.



EMBRAPA

Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá
Corumbá – Mato Grosso do Sul

ISSN N° 0100 - 7866

Comitê de Publicações DA UEPAE de Corumbá, EMBRAPA
Rua 21 de setembro, 1880
Caixa Postal 109
Fones: 231.1430 e 231.1735
79.300 – Corumbá, Mato Grosso do Sul

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Unidade de Execução
de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá, Corumbá, MS.

Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense,
por José Aníbal Comastri Filho. Corumbá, 1981.

53p. ilustr. (EMBRAPA. UEPAE de Corumbá. Circular Técnica,
9).

1. Biodigestores-Construção. 2. Biodigestores-Instalação. 3.
Biogás-Uso. I. Comastri Filho, J.A., colab. II. Título. III. Série.

CDD 333.79

© EMBRAPA

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	5
INTRODUÇÃO	7
BIOGÁS.....	9
BACTÉRIAS METANOGENÉTICAS.....	9
SISTEMA MICROBIOLOÓGICO FORMADOR DE METANO.....	11
Quantidade de matéria seca	13
Concentração de Nutrientes	13
Controle do pH.....	14
Temperatura do digestor.....	14
Tempo de retenção	14
Concentração de sólidos voláteis	16
Relação carbono/nitrogênio	16
Substâncias tóxicas	17
PRODUÇÃO	17
PROPRIEDADES	19
PODER CALORÍFICO	19
USO DO BIOGÁS.....	22
BIOFERTILIZANTE.....	22
SUBSTRATOS PARA BIODIGESTORES	23
BIODIGESTOR.....	25
TIPOS DE DIGESTORES	28
Digestores de batelada.....	28
Digestores contínuos.....	28
Digestor vertical	29
Digestor horizontal.....	29

	Pág.
CÁLCULO DO TAMANHO DE UM BIODIGESTOR	29
CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES	30
GASÔMETRO	31
LOCALIZAÇÃO	36
DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	36
PROGRAMA DE BIOGÁS DA UEPAE DE CORUMBA	42
PERSPECTIVA DO BIOGÁS NO PANTANAL.....	44
ABSTRACT	46
LITERATURA CITADA	47
APÊNDICE.....	49

RESUMO

A crise de energia, provocada pelos sucessivos aumentos nos preços do petróleo, fez com que o Governo Brasileiro desse maior atenção à produção de biogás, que nas áreas rurais poderá rapidamente permitir a auto-suficiência energética, devido à existência de grande quantidade de resíduos orgânicos, para a utilização de biodigestores.

A região do Pantanal Mato-grossense oferece condições excepcionais para um arrojado plano de utilização de energia proveniente da fermentação de biomassa. A utilização da energia do biogás, nesta região é muito favorecida em virtude das condições climáticas e da abundância de excrementos bovinos, abrindo uma perspectiva favorável à sua aplicação no sentido de se obter energia a custos relativamente baixos, através de unidade digestoras.

A Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá, da EMBRAPA, instalou e está operando um biodigestor de 7 m³, modelo indiano (vertical); com selo d'água, com os objetivos de difundir o uso do biogás na região e realizar pesquisas com as diferentes biomassas existentes na região.

1. INTRODUÇÃO

A energia rural consumida no Brasil, salvo a de origem na própria fazenda, é praticamente originária de fontes centralizadas, como o petróleo e a energia elétrica. Esta condição tem feito do usuário agrícola um mero instrumento, manipulado pelas centrais de abastecimento elétrico e pela política externa do petróleo. Em conseqüência, o desenvolvimento agrícola tem sido, em parte, controlado pelos desejos e vontade dos vendedores de energia (BATISTA s.d.).

A energização da propriedade rural é o sonho de muitos agricultores e pecuaristas brasileiros, que poderá tornar-se realidade nesta década de 80. Para produtores distantes de redes de eletrificação rural, em que estão envolvidos altos custos de instalação, e para regiões onde não existe ainda a linha implantada, a opção do biogás como fonte de energia parece ser bastante promissora (CRUZ 1981). Dados fornecidos pelo escritório da ENERSUL, de Corumbá, em 06/81, revelam que o custo médio de implantação de uma rede de alta tensão, na região do Pantanal Mato-grossense, varia entre Cr\$ 540.000,00 a 620.000,00/Km, sendo que no momento o produtor não dispõe de financiamento. Esses custos podem aumentar ainda mais dependendo das condições locais de solo.

No Brasil, vários aspectos favorecem a aplicação do princípio da

biodigestão anaeróbica, para a produção de biogás e biofertilizantes, que poderá oferecer à comunidade rural energia adequada e barata, face à grande quantidade de matéria-prima disponível para sua produção. A constante mudança na economia mundial, provocada pelos sucessivos aumentos nos preços do petróleo, fez com que o Governo Brasileiro desse maior atenção à produção de biogás, que nas áreas rurais poderá rapidamente permitir a auto-suficiência energética, devido à existência de grande quantidade de resíduos orgânicos (culturais e animais), para a utilização em biodigestores.

BIOGÁS

Biogás, ou gás metano, é um gás incolor, altamente combustível, que produz chama azul-clara e queima com um mínimo de poluição. É o produto final da fermentação anaeróbica de dejetos animais, de resíduos vegetais e de lixo residencial e industrial, em condições adequadas de umidade. É uma mistura gasosa combustível, de alto poder calorífico, composta basicamente de dois gases, o metano (CH_4), que representa 60-70% restantes da mistura, e o gás carbônico (CO_2) que representa os 40-30% restantes. Outros gases (nitrogênio, N; hidrogênio, H e gás sulfídrico, H_2S) participaram da mistura em proporções menores. A qualidade do biogás é uma função da percentagem de metano da mistura. Quanto maior for a percentagem de metano, melhor será o biogás.

BACTÉRIAS METANOGÊNICAS

A bactéria metanogênica representa filogeneticamente um único grupo de organismos. As diferentes espécies possuem forma e estrutura celular diferente (ZEIKUS, 1977) contudo, todas as espécies estudadas possuem metabolismo energético similar e peculiar (BRYANT 1979). São conhecidas nove espécies de bactérias formadoras de metano, as

quais incluem bastonetes, cocos e micrococos. Todas são imóveis, Gram-negativas, não esporulantes, de desenvolvimento lento e anaeróbicas obrigatórias. Para se desenvolverem, todas as bactérias metanogênicas exigem sais nutritivos, CO_2 , um agente redutor, um substrato oxidável e uma fonte de N, geralmente NH_3^+ , com exceção do Methanobacillus omelianskij, que é capaz de fixar o N atmosférico (FERRAZ & MARRIEL 1980).

São microorganismos extremamente sensíveis às variações bruscas de temperatura, que devem ser corrigidas, imediatamente, assim que verificadas. A resposta a essa queda brusca de temperatura, no ecossistema digestor, é uma redução progressiva na produção de gás, até à parada total da produção. Em função da temperatura requerida para seu desenvolvimento são conhecidos três grupos de bactérias metanogênicas; as psicrófilas, que se desenvolvem em temperaturas menores que 20°C ; as mesófilas, que se desenvolvem na faixa de temperatura de 20 a 45°C , tendo como ponto ótimo de rendimento a temperatura de 35°C ; e as termófilas, que se desenvolvem em temperaturas acima de 45°C , tendo como ponto ótimo a temperatura de 54°C .

O gás produzido durante a degradação de resíduos orgânicos é conhecido desde 1776, quando foi comprovada a existência de metano. A comprovação de que se tratava de fenômeno biológico só se concretizou em 1875 (FERRAZ & MARRIEL 1980). A formação do gás metano é o único evento biológico confinado a um pequeno grupo de bactérias. A formação biológica do metano é comum na natureza e bactérias metanogênicas são facilmente encontradas em ambiente anaeróbico, onde a matéria orgânica é rigorosamente decomposta (MEDEIROS 1980).

Nos ambientes anaeróbicos (ausência de ar), as bactérias metanogênicas são os organismos finais na cadeia alimentar microbiana (Figura 1). Esta cadeia alimentar ocorre perfeitamente em lamas escuras, pântanos pauis, onde a celulose sofre decomposição naturalmente.

Na primeira fase, o complexo orgânico biodegradável, em estado insolúvel, é convertido em matéria orgânica solúvel. Nesta fase predomina o grupo de microorganismos aqui denominados de grupo A. O segundo grupo (grupo B) de microorganismos, atua sobre a matéria orgânica solúvel, transformando-a em ácidos graxos, álcoois, CO_2 e H_2 . O terceiro grupo (grupo C) de bactérias, aqui chamado de bactérias metanogênicas, atua sobre o CO_2 e o H_2 , transformando-os em metano.

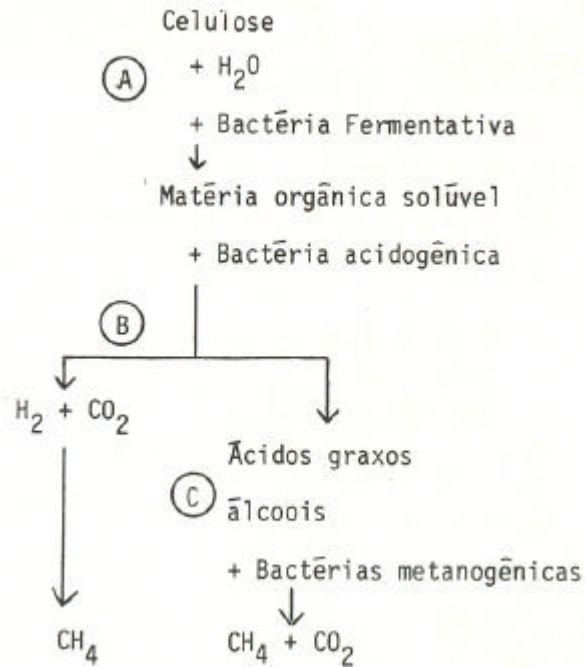


FIGURA 1. Cadeia alimentar microbiana anaeróbica, na qual a celulose é convertida em metano.

O metano é o hidrocarboneto mais simples da série dos etanos, é acíclico, saturado, de densidade de 0,55 e peso molecular 16,04, formado pela combinação de um átomo de carbono e quatro de hidrogênio (CH₄). É incolor, inodoro e sob condições normais de temperatura é gasoso.

Dentre todas as fases, a metanogênica é a mais sensível e exigente, requerendo vários cuidados para que ela se processe adequadamente, proporcionando uma alta produção de gás. Entre os vários fatores que influem na atividade das bactérias metanogênica, pode-se destacar a quantidade de matéria seca, a concentração de nutrientes, o pH, a temperatura interna do digestor, o tempo de retenção, a concentração de sólidos voláteis, a relação carbono/nitrogênio, a presença de substâncias tóxicas, etc., no interior do biodigestor.

Quantidade de matéria seca (MS)

Na produção de metano, a biomassa usada deve conter um teor de 7 a 9% de MS, isto é, cada 100 litros de biomassa devem conter uma média de 8 Kg de MS.

Concentração de Nutrientes

Para que no interior de um biodigestor ocorra uma boa fermentação, o equilíbrio entre os nutrientes é indispensável. O conhecimento da composição química e do tipo de biomassa utilizado é muito importante, pois pode-se enriquecê-la com fertilizantes e ativadores

químicos, se necessário. A presença de alguns macroelementos (carbono, nitrogênio, potássio, fósforo e enxofre), alguns micronutrientes minerais, vitaminas e aminoácidos são fundamentais ao desenvolvimento dos microrganismos (bactérias metanogênicas).

Controle do pH

Mudanças no pH do meio afetam sensivelmente as bactérias envolvidas no processo de digestão. A faixa de operação dos digestores é em pH 6,0 a 8,0, tendo como ponto ideal o pH 7,0, que ocorre normalmente quando o digestor está funcionando bem.

Temperatura do digestor

O desenvolvimento das bactérias metanogênicas e a conseqüente produção de biogás é função da temperatura operacional do digestor. Digestores mais eficientes operam em temperaturas mais elevadas. A temperatura ótima para o funcionamento de um digestor vai depender do grupo de bactérias com que se pretende trabalhar e das condições locais.

Tempo de retenção

É o tempo em que um substrato qualquer passa no interior de um digestor, isto é, o tempo entre a entrada e a saída dos diferentes materiais

TABELA 1. Relação Carbono/Nitrogênio de diversos materiais.

MATERIAL	% N	C/N	% C
Esterco de bovinos	1,7	18	30,6
Esterco de eqüinos	2,3	25	57,6
Esterco de ovinos	3,8	22	83,6
Esterco de suínos	3,8	20	76,0
Esterco de aves	6,3	7,3	50,0
Fezes humanas	6,0	8	48,0
Feno	4,0	12	48,0
Serragem	0,11	431	47,5

FONTE: LENZ, s.d.

do digestor. O tempo de retenção ou de digestão varia em função do tipo de biomassa, granulometria da biomassa, temperatura do digestor, pH da biomassa, etc., mas, de modo geral, situa-se na faixa de 4 a 60 dias. Normalmente, o tempo de digestão para esterco de animais domésticos situa-se na faixa de 20 a 30 dias.

Concentração de Sólidos Voláteis

O conhecimento da quantidade de sólidos voláteis da biomassa é muito importante, porque eles é que serão fermentados para produzir o biogás. Quanto maior for a concentração de sólidos voláteis de uma biomassa, maior será a produção de gás, dentro de certos limites, pois dependerá da eficiência do sistema digestor. Recomenda-se um mínimo de 120 g de sólidos voláteis por Kg de matéria seca. O teor de sólidos voláteis de esterco bovino está em torno de 80 a 85%.

Relação Carbono/Nitrogênio

Este é um parâmetro muito importante e está relacionado com as condições em que se desenvolve o processo biológico da fermentação. A relação carbono/nitrogênio ideal para uma digestão ótima está na faixa de 20 a 30:1, isto é, 20 a 30 partes de carbono para uma de nitrogênio.

A maioria dos esterco de animais possuem baixa relação C/N (Tabela 1), pois possuem muito nitrogênio e devem ser corrigidos com

resíduos vegetais como palhas, sabugos, serragem, etc., para atingir o ponto ideal (LENZ s.d.).

Substâncias Tóxicas

O excesso de qualquer nutriente ou elemento em solução no digestor pode provocar toxidez ao meio bacteriano. Deve-se também ter muito cuidado com o uso de desinfetantes e bactericidas nas instalações onde são criados os animais, pois estes podem contaminar o esterco, tornando-o fatal para as bactérias que estão envolvidas no processo biológico da formação do gás.

PRODUÇÃO

A produção de biogás, nos biodigestores que utilizam dejetos animais como matéria-prima, não apresenta nenhum problema, pois as fezes dos animais já contém bactérias metanogênicas. Já nos biodigestores que funcionam com resíduos celulósicos a inoculação deve ser realizada com dejetos de animais para garantir a presença de bactérias metanogênicas, sem as quais não há produção de biogás. Após a arrancada inicial (\pm 20 dias), substitui-se gradativamente, os dejetos animais pela matéria celulósicas que será utilizada como matéria-prima.

A produção inicial do biogás contém muito CO₂, por isso deve desprezá-la, abrindo o registro até que o gasômetro esvazie até à metade. A partir daí utiliza-se normalmente o gás (SILVA s.d.).

Vários fatores influem na produção biogás, porém todos são perfeitamente controláveis. Segundo BATISTA (1980), a produção do biogás nada mais é do que uma função da composição da matéria-prima utilizada e da eficiência do sistema digestor, além de outros fatores.

A Tabela 2 mostra diferentes substratos para biodigestores e sua produção média de biogás.

TABELA 2. Diferentes substratos para biodigestores e sua conversão em biogás.

SUBSTRATO	QUANTIDADE	BIOGÁS
	Kg	M ³
Esterco fresco de bovino	10	0,40
Esterco seco de galinha	01	0,43
Esterco seco de suíno	01	0,35
Resíduo vegetal seco	01	0,40
Resíduo de frigorífico	01	0,07
Lixo	01	0,05

PROPRIEDADES

É um gás inodoro que queima sem deixar fuligem, mas, devido à presença de gás sulfídrico (H_2S), apresenta um odor típico (ovo podre), que pode ser usado para detectar vazamentos. É armazenado sob baixa pressão ($0,009 \text{ kg/cm}_2$) e não pode ser levado a longas distâncias, usualmente 50 a 150 m, sem utilizar compressor (FERRAZ & MARRIEL 1980). Na Tabela 3 encontramos algumas propriedades dos gases que compõem o biogás.

PODER CALORÍFICO

A quantidade de metano existente no biogás regula seu poder calorífico que, normalmente, se situa na faixa de 5.000 a 6.000 kcal/m^3 , isto em função da sua pureza. Quanto mais puro, maior é o seu poder calorífico, que pode atingir em torno de 12.000 kcal/m^3 , com a retirada de CO_2 . A retirada de CO_2 se faz forçando a passagem do biogás através de uma coluna de água de cal, antes do pontos de utilização.

Quando em contato com o ar atmosférico, na proporção de 6 a 15% é altamente explosivo, da mesma forma que o gás liquefeito de petróleo.

Na Tabela 4 apresentam-se diferentes fontes energéticas e seu valor correspondente em biogás.

TABELA 3. Propriedades dos gases que compõem o biogás e seu efeito fisiológico ^a.

GÁS	PESO ESPECÍFICO	TAXA EXPLOSIVA		ODOR	COR	EFEITOS FISIOLÓGICOS
		min. %	máx. %			
Amônia (NH ₃)	0,6	16	-	Picante Constante	nenhuma	IRRITANTE – Irritação dos Olhos e garganta
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1,5	-	-	nenhum	nenhuma	ASFIXIANTE – Causa sonolência, dor de cabeça
Gás sulfídrico (H ₂ S)	1,2	4	16	Ovo podre	Nenhuma	TÓXICO – irritação dos olhos e nariz, dor de cabeça, vertigem, náuseas, excitação, inconsciência
Metano (CH ₄)	0,5	6	15	Nenhum	Nenhuma	ASFIXIANTE – Dor de cabeça, não tóxico

^a FONTE: FERRAZ & MARRIEL (1980).

TABELA 4. Comparação entre diferentes fontes energéticas e biogás.

Biogás m ₃	EQUIVALÊNCIAS			
	Fonte Energética	Quantidade		
		1	Kg	Kwh
1,63	Gasolina	1		
1,80	Óleo Diesel	1		
1,73	Querosene	1		
1,58	Gasolina de avião	1		
2,00	Óleo combustível	1		
1,81	Petróleo médio	1		
1,26	Álcool combustível	1		
2,20	Gás liquefeito de Petróleo		1	
0,65	Lenha		1	
1,36	Carvão vegetal		1	
0,29	Xisto		1	
0,70	Energia elétrica			1

USO DO BIOGÁS

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 usado no acionamento de motores a explosão e geração de energia elétrica.

Na indústria (destilaria, fábrica de papel, etc) pode ser empregado em substituição de parte da energia consumida no processo de produção.

BIOFERTILIZANTE

Após a digestão anaeróbica no interior do digestor, os resíduos sobrenadantes apresentam alta qualidade (em média apresentam 1,5 a 2,0% de nitrogênio, 1,0 a 1,5% de fósforo e 0,5 a 1,0% de potássio) 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 reestabelecimento do teor de húmus do solo, funcionando como melhorador de suas propriedades químicas e físicas e melhora a atividade microbiana do solo, que tem importante papel na sua

estruturção e fixação de nitrogênio atmosférico.

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.

Apresenta o pH em torno de 7,5 e funciona como corretor da acidez do solo, minimizando o problema do alumínio e do ferro que são tóxicos. Libera o fósforo dos sais insolúveis de alumínio e ferro, tornando-o disponível na solução do solo, para as plantas.

SUBSTRATOS PARA BIODIGESTORES

Todos os materiais de origem orgânica podem servir para um biodigestor, com exceção de madeira. Substâncias fibrosas como palha, grama, etc., podem formar uma camada flutuante dentro do digestor e parar a produção de gás. Por essa razão devem ser trituradas em pedaços de menos de 3 cm (SEIXAS *et alii* 1981).

Como matéria-prima para o funcionamento de biodigestores podem-se destacar as seguintes biomassas: fezes (de gado, suínos, aves, etc), resíduos vegetais (restos de culturas, palha, capim, etc) e lixo residencial e industrial.

Ao carregar o biodigestor, deve-se tomar o cuidado de misturar o substrato a ser utilizado com, pelo menos, igual volume de água. Esse procedimento garante o fluxo normal de carga e descarga nos digestores de carregamento contínuo, bem como a produção normal de gás.

Qualquer uma dessas matérias-primas, em condições anaeróbicas, produz o metano como um dos produtos finais da fermentação.

Toda propriedade rural, independentemente do tamanho, conta com um ou mais tipos de biomassa para a produção de biogás. Caso a propriedade não possua nenhum dos tipos citados acima, o que é difícil de acontecer, resta ainda a possibilidade de cultivar a planta aquática Eichhornia crassipes (aguapé), em açudes, rios, lagoas, etc., empregando-a como substrato para o biodigestor.

O esterco bovino representa a matéria-prima por excelência para a produção de biogás, pelo fato de já possuir naturalmente os microrganismos responsáveis pela fermentação

BIODIGESTOR

Um biodigestor ou simplesmente, digestor, pode ser definido como uma câmara de fermentação, onde a biomassa sofre a digestão pela 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, Existem vários tipos de digestores, destacando-se o Chinês e o Indiano, porém todos eles visam basicamente criar condição anaeróbica, isto é, total ausência de oxigênio na biomassa a ser digerida. Tanto o digestor Indiano (Figura 2) como o Chinês (Figura 3) apresentam vantagens e desvantagens, mas, o mais importante é que ambos são de tecnologia conhecida e de fácil operação.

A escolha de um tipo ou de outro vai depender das condições locais, disponibilidade de substrato, experiência e conhecimento do construtor, investimento envolvido, etc. Mas, qualquer digestor construído, se for corretamente instalado e operado, dará uma boa produção de gás.

