

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS
A PARTIR DE ESTERCO DE BUBALINOS**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU •
Belém, PA.

MINISTRO DA AGRICULTURA

Angelo Amaury Stabile

Presidente da EMBRAPA

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Diretoria Executiva da EMBRAPA

Ágide Gorgatti Netto	— Diretor
José Prazeres Ramalho de Castro	— Diretor
Raymundo Fonsêca Souza	— Diretor

Chefia do CPATU

Cristo Nazaré Barbosa do Nascimento	— Chefe
José Furlan Júnior	— Chefe Adjunto Técnico
José de Brito Lourenço Junior	— Chefe Adjunto Administrativo

EMBRAPA

**A
N
O** **15** 1973
 1983

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO
DE BUBALINOS**

Sérgio de Mello Alves
Célio Francisco Marques de Melo
Kuzhiparamail Prakasan



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU
Belém, PA.

EDITOR: Comitê de Publicações do CPATU

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.º

Caixa Postal, 48

66.000 — Belém, PA

Telex (091) 1210

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO
