

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO
CAPRINO**

HUMBERTO SOARES MENEZES

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

HUMBERTO SOARES MENEZES

GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO CAPRINO

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para obtenção do título de especialização.

Orientador Prof. Vitor Hugo Teixeira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

HUMBERTO SOARES MENEZES

GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO CAPRINO

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para obtenção do título de especialização.

APROVADA em ____ de _____ de _____

Prof. _____

Prof. _____

Prof. Vitor Hugo Teixeira

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2008

Dedicatória

A minha mãe, Francisca Soares Menezes, um exemplo de caridade, servidão e amor incondicional aos filhos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do Biogás..... 13

Tabela 2 - Regime de produção, consumo e armazenamento de biogás..... 17

RESUMO

O mundo todo necessita cada vez mais de energia. No entanto, o atual modelo energético baseado na energia fóssil não renovável encontra-se ultrapassado. É urgente a descoberta de novas formas de energia limpa e renovável de forma a diminuir a dependência do petróleo e, com isso, amenizar a poluição causada pelo seu uso. No Brasil, com a retomada do crescimento econômico, a necessidade de energia assumiu contornos dramáticos. Portanto, todos os meios que se possam utilizar para diminuir o uso das fontes energéticas convencionais serão bem-vindos. O Nordeste do Brasil concentra quase a totalidade do rebanho nacional de caprinos, o que gera uma enorme quantidade de esterco, ao qual é dado pouco ou nenhum valor comercial. Na maior parte das propriedades rurais, esta biomassa é manejada de forma errada, amontoada ao ar livre, na proximidade de apriscos e residências, sendo, portanto, fonte de doenças para pessoas e animais. A construção de biodigestores no meio rural para aproveitamento desta matéria orgânica é uma boa opção para a exclusão energética no campo; pois, ao invés de poluir o meio ambiente, seria uma fonte energética e de biofertilizante para ser utilizado em hortas, pomares, capineiras e campos das mais diversas culturas, com isso melhorar a da produtividade agrícola. O presente trabalho visa à elaboração de um projeto de biodigestor modelo indiano em alvenaria, com capacidade para produzir 11,95 m³ de biogás por dia. A matéria orgânica utilizada será o esterco de 400 caprinos confinados à noite no aprisco, com a coleta sendo feita todos os dias pela manhã. O biogás gerado será utilizado para fazer funcionar quatro lâmpadas durante cinco horas por dia, uma geladeira de duzentos e quarenta litros funcionando vinte e quatro horas por dia, um fogão para quatro pessoas e um motor de cinco HP funcionando três horas por dia. Com a queima do gás metano, o trabalhador rural alcançaria sua independência energética, ao tempo em que teria enormes ganhos ambientais e econômicos, com a geração de uma energia limpa, alternativa e renovável.

Palavras-chave: Biogás. Biofertilizante. Biodigestor.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	4
RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS.....	9
3 REVISÃO DE LITERATURA	10
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
6 CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

O grande debate hoje no mundo é o crescimento sustentável. Não se admite mais crescimento a qualquer custo, muito menos desenvolvimento a custo de degradação ambiental. O modelo adotado pelos países do primeiro mundo para alcançarem o patamar em que hoje se encontram não é mais admitido por uma sociedade cada vez mais consciente dos graves problemas ambientais por que passa nosso planeta. No entanto, somente para manter o atual estágio de desenvolvimento e, mais ainda, para almejar algum crescimento, o mundo e especialmente o Brasil necessitam de energia, seja ela convencional ou alternativa. Portanto, a mudança do atual modelo energético baseado na energia fóssil, não renovável e poluente, por outro alternativo, limpo e renovável, é cada vez mais urgente.

A escassez de energia no meio rural brasileiro, notadamente no interior do Nordeste, é um grave problema a ser superado para o bem estar e fixação do homem no campo. A falta de energia ou energia de má qualidade traz muitos transtornos ao trabalho rural, pois dificulta ou torna inviável a iluminação, lazer e o mais importante, o acesso à água, um recurso natural extremamente valioso e indispensável ao homem sertanejo e a todo ser vivo.

Segurando dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o Nordeste brasileiro destaca-se pela grande produção de caprinos. Quase a totalidade do rebanho nacional encontra-se na região, principalmente nos estados da Bahia, Piauí e Pernambuco. A escassez de energia no meio rural brasileiro, notadamente no interior do Nordeste, é um grave problema a ser superado para o bem-estar e fixação do homem no campo. Ao mesmo tempo, há um grande desperdício de biomassa abundante em todo o Nordeste brasileiro, representada pelos dejetos de ovinos e caprinos, criados em todas as pequenas, médias e grandes propriedades nordestinas. Este material poderia ser amplamente aproveitado para geração de biogás e biofertilizante, através do processo de digestão anaeróbia em biodigestores. O biogás tem no gás metano o seu principal componente, o qual poderia ser utilizado para substituir os combustíveis derivados do petróleo, como diesel, gasolina e gás liquefeito de petróleo (GLP), para movimentar motores, motos-geradores de eletricidade, lâmpadas e fogões. Já o biofertilizante proporciona aumento na produção agrícola pela recuperação de solos pobres e degradados. Outro grande benefício do aproveitamento do esterco é a melhoria das condições sanitárias do rebanho e das pessoas, pois as fezes são recolhidas diariamente do aprisco o que evita o acúmulo em esterqueiras e a possível contaminação do lençol freático e proliferação de insetos.

O presente trabalho visa à elaboração de um projeto de biodigestor modelo indiano em alvenaria, com capacidade para produzir 11,95 m³ de biogás por dia, para fazer funcionar quatro lâmpadas durante cinco horas por dia, uma geladeira de duzentos e quarenta litros vinte e quatro horas por dia, um fogão para quatro pessoas e um motor de cinco HP funcionando três horas por dia. A

matéria orgânica utilizada será o esterco de 400 caprinos recolhidos à noite ao aprisco, com a coleta do esterco sendo feita todos os dias pela manhã.

Com isso, tem-se a mudança de um sistema energético poluente, dependente e não renovável, por outro renovável, limpo e alternativo, propiciando ganhos ambientais e econômicos para o trabalhador rural.

A escolha por tal tema justifica-se pela necessidade de dar uma alternativa energética, limpa e renovável, ao homem do campo, de forma a melhorar as condições ambientais e sanitárias de sua propriedade. O uso de dejetos caprinos para geração de biogás é um assunto ainda pouco estudado, sendo este trabalho uma forma de acrescentar mais alguns pontos na escassa literatura a respeito.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho tem por objetivo propiciar uma nova e alternativa fonte energética ao homem do campo, através da digestão anaeróbia de dejetos caprinos por meio do uso de biodigestores. O biogás gerado no processo de biodigestão poderá ser utilizado para diminuir a dependência de fontes externas de energia, com custo reduzido e fácil manejo, utilizando biomassa existente em abundância na propriedade.

2.2 Específico

O projeto aqui apresentado visa à elaboração de um biodigestor modelo indiano em alvenaria, com capacidade para produzir 11,95 m³ de biogás por dia, para fazer funcionar quatro lâmpões durante cinco horas por dia, uma geladeira de duzentos e quarenta litros vinte e quatro horas por dia, um fogão para quatro pessoas e um motor de cinco HP funcionando três horas por dia. A matéria orgânica utilizada será o esterco de 400 caprinos recolhidos à noite ao aprisco, com a coleta sendo feita todos os dias pela manhã.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Processos de fermentação

A digestão anaeróbia da biomassa é um processo biológico e se processa em três fases distintas.

Na primeira fase, as substâncias complexas são quebradas em substâncias mais simples por bactérias fermentativas comuns que possuem capacidade para decompor gorduras, carboidratos e proteínas. A reação característica desta fase é a transformação de matéria orgânica insolúvel em matéria orgânica solúvel, razão pela qual é chamada também de fase de liquefação.

Na segunda fase, chamada de ácida, as substâncias formadas na primeira fase são atacadas por bactérias acetogênicas e acidogênicas, formando ácidos orgânicos. Por isso é chamada de ácida esta segunda fase.