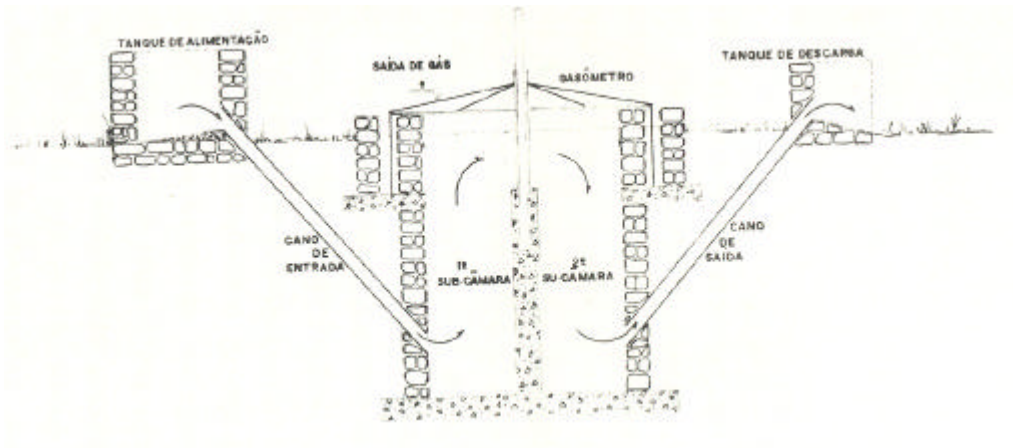


FIGURA 2. Biodigestor vertical (modelo indiano)

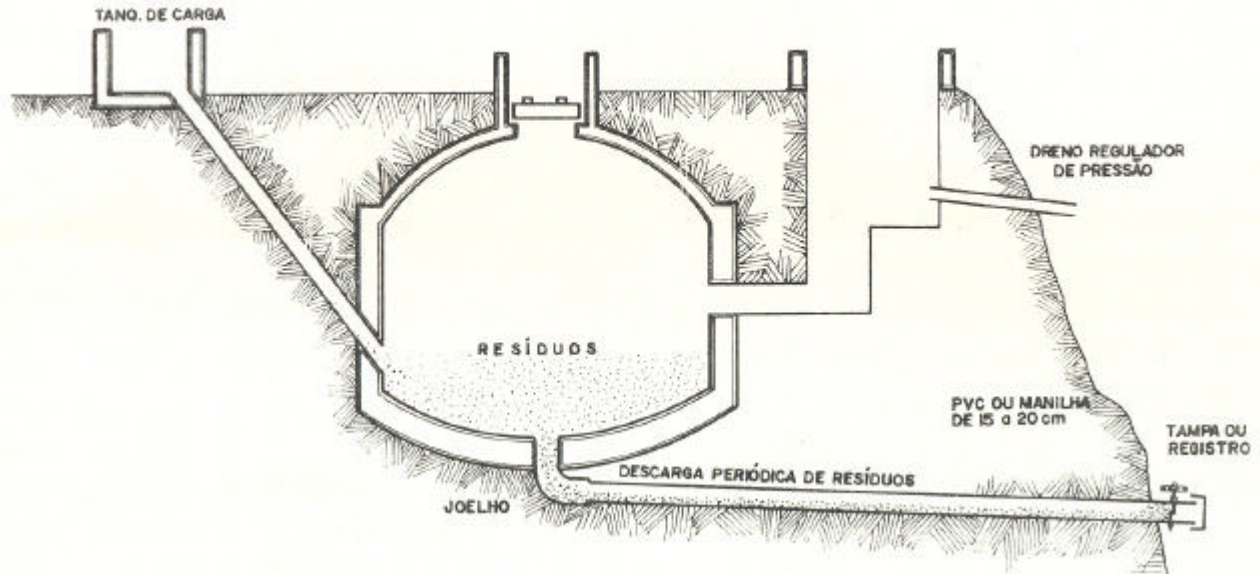


FIGURA 3 – Biodigestor vertical (modelo chinês)

TIPOS DE DIGESTORES

Digestores de batelada

Nestes tipos de digestores, a matéria-prima a ser fermentada é colocada no seu interior e logo após é feito o seu isolamento do ar para que seja realizada a digestão; o gás produzido é armazenado no próprio recipiente que serve de digestor ou em um gasômetro acoplado a este. Uma vez cessada a produção de gás, o digestor é aberto e retiram-se os resíduos (material não assimilado pelo processo); após a sua limpeza, é colocada nova quantidade de substrato.

Digestores contínuos

Neste tipo de digestor, as matérias-primas usadas são líquidas ou semi-líquidas. São colocadas, periodicamente, quase sempre diretamente. Neste digestor usa-se matéria-prima que possua decomposição relativamente fácil e que seja sempre disponível nas suas proximidades. A produção de gás e de resíduos é contínua. Existem vários modelos de digestores contínuos de acordo com o seu formato. De modo geral, os digestores contínuos se encontram divididos em dois tipos: Vertical e Horizontal, de acordo com o seu posicionamento sobre o solo.

Digestor Vertical

Nada mais é do que 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.

Existem dois modelos básicos de digestores verticais: com uma câmara e com dupla câmara.

Digestor Horizontal

Consiste de uma câmara, com qualquer formato, desde que a altura ou profundidade seja inferior às outras dimensões (comprimento e largura), a qual é enterrada no solo ou não. A matéria-prima é colocada periodicamente em um dos lados do digestor. Este tipo de digestor é mais freqüentemente utilizado em regiões onde o lençol freático é muito superficial ou há afloramento de rochas, dificultando a construção (MEDEIROS 1980).

CÁLCULO DO TAMANHO DE UM BIODIGESTOR

DADOS IMPORTANTES

- Uma família de 5 pessoas
- Três lampiões durante 3 horas/noite
- Um fogão para cozinhar

- Um motor para picar forrageiras, com 6 HP, durante 2 horas/dia
- Tempo de retenção: média de 30 dias
- Matéria-prima: esterco fresco de bovino

CÁLCULO

$$\text{Iluminação: } 0,07 \times 3 \times 3 = 0,63 \text{ m}^3$$

$$\text{Cozimento: } 0,23 \times 5 = 1,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Motor : } 0,40 \times 6 \times 2 = 4,80 \text{ m}^3$$

Dando um acréscimo de 10% temos:

$$7,23 \cong 7,30 \text{ m}^3$$

Se 10 kg de esterco fresco = 0,40 m³ de biogás, logo, para se ter 7,30 m³ de biogás/dia, necessita-se de aproximadamente 190 kg de fezes/dia ou seja, a produção de 13 animais semi-estabulados.

Como o esterco deve ser misturado com água na proporção de 1:1, deve-se adicionar ao digestor 380 litros de mistura.

$$\text{Volume do digestor} = 30 \times 380 = 11.400 \text{ l} = 11,4 \text{ m}^3$$

CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES

As Figuras 4 e 5 representam o corte A. A e a planta baixa, respectivamente, de um biodigestor vertical, modelo indiano.

Para a construção di biodigestores e respectivos gasômetros, com capacidade de 8 a 21 m³ de biogás, deve-se usar os valores encontrados nas Figuras 4, 5 e 6, bem como os dados implícitos na Tabela 5.

GASÔMETRO

Denomina-se de gasômetro o recipiente em que o gás produzido é estocado. Existem no comércio gasômetros de diferentes materiais e todos com boa capacidade no armazenamento do biogás: plástico, acrílico, amianto, etc., mas o mais comum é confeccionado com chapas de ferro.