A terceira etapa, chamada de gasosa ou gaseificação, caracteriza-se pela formação do biogás propriamente dito, constituído em sua maioria por metano e dióxido de carbono, pela ação das bactérias metanogênicas sobre os ácidos orgânicos formados na fase anterior. Outros gases também são formados nesta fase, mas em concentrações mínimas, como nitrogênio, hidrogênio e gás sulfídrico. Com relação a este último, deve-se ter atenção especial pelo seu alto poder corrosivo, mesmo em pequenas proporções.

Dentre as três fases, a metanogênica é a mais sensível. Daí a importância que se deve dar aos fatores que influenciam a geração de biogás, como a temperatura da biomassa, teor de matéria seca, concentração de nutrientes, tempo de retenção, concentração de sólidos voláteis, relação carbono /nitrogênio e presença de substâncias tóxicas. Outro fator importante para acelerar a fermentação e aumentar a produção de biogás é a pré-fermentação da matéria orgânica antes de ser colocada no biodigestor, principalmente para materiais fibrosos, como folhas, palhas e capins.

3.2 Biodigestores

Biodigestor é um aparelho no qual as bactérias metanogênicas fazem a digestão anaeróbica das mais diferentes biomassas. É constituído por um tanque digestor, onde se coloca a matéria orgânica e sobre este a campânula ou gasômetro, onde fica armazenado o biogás. Ele não produz o biogás, somente cria condições favoráveis para que as bactérias realizem o processo; ao término do qual é gerado gás e fertilizante de alta qualidade.

Existem dois tipos de biodigestores, os contínuos e os intermitentes. O primeiro, apropriado para a maioria das biomassas, recebe cargas diárias de matéria orgânica e descarrega volume semelhante, já fermentado, através de um sistema de vasos comunicantes. O intermitente ou em batelada, mais indicado para materiais orgânicos de decomposição lenta e longa período de produção de biogás, recebe a carga total até se completar todo o processo de biodigestão; quando, então, é descarregado e abastecido novamente.

Os biodigestores de sistema contínuos mais conhecidos são os modelos chinês e indiano. O modelo chinês é mais rústico e construído totalmente em alvenaria, dispensando o uso do gasômetro e, com isso, reduzindo o seu custo.

O modelo indiano é o mais conhecido e difundido, devido a sua funcionalidade e facilidade de construção. É indicado para materiais homogêneos, como esterco. Diferentes tipos de materiais devem ser triturados e misturados em seguida. Constitui-se de um tanque digestor com uma parede central que o divide em duas câmaras cuja função é disciplinar a entrada e saída de biomassa e a campânula, parte móvel ou flutuante, onde é armazenado o metano e que proporciona um bom controle de pressão de saída do biogás, dispensando constantes regulagens nos aparelhos, o que não acontece com o modelo chinês. A pressão do gás é regulada pelo peso da campânula que pode ser controlado pela adição de lastros, como pedras ou sacos de areia. Aumentando-se o peso sobre o gasômetro, aumenta-se a pressão de saída do biogás. Geralmente confeccionada em ferro, a campânula é responsável pela maior parte do custo de construção do biodigestor modelo indiano, o que é um obstáculo para sua aceitação pelos produtores rurais. Para diminuir este custo alguns fabricantes adotaram outros materiais na fabricação da campânula, como fibra de vidro e mantas de PVC. Outra vantagem do modelo indiano é que ele é construído enterrado no solo, o que proporciona um bom controle de temperatura no interior da câmara de fermentação, favorecendo a produção de biogás pelo controle das oscilações de temperatura entre o dia e a noite.

No Brasil, o modelo mais preferido é o indiano, seja pela facilidade de execução e operação, seja pela possibilidade de participação da iniciativa privada na fabricação dos mais diferentes tipos de modelos em PVC, fibra e plástico.

3.3 Biofertilizante

A matéria orgânica, após passar pelo biodigestor e gerar o biogás, produz o biofertilizante, um subproduto tão nobre quanto o metano, a ponto de alguns agricultores acondicionarem a biomassa em tambores de duzentos ou cinquenta litros, somente para aproveitamento do adubo, desprezando o biogás.

O biofertilizante, pelo elevado teor de húmus, tem grande poder de recuperação de solos degradados, seja pelo uso intensivo de máquinas ou pelo uso em excesso de adubos industrializados, uma vez que o biofertilizante melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo.

O biofertilizante tem grande poder de fixação, o que evita a solubilidade excessiva e lixiviação dos sais, com poder de fixação maior do que as argilas. Isso o torna, portanto, ideal para ser utilizado em solos arenosos.

Para solos mais argilosos, melhora suas qualidades físicas, tornando-os mais porosos e leves, facilitando a penetração das raízes no solo, o que melhora a captação de água, fazendo com que a planta suporte melhor longos períodos de estiagem.

Os resíduos orgânicos, após passarem pelo processo de digestão anaeróbica, não perdem suas qualidades como fertilizantes; pelo contrário, aumentam seus teores disponíveis e assimiláveis pelas plantas.

A elevação do teor de nutrientes aumenta com a redução do teor de carbono, à medida que ocorre a formação de metano e dióxido de carbono.

Outra grande vantagem do biofertilizante é que não existe a possibilidade de queimar as plantas; pois, quando este sai do biodigestor, encontra-se mineralizado, enquanto que as sementes de ervas daninhas ficam inativas ao final do processo.

Apesar de todas estas vantagens, o biofertilizante não pode ser aplicado aleatoriamente; pois pode acarretar desequilíbrios no solo, provocando problemas de assimilação de alguns elementos por causa do excesso de outros. Outro problema gerado pelo uso inadequado do adubo pode ser a contaminação do lençol freático.

Um ponto que não pode deixar de ser mencionado é o saneamento da propriedade rural; pois, ao passar pelo biodigestor, a biomassa fica totalmente curada, sem cheiro, não cria moscas e outros insetos, promove uma redução significativa de organismos patogênicos para homens e animais, o que deixa o manuseio do biofertilizante muito mais seguro.

Além de todas estas vantagens, o biofertilizante ainda pode ser utilizado como ração para peixes e, depois de desidratado, pode ser utilizado como volumoso para outros animais.

3.4 O Biogás

As fontes energéticas existentes no campo, atualmente, ainda são muito escassas, caras e poluidoras. Para movimentação de motores em geral, usa-se principalmente o óleo diesel, para cocção o GLP (gás de cozinha), lenha ou carvão vegetal. O gás derivado de petróleo é caro e difícil de ser encontrado no interior. Já a lenha e o carvão estão bastante disponíveis no meio rural; no entanto, a lenha é um recurso que deve ser preservado ao máximo e, além disso, produzem muita fumaça quando

queimados, o que acarreta graves problemas respiratórios para mulheres e crianças que passam mais tempo na cozinha. Uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental é o biogás.

O biogás, conhecido também por metano e gobar gás, entre outros, resulta da fermentação anaeróbia das mais diferentes formas de matéria orgânica, chamadas de biomassas, tais como dejetos de animais, resíduos vegetais e de lixo residencial e industrial.

A composição do biogás varia de acordo com a biomassa empregada; porém, sua composição básica é a seguinte:

Tabela1: Composição do Biogás

Metano (CH ₄)	60 a 70%
Gás Carbônico (CO ₂)	30 a 40%
Nitrogênio (N)	Traços
Hidrogênio (H)	Traços
Gás sulfídrico (H ₂ S)	Traços

FONTE: Sganzerla 1983

O metano e o gás carbônico são os principais gases gerados na fermentação, sendo o metano o combustível por excelência, incolor sem cheiro, que, quando queimado, produz uma chama azul, com traços vermelhos e com um mínimo de poluição. O gás sulfídrico, mesmo em pequena quantidade, é o responsável pelo cheiro de ovo podre do biogás e pela corrosão dos componentes do sistema, sendo, por isso, indicado a instalação de filtros para diminuir a corrosão nos aparelhos que usam o metano.

Com relação ao uso do biogás, o ponto a ser observado é o encanamento. Podem-se utilizar canos galvanizados, tubos de PVC rígidos, mangueiras de polietileno. O mais econômico destes é a mangueira de polietileno; no entanto, a mais prática é a mangueira transparente de PVC, que permite a visualização da água condensada, favorecendo o seu controle.