Os gasômetros feitos com chapas de ferro devem ser Impos e pintados com tinta anti-corrosiva, pelo menos uma vez por ano. Este procedimento garante maior vida útil ao gasômetro. Para gasômetros de metal que funcionam no sistema de selo d'água, a adição de óleo à água do selo melhora a sua conservação. O cano-guia do gasômetro deve ser engraxado com graxa grossa no dia de sua montagem. Esse procedimento garante um funcionamento perfeito do gasômetro. No acoplamento (gasômetro-biodigestor), o gasômetro deve ser montado com o registro aberto.

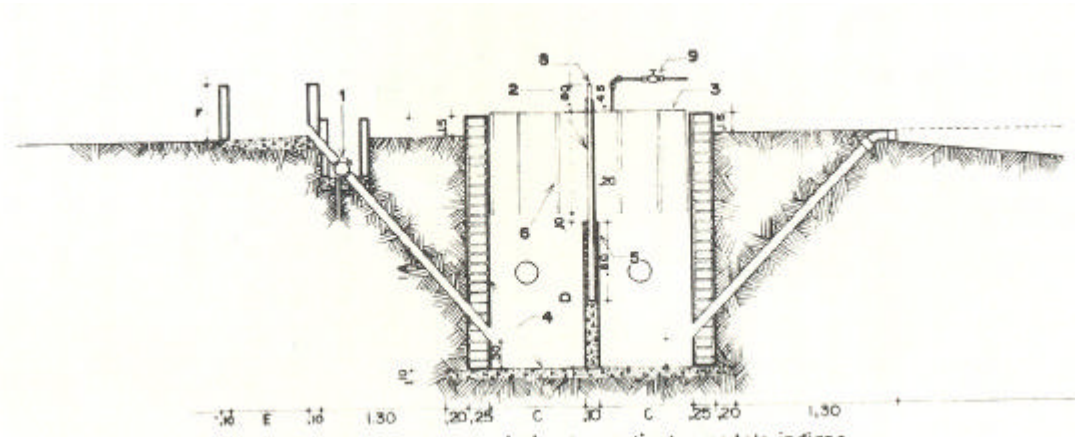


FIGURA 4 – Corte A-A de um biodigestor vertical, modelo indiano.
(Ver legenda da figura 5)

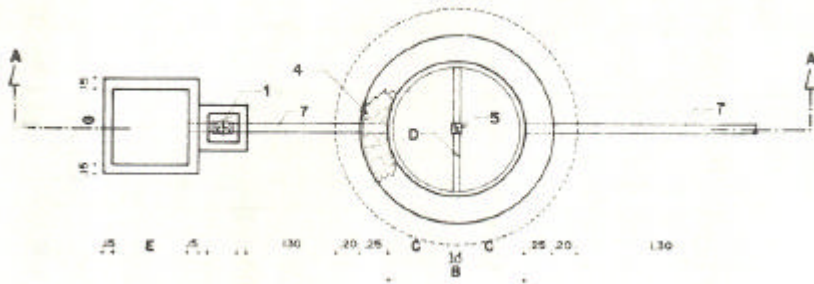


FIGURA 5 – Planta baixa do biodigestor vertical, modelo indiano.

LEGENDA

- 1 – Registro gaveta
- 2 – Ferro galvanizado
- 3 – Gasômetro chapa BG nº 14
- 4 – Revestimento cimento areia traço 1:3 com sika 1 ou vedacit, na proporção do fabricante.
- 5 – Cinta de concreto armado ,10 x ,10
- 6 – Cantoneiras em L
- 7 – Tubo em PVC 100mm
- 8 – Cano guia do gasômetro
- 9 – Registro de saída de gás
- A – Altura do biodigestor
- B – Diâmetro do espaço interno do biodigestor ($C+0,10+C$)
- C – Distância do centro da parede divisória à parede do biodigestor
- D – Parede divisória das câmaras
- E – Comprimento-largura interior do “tanque de carga”(influyente) = G
- F – Altura do tanque de carga
- - Câmaras

TABELA 5. Dimensões de digestores e gasômetro para biodigestores com capacidade de 8 a 21 m³ de mistura ^a.

VOLUME DE BIOGÁS (m ³)		8,00	10,00	14,00	17,00	21,00
VARIÁVEIS (metro) ^b	A	3,00	3,20	3,50	3,80	4,00
	B	2,50	2,60	2,80	3,00	3,20
	C	1,20	1,25	1,35	1,45	1,55
	D	1,80	1,90	2,00	2,10	2,30
	E	1,00	1,00	1,10	1,10	1,20
	F	0,50	0,80	0,90	1,00	1,00
	G	1,00	1,00	1,10	1,10	1,20
	H	2,30	2,40	2,60	2,80	3,00
	I	1,10	1,20	1,50	1,60	1,60
VOLUME TOTAL (m ³)		14,00	17,00	22,00	27,00	32,00
VOLUME DE CARGA (m ³)		13,00	15,00	20,00	25,00	30,00
VOLUME DO GASÔMETRO (m ³)		5,20	6,20	8,90	11,00	12,50
CARREGAMENTO DIÁRIO (kg)		210	270	360	450	540
MATERIAIS	TIJOLD MACIÇO (Unid.)	4.600	5.100	6.000	6.600	7.800
	CIMENTO (sacos)	26	30	35	40	48
	AREIA (m ³)	5	5	6	7	8
	BRITA (m ³)	1	1	1,2	1,3	1,5
	SIKA-1 (litros)	35	40	45	50	55
	TUBO PVC Ø 100 mm (metros)	8,00	9,00	10,00	10,00	10,00
	CURVA LONGA PVC 100 mm (Unid.)	1	1	1	1	1
	REGISTRO GAVETA Ø 100 mm (Unid.)	1	1	1	1	1
	TUBO Fº GALV. Ø50 mm (metro)	2,30	2,40	2,70	2,80	2,80
	GASÔMETRO (Unid.)	1	1	1	1	1

^a FONTE: Divisão de Pesquisa e Projeto s da EMBRAPA.

^b A, B, C, D, E, F, G, H e I (Ver Figuras 4, 5 e 6).

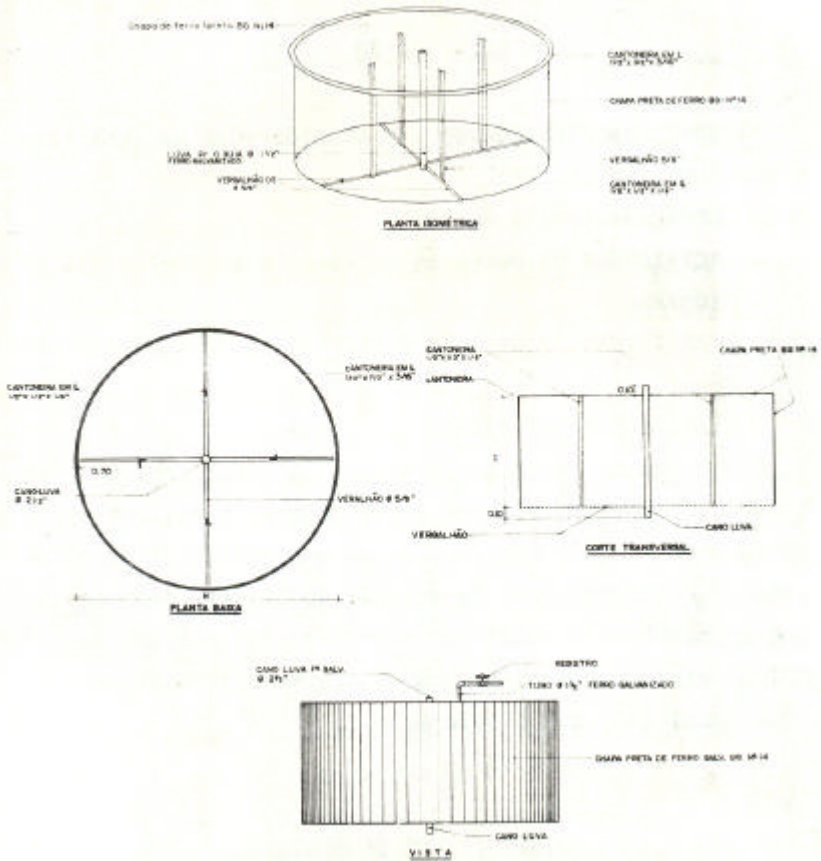


FIGURA 6 – Gasômetro (outros detalhes)

A Figura 6 mostra vários detalhes de construção de gasômetros para biodigestores.

LOCALIZAÇÃO

Alguns parâmetros devem ser considerados na localização de biodigestor:

- Condições locais do solo
- Facilidades na obtenção, preparo e armazenamento de biomassa
- Facilidades na remoção e utilização do biofertilizante
- Distância de utilização do biogás.

O biodigestor deve se localizar em local próximo ao ponto de coleta de esterco (± 20 metros) e aos pontos de consumo do biogás. Entretanto, se o ponto de oferta de esterco dista muito do de demanda do biogás, deve-se preferencialmente localizar o biodigestor próximo ao primeiro, visto que é mais simples transportar o biogás (por tubulação) que o esterco.

DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

A área onde está instalado o biodigestor deve ser considerada como região inflamável, não permitindo que se fume ou que se acenda

qualquer fogo nas proximidades. Deve ser cercada para evitar a entrada de animais que podem danificar o sistema (SILVA s.d.). A colocação de dispositivos de segurança ao longo da rede de distribuição do biogás é de grande importância no controle dos problemas que podem surgir e deve ser encarada com muita seriedade pelos responsáveis por qualquer unidade digestora.

A construção de um purgador (Figura 7), na parte mais baixa da rede de distribuição do biogás, evita as pressões elevadas, com conseqüências graves, que poderão correr no interior do biodigestor em caso de defeito no mecanismo de movimento do gasômetro. O vapor d'água contido no biogás é eliminado pelo purgador, melhorando a combustão do biogás e, conseqüentemente, evitando, também, o efeito corrosivo da água nos equipamentos usados.

A colocação de uma tela de arame, de malha fina, no interior do cano de distribuição, através de uma união (Figura 8), próximo do ponto de consumo do biogás é outro dispositivo de segurança que deve ser usado. Tem a vantagem de evitar a passagem de fogo que, conseqüentemente, provocaria a explosão do biodigestor.

O filtro de H_2S , representado na Figura 9, é um dispositivo essencial no processo de filtragem do biogás. Elimina o H_2S que é corrosivo, aumentando a vida útil dos motores e aparelhos em uso.

A pressão do biogás deve ser medida e rigorosamente controlada

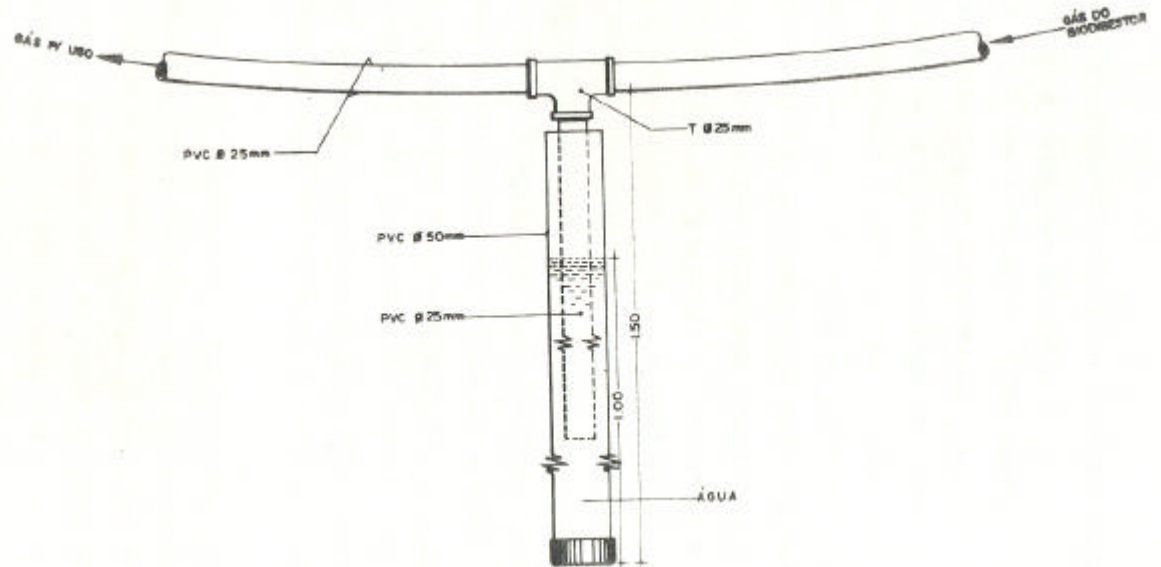


FIGURA 7 – Desenho de um purgador

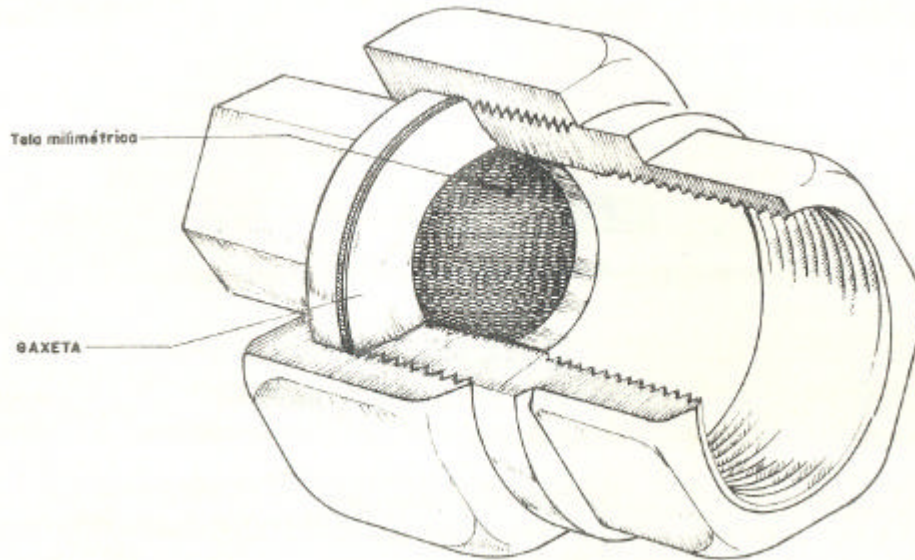


FIGURA 8 – Dispositivo de segurança usado pela UEPAE de Corumbá. (junta esmerilhada fêmea-ou união).