O biogás pode ser utilizado diretamente nos aparelhos que funcionam com GLP, sendo necessária somente uma abertura maior nos injetores, por causa da baixa pressão de funcionamento do biogás, no caso de fogões, queimadores de geladeiras e lampiões. Já no caso de motores, qualquer mecânico experiente é capaz de fazer esta adaptação, sendo recomendável, no entanto, a utilização de aparelhos e motores específicos para biogás.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto constitui-se de um biodigestor modelo indiano em alvenaria, com capacidade para produzir 11,95 m³ de biogás por dia.

A matéria orgânica utilizada será o esterco de 400 caprinos recolhidos à noite ao aprisco, com a coleta sendo feita todos os dias pela manhã. Adicionar água obedecendo à proporção de 400L de água para cada 100 kg de esterco. Como os dejetos caprinos têm alto teor de matéria seca, é aconselhável um pré-tratamento com imersão em água por 24h.

Um caprino, nestas condições, produz aproximadamente 0,50kg de esterco.

Como são 400 cabeças teremos: $400 \times 0,50 = 200$ kg, como 100 kg de esterco produz 6,1m³ de biogás, tem-se a produção de 12m³ de biogás por dia.

$$\text{Lampiãoes} = 0,08\text{m}^3/\text{h} \times \text{quatro lamp.} \times 5\text{h}/\text{dia} = 1,60\text{m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Geladeira} = 0,008\text{m}^3/\text{l}/\text{dia} \times 240\text{l} = 1,92\text{m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Fogão} = 0,42\text{m}^3/\text{pessoa}/\text{dia} \times \text{quatro pessoas} = 1,68\text{m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Motor} = 0,45\text{m}^3/\text{HP}/\text{hora} \times 5\text{HP} \times 3\text{h} = 6,75\text{m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Total} = 11,95\text{m}^3/\text{dia}$$

4.1 Cálculo do volume útil do biodigestor(V)

$$V = K \times B$$

Onde:

K = Fator de rendimento para estrume caprino

B = Volume de biogás necessário/dia

Adotando-se $K = 2$, teremos:

$$V = 2 \times 11,95 = 23,90\text{m}^3$$

$$V = 23,90\text{m}^3$$

4.2 Cálculo do diâmetro interno (Di) e altura(H) do biodigestor.

Por tentativa, obedecendo à seguinte relação, teremos:

$$0,6 \leq D_i/H \leq 1,00, \text{ fazendo } D_i = 3,20 \text{ e } H = 3,30$$

$$D_i/H = 3,20/3,30 = 0,97$$

4.3 Verificação se V_b , relação D_i/H , altura(H) e o volume útil atendem às condições.

$$a) V = \frac{\pi(D_i)^2 \times H}{4} \geq 1,1 V$$

$$V_b = \frac{3,14 (3,20)^2 \cdot 3,30}{4} \geq 1,1 \times 23,90$$

$$V_b = 26,52 \geq 26,29 \text{ (Atende à condição)}$$

$$V_b = 26,52$$

b) Relação D_i/H

$$0,6 \leq D_i/H \leq 1$$

$$0,6 \leq 3,20/3,30 \leq 1$$

$$0,6 \leq 0,97 \leq 1 \text{ (atende à condição)}$$

c) Altura(H)

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

$$3,0 \leq 3,30 \leq 6,0 \text{ (atende à condição)}$$

d) Volume útil (B)

$$2,0 \leq B \leq 25\text{m}^3$$

$$2,0 \leq 12 \leq 25\text{m}^3 \text{ (atende à condição)}$$

Como todas as condições foram atendidas, vamos continuar os cálculos com os dados acima mencionados.

4.4 Cálculo do diâmetro interno do gasômetro (D_g) e das alturas h_1 e h_2 do gasômetro.

Quadro de regime de produção, consumo e armazenamento do biogás.

a) Volumes consumidos (M1), nos períodos de 5h às 7h; 7h às 13h; 13h às 17h; 17h às 18h; 18h à 21h; 21h às 5h.

$$M1(5-7) = 1/3 \text{ fogão} + 3 \text{ lâmpões} + 2/4 \text{ geladeira}$$

$$M1 = (1,68 \div 3) + 3 \times 0,08 \times 2 + (2 \div 24) \times 1,92$$

$$M1 = 1,36 \text{m}^3$$

$$M2(7-13) = 1/3 \text{ fogão} + 6/24 \text{ geladeira}$$

$$M2 = (1,68 \div 3) + (6 \div 24) \times 1,92$$

$$M2 = 1,04 \text{m}^3$$

$$M3(13-17) = 4/24 \text{ gel.}$$

$$M3 = 4/24 \times 1,92$$

$$M3 = 0,38 \text{m}^3$$

$$M4(17-18) = 1/24 \text{ gel.} + 1/3 \text{ fogão}$$

$$M4 = 1/24 \times 1,92 + 1/3 \times 1,68$$

$$M4 = 0,63 \text{m}^3$$

$$M5(18-21) = \text{motor} + 3/24 \text{ gel.} + 4 \text{ lamp.}$$

$$M5 = 0,45 \times 5 \times 3 + 3/24 \times 1,92 + 4 \times 0,08 \times 3$$

$$M5 = 7,95 \text{m}^3$$

$$M6(21-05) = 8/24 \text{ gel.}$$

$$M6 = 8/24 \times 1,92$$

$$M6 = 0,64 \text{m}^3$$

b) Volume produzido (N1 a N6)

$$N1(05-07) = (12/24) \times 2 = 1,0 \text{m}^3$$

$$N2(07-13) = (12/24) \times 6 = 3,0 \text{m}^3$$

$$N3(13-17) = (12/24) \times 4 = 2,0 \text{m}^3$$

$$N4(17-18) = (12/24) \times 1 = 0,5 \text{m}^3$$

$$N5(18-21) = (12/24) \times 3 = 1,5 \text{m}^3$$

$$N6(21-05) = (12/24) \times 8 = 4,0 \text{m}^3$$

Tabela 2: Regime de produção, consumo e armazenamento de biogás

Horário (Horas)	Período (Horas)	Volume Armazenado(m ³)	Volume Prod.(m ³)	Volume Cons.(m ³)	Sobra(m ³)
05-07	02	3,36	1,00	1,36	3,00
07-13	06	3,00	3,00	1,04	4,96
13-17	04	4,96	2,00	0,38	6,58
17-18	01	6,58*	0,50	0,63	6,45
18-21	03	6,45	1,50	7,95	0,00
21-05	08	0,00	4,00	0,64	3,36
Total	24		12,00	12,00	

De acordo com a tabela acima, o valor do volume do gasômetro será de 6,58m³, que corresponde ao maior valor armazenado.

c) Cálculo do diâmetro do gasômetro (Dg)

$$Dg = Di + 0,10m$$

$$Dg = 3,20 + 0,10$$

$$Dg = 3,30m$$

d) Cálculo da altura h2

$$h2 = \frac{4 \times 6,58}{3,14 \times (3,30)^2} = \frac{26,32}{34,19} = 0,77m$$

$$h2 = 0,77m$$

e) Cálculo de h1

h1 = 0,20m, porque a pressão de funcionamento do biodigestor será de 20cm de coluna d'água.

4.5 Verificação do volume útil do biodigestor

• Cálculo do volume da parede divisória:

$$V_p = h \times D_i \times \text{espessura da parede}(0,24\text{m})$$

Verificar se $h \geq 2/3H$

$$h = H - h_2$$

$$h = 3,30 - 0,77$$

$$h = 2,53\text{m}$$

$$h \geq 2/3H ; 2,53 \geq 2/3 \times 3,30$$

$$2,53 \geq 2,20$$

Como h é maior que $2/3H$, esta medida atende ao objetivo.

• Cálculo de V_p .

$$V_p = h \times D_i \times \text{espessura da parede} = 2,53 \times 3,20 \times 0,24 = 1,94\text{m}^3$$

$$V_p = 1,94\text{m}^3$$

O volume útil do biodigestor será:

$$V_r = V_b - V_p$$

$$V_r = 26,52 - 1,94$$

$$V_r = 24,58\text{m}^3$$

Como este valor é maior que $V = 23,90\text{m}^3$, é aceitável.