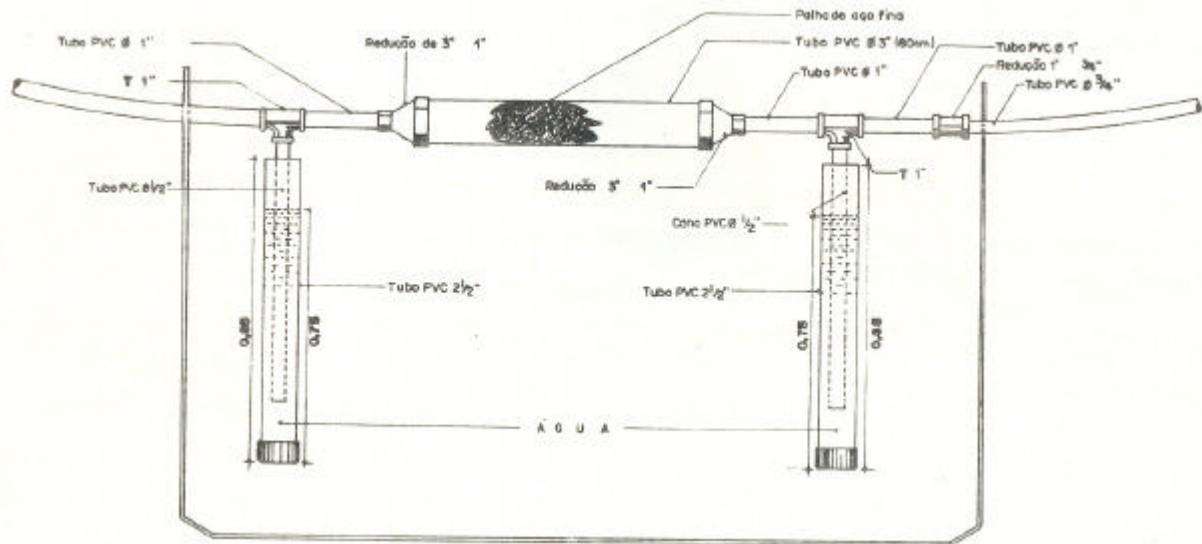


FIGURA 9 – Filtro de H₂S e purgadores usados pela UEPAE de Corumbá.

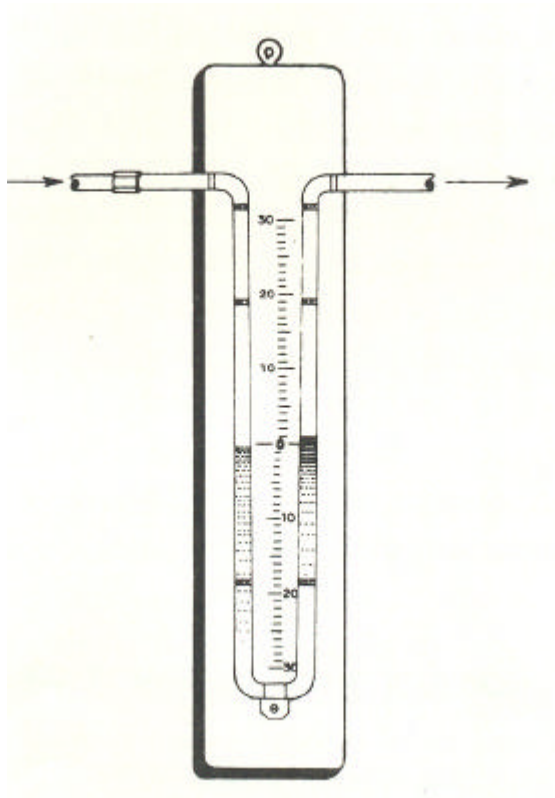


FIGURA 10 – Medidor de pressão

para melhorar a operacionalidade e a eficiência dos equipamentos que forem utilizar o biogás (Figura 10). Esse medidor de pressão pode ser confeccionado usando uma mangueira transparente presa a um suporte de madeira, de tal forma que a mangueira tome forma de U; na parte central colocar uma escala graduada em cm. Encher o tubo em U com água até o nível zero da escala e em uma das extremidades do tubo conectar com a tubulação de condução do gás (BATISTA 1980). A leitura da pressão é dada pela diferença da coluna d'água nas duas partes do U, em cm de água. Para que a pressão do biogás atinja o nível desejado colocam-se pesos (chapa de concreto, saco de areia, etc) em cima do gasômetro.

Existem vários outros tipos de dispositivos de segurança que poderão ser montados pelo técnico ou pelo próprio fazendeiro, sem muita engenharia.

PROGRAMA DE BIOGÁS DA UEPAE DE CORUMBÁ

Classificada como unidade didático-científica, a Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá, da EMBRAPA, foi contemplada com uma unidade biodigestora de 7 m³. Este biodigestor está instalado na fazenda São Carlos do Urucum e tem como objetivos principais a difusão e a demonstração do uso do biogás, onde serão

realizados “dias de campo” para produtores e interessados em geral.

É uma Unidade digestora, modelo indiano, vertical, com selo d’água, que deverá produzir, aproximadamente, 4,5 m³ de biogás por dia. O gás produzido será utilizado nos aparelhos (conjunto motor-gerador, geladeira, fogão, lampião e ferro a gás) existentes no laboratório de demonstração, na iluminação do curral de ordenha e de parte da fazenda. O biodigestor vai funcionar com esterco fresco de bovino, por se tratar da matéria-prima mais abundante na fazenda e na região.

Também, serão realizados, futuramente, trabalhos de pesquisa na área de biomassa, com vistas a testar as diferentes matérias-primas da região, para a produção do gás metano. Minidigestores de vidro ou de plástico serão montados, em uma sala adequadamente preparada, no Laboratório de Nutrição Animal da base física da Unidade, para estudar as diferentes biomassas da região. Diferentes proporções da duas biomassas (esterco de bovinos + aguapé) mais comum na região, serão estudadas com o objetivo de detectar a sua melhor relação para a produção do biogás.

PERPECTIVAS DO BIOGÁS NO PANTANAL

A região do Pantanal Mato-grossense oferece condições excepcionais para um arrojado plano de utilização de energia proveniente da fermentação de biomassas. A utilização da energia do biogás, nesta região, é muito favorecida em virtude das condições climáticas e abundância de excrementos bovinos para a produção de biogás, abrindo uma perspectiva favorável à sua aplicação no sentido de se obter energia a custo relativamente baixos, através de unidades digestoras. A utilização dessa forma de energia, pelas fazendas da região, resultará em menores gastos com derivados de petróleo que tanto têm onerado a produção regional.

O aproveitamento do aguapé (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) como matéria-prima para alimentação de biodigestores é uma outra opção, tendo em vista a sua abundância nos rios e lagos da região. Trabalhos de pesquisa têm demonstrado o grande potencial dessa planta aquática para a produção de biogás (Ghosh et alii 1980; Wolverton & McDonald 1979).

O projeto Bodoquena, se aprovado, produzirá dentro de poucos anos, aproximadamente, 16 milhões de litros por dia de vinhoto ou vinhaça, que é um sub-produto da produção do álcool, altamente poluente. Parte dessa vinhaça poderia ser utilizada como matéria-prima para a produção de biogás, que acionaria turbinas ou motores de explosão

gerando energia elétrica para fazendas e agrovilas. Essa energia, também, poderá ser utilizada no próprio processo de produção do álcool, resultando em economia da ordem de aproximadamente, 25% do total do combustível necessário.

ABSTRACT

The energy crisis engendered by consecutive oil price rises increased Brazilian Government attention towards biogás production, which can rapidly afford energy self-sufficiency in rural áreas, due to the great availability of organic residues for utilization in methane digesters.

The Pantanal Mato-grossense region offers exceptional conditions for a ferless program of utilization of energy from biomass fermentation. The use of biogas energy in this region is greatly favoured by climatic conditions and by abundance of cattle manure, opening a favourable perspective for its application as a low cost energy source through anaerobic digesters.

EMBRAPA's State-Wide Research Unit in Corumbá installed and is operating a 7 m³ Indian model (vertical) methane generator, with water seal, with the objective of diffusing the use of biogas in the region and carrying out research on local biomasses.

LITERATURA CITADA

- BATISTA, L.F. Curso Biogás; energização rural. Brasília, Ministério das Minas e Energia, s.d. 35p.
- BATISTA, L.F. Manual Técnico; Construção e Operação de Biodigestores. Brasília, EMBRATER, 1980. 54p ilustr. (Manuais, 24).
- BRYANT, M.P. Microbial methane production – Theretical aspects. Journal of Animal Science. 48(1):193-201, 1979.
- CRUZ, E.R. da. Metodologia para Cálculo da Rentabilidade de Biodigestores. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS EM BIODIGESTORES DO SISTEMA EMBRAPA, 1, Coronel Pacheco, 1981. Coronel Pacheco, EMBRAPA/CNPGL, 1981. 7p.
- FERRAZ, J.M.G. & MARRIEL, I.E. Biogás; fonte alternativa de energia. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1980. 27p. (EMBRAPA – CNPMS. Circular Técnica, 3).
- GHOSH, S.; HENRY, M.P. & KASS, D.L. Bioconversion of water hyacinth, Coastal Bermuda Grass, MSW – Sludge Blenos to Methans. In: BIOTECHNOLOGY & BIOENGINEERING SYMPOSIUM, 10, 1980. S.L.,; 163-187, 1980.

- LENZ, R.F. Bioenergia. Metano a partir da biomassa. Joaçaba, Lindner/Hidráulica Industrial S/A., s.d. (folders).
- MEDEIROS, J.X. Curso de tecnologia de biogás. Brasília, UFR/MME-SE-TEC/EMBRATER, 1980. 15p.
- SEIXAS, J.; FOLLE, S. & MARCHETTI, D. Construção e funcionamento de biodigestores. Brasília, EMBRAPA/CPAC, 1981. 60p. (Circular Técnica, 4).
- SILVA A.M. da. Manual dos biodigestores Marinha 2 e Marinha 3. s.l.p., Instituto de Pesquisa da Marinha, s.d. 46p.
- WOLVERTON, B.C. & McDONALD, R.C. Energy from aquatic plant wastewater treatment systems. N.A.S.A.S., 1979.
- ZEIKUS, J.G. Biology of methanogenic bacteria. Bacteriology, 41:514,1977.

APÊNDICE

Um dos pontos bastante discutidos pelos técnicos que trabalham com biogás e pelos fazendeiros interessados no seu uso é a pouca divulgação dada pelas firmas dos seus produtos a biogás para venda.

Para tentar minimizar este problema lista-se, abaixo, o endereço e a relação de algumas firmas, cadastradas na UEPAE de Corumbá, que possuem equipamentos para biogás:

- BIOGÁS, Ind. & Com de Biodigestores
(Biodigestor)
BR 365 – km 624,3
Esq. Rua 10 – Roosevelt
Fones: (034) 235.4469 / 235.2370
38.400 – Uberlândia, MG

- BRASINOX – Brasil Inoxidáveis S/A
(digestores inoxidáveis)
Av. Duque de Caxias, 208 – 1º andar – Ribeira
Fone: 222.7122
59.200 – Natal, RN

- CIA GERAL DE INDÚSTRIAS
(Aquecedor contínuo de água – Junker)
Av. Bento Gonçalves, 1503
Fone: 23.1033 – Caixa Postal 618
90.000 – Porto Alegre, RS

- COMÉRCIO DE FERRAGENS IMPERIAL LTDA
(Biodigestores; Equipamentos para biogás e biofertilizante)
Rua Moncorvo Filho, 66-A
Fones: 224.8234 e 224.5758
20.211 – Rio de Janeiro , RJ

- CONSUL S/A
(refrigerador a absorção para biogás)
Caixa Postal 267
Fone: 22.0044
89.200 – Joinville, SC

- ENGEFRIL
(resfriador de leite)
Caixa Postal 1970 – Fone: 641.1900
30.000 – Belo Horizonte, MG

- FUNDIÇÃO L. RODRIGUES S/A
(campânula para biodigestores)
Av. Rio Branco, 1164 – Fone: 321.3552
58.100 – Campina Grande, PB

- FIBERFAB IND. & COM. DE PLÁSTICOS LTDA
(digestor, engarrafamento de biogás, projetos industriais)
Rua Mercedes Seiler Rocha, 300
Caixa Postal 2537 – Fone: (041) 262.7078
80.000 – Curitiba, PR

- HIDRÁULICA INDUSTRIAL S/A
(digestores, equipamentos e projetos industriais)
Rua Luiz Specht, 75 – Caixa Postal 155
Fone: 22.0044
89.600 – Joaçaba, SC

- INSTITUTO DE PESQUISA DA MARINHA
(digestores)
Ilha do Governador
Rua Ipiru – Jardim Guanabara
Fone: 396.2040
20.000 – Rio de Janeiro, RJ

- IBESA – Indústria Brasileira de Embalagens S/A
(Freezer)
Fone: (0163) 71.1222
13.560 – São Carlos, SP

- MACRO – ENERGÉTICA S/A
(digestor e gasômetro)
Rua da Aurora, 295 s/1410
Fone: 222.3284
50.000 – Recife, PE

- METALÚRGICA JACKWALL LTDA
(adaptador de geladeira, lampiões, campânulas e fogões a biogás)
Caixa Postal 173
Fone: (0512) 88.1422 e 88.1353
94.000 – Gravataí, RS

- M. AGOSTINI COM. IND. S/A
(camisas e fábrica de vidros p/lampiões)
Av. Automóvel Club, 989 – Inhaúma
Fone: 253.6992
20.000 – Rio de Janeiro, RJ

- METAL METALÚRGICA
(construção de biodigestores)
Rua Mato Grosso, s/nº
78.300 – Barra do /Garças, MT

- MECÂNICA ICRAD LTDA
(campânula para biodigestor)
Rua B-1 s/nº - Distrito Industrial
Fone: 322.1171
58.100 – Campina Grande, PB

- METALÚRGICA PENELUPPI LTDA
(fábrica de lampião-cobrinha)
Rua Toledo Barbosa, 656
01.000- São Paulo, SP

- ONAM MONTGOMERY DO BRASIL S/A
(motor adaptado a biogás)
Av. Pe. Wilson, 4589
Telex (011) 23.668
Fone: 273.6647
01.000-São Paulo, SP

- CIA. PENHA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS
(Biodigestores)
Av. Brasil, 1724
Caixa Postal 477
14.100 – Ribeirão Preto, SP

- PROJETO – Indústria de Bio-Energia Ltda
Caixa Postal 110
87.300 – Araucária, PR

- YANES – METAL YANES S/A IND. & COM.
(equipamentos diversos)
Mtº. J. Capocchi – Caixa Postal 30915
Fone: (011) 247.8924
04.796 – São Paulo, SP