4.6 Cálculo do peso do gasômetro necessário para atingir a pressão desejada de 0,20m de coluna d'água.

$$P_g = \frac{\pi \cdot p \cdot D_g^2}{4}$$

$$P_g = \frac{3,14 \cdot 0,02 \cdot 3,30^2}{4}$$

$$P_g = 1.709,73 \text{ Kgf}$$

4.7 Cálculo da espessura da chapa para proporcionar um peso que corresponda a uma pressão de 0,020kgf/cm².

A espessura da chapa recomendada é de 1,5 a 2,0mm, pelo menor custo e facilidade de manuseio e soldagem. Mesmo com a utilização desta chapa, não será atingida a pressão desejada de 0,20cm de coluna d'água, sendo necessária a utilização de lastros sobre o gasômetro.

4.8 Cálculo do volume e das dimensões da caixa de carga.

a) Volume da caixa de carga (V_c)

$$V_c = V_r \div 50 \text{ dias}$$

$$V_c = 24,58 \div 50$$

$$V_c = 0,49 \text{ m}^3$$

b) Cálculo das dimensões da caixa de carga

Para facilitar a homogeneização do material com a água, deve-se construí-la com dimensões menores ou iguais a 0,80m de base. Por isso, devemos dividir o volume por três.

$$V_c = 1,28 \div 3 ; V_c = 0,16\text{m}^3$$

$A_c = V_c/h_c$, sendo h_c altura da caixa igual a 0,50m.

$$A_c = 0,16/0,50$$

$$A_c = 0,32\text{m}$$

$$\text{Comprimento } C_c = \sqrt{0,32}$$

$$C_c = 0,57\text{m}$$

$$\text{Largura}(L_c) = 0,57\text{m}$$

4.9 Cálculo do diâmetro externo do biodigestor (D_e)

$$D_e = D_i + 2 \times \text{espessura da parede}$$

$$D_e = 3,20 + (2 \times 0,24)$$

$$D_e = 3,68\text{m}$$

4.10 Cálculo do diâmetro da base (sapata) de sustentação do biodigestor (D_b)

$$D_b = D_e + 0,20$$

$$D_b = 3,68 + 0,20$$

$$D_b = 3,88\text{m}$$

4.11 Cálculo da resistência mínima do terreno necessária para sustentar a carga do biodigestor (σ).

- Peso do gasômetro (P_g)
- Peso da parede do biodigestor (P_p)

$P_p = \text{Volume das paredes (V}_p) \times \text{Peso próprio}$

Mas:

$$V_p = (\text{perímetro} \times h \times 0,24) + (D_i \times h \times 0,24) + (\text{perímetro} \times h_1 + h_2) \times 0,24$$

$$V_p = 6,10 + 1,94 + 2,48$$

$$V_p = 10,52\text{m}^3$$

$$P_p = 10,52 \times 1800\text{Kg/m}^3$$

$$P_p = 18.936 \text{ kg}$$

- Peso da sapata (Base)

$P_b = \text{Volume da base} \times \text{peso próprio}$

$$P_b = 3,14 \times 3,88^2 \times \text{espessura}(0,15) \times 2400\text{kg/m}^3$$

$$P_b = 4.254,37 \text{ kg}$$

- Cálculo da resistência mínima do terreno

$$\sigma = \frac{P_g + P_p + P_b + \text{Peso substrato}}{\text{Área da base}}$$

Área da base

$$= \frac{1.709,73 + 18.936 + 4.254,37 + 23.900}{11,82}$$

11,82

$$\sigma = 4.128,60\text{kg/m}^2 \text{ ou } 0,4128\text{kgf/cm}^2$$

4.12 Relação de todas as dimensões calculadas (medidas) para o biodigestor modelo indiano.

$$D_i = 3,20\text{m}$$

$$H = 3,30\text{m}$$

$$D_g = 3,30\text{m}$$

$$h_1 = 0,20\text{m}$$

$$h_2 = 0,77\text{m}$$

$$D_s = 3,40\text{m}$$

$$P_g = 1.709,73\text{Kgf}$$

$$a = 0,50\text{m}$$

$$b = 0,20\text{m}$$

$$e = 0,30\text{m}$$

$$V_c = 0,16\text{m}^3$$

$$h_c = 0,50\text{m}$$

$$C_c = 0,57\text{m}$$

$$L_c = 0,57\text{m}$$

$$D_e = 3,68\text{m}$$

$$D_b = 3,88\text{m}$$

$$\sigma = 0,4128\text{Kg/cm}^2$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com o meio ambiente e melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural passa pelo aproveitamento racional de todos os recursos naturais à disposição. Uma boa forma de atingir este objetivo é pelo aproveitamento dos dejetos caprinos, material abundante e barato, mas desprezados economicamente em todo o Nordeste brasileiro; ao tempo em que são fontes de doenças para pessoas e animais da forma como são manejados atualmente.

A construção e operação de biodigestores no meio rural são extremamente viáveis, sejam biodigestores em alvenaria ou outros mais baratos, como os construídos em ferrocimento com campânula de fibra de vidro, ou os industrializados construídos em PVC. O funcionamento de biodigestores pode beneficiar a comunidade econômica, social e ambientalmente, seja através de uma fonte energética limpa e renovável, seja pela geração do biofertilizante, um subproduto tão nobre como o biogás. O biofertilizante pode ser usado para adubar lavouras, pomares, capineiras e hortas, contribuindo em muito para a segurança alimentar da comunidade. Por seu lado, a queima do gás metano traz enormes ganhos ambientais, pois o mesmo é 23 vezes mais poluente que o tão propalado dióxido de carbono (CO_2), considerado o vilão número um do aquecimento global. Se realizado em uma escala maior, o aproveitamento do metano poderia incluir o nordeste no mercado de créditos de carbono, a exemplo do que já é feito com sucesso pelos suinocultores de Santa Catarina. Mesmo biodigestores menores com produção de biogás suficiente apenas para funcionar um motor acoplado a um gerador de eletricidade, capaz de fazer funcionar uma bomba d'água, representaria um enorme salto tecnológico para uma região ainda tão pobre e carente de tecnologias capazes de tornar viável a permanência do homem no semi-árido nordestino.

CONCLUSÕES

A atual escalada de aumento dos preços do petróleo, com o barril aproximando-se rapidamente dos duzentos dólares, sem a intenção aqui de discutir os reais motivos desta alta (pura especulação ou aumento de consumo), torna evidente que o tempo do petróleo barato acabou. Com isso, o uso de fontes alternativas torna-se cada vez mais viável, seja do ponto de vista ambiental como do ponto de vista econômico.

A construção de biodigestores no meio rural, notadamente no interior do Nordeste brasileiro com o aproveitamento do esterco caprino como biomassa, torna-se uma alternativa atraente para a geração de energia e exclusão energética do homem do campo, transformando a propriedade rural numa fonte produtora não somente de alimentos, mas também de energia. Se antes já se justificava do ponto de vista ambiental, agora também a utilização de energia através do biodigestor é compensadora do ponto de vista econômico. Isso ocorre uma vez que em pouco tempo o capital investido na construção do biodigestor seria revertido em ganhos ambientais e econômicos para o produtor, tanto pelo uso de uma fonte de energia renovável, como pelo ganho financeiro com a diminuição do uso de adubos industrializados; já que o biofertilizante é mais eficiente do ponto de vista agrônomo, pois melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. São evidentes também os ganhos em saúde, tanto de pessoas como de animais, pelo saneamento da propriedade rural, pois o esterco não fica acumulado ao ar livre e, após passar pelo biodigestor, a biomassa fica totalmente curada, sem cheiro e praticamente livre de parasitas.

Portanto, atualmente, a construção e operação de biodigestores no campo torna-se uma alternativa extremamente viável ao uso das fontes fósseis e não renováveis de energia ao tempo em que contribui para diminuir a poluição em nosso planeta tão maltratado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SEIXAS, Jorge; FOLLE, Sérgio; MARCHETTI, Delmar. **Construção e Funcionamento de Biodigestores**. Embrapa. Brasília DF, 1981.

SGANZERLA, Edilio. **Biodigestor: uma solução**. Porto Alegre, Agropecuária, 1983, 88p.

TEIXEIRA, Vitor Hugo. Textos Acadêmicos: Biogás. Lavras, centro de Editoração/FAEPE, 2003.

QUADROS, Danilo Gusmão de; VALLADARES, Renata; REGIS, Ueliton. **Aproveitamento dos Dejetos Caprinos e Ovinos na Geração de Energia Renovável e Preservação do Meio Ambiente**. Universidade do Estado da Bahia – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Produção Animal. Salvador, 2001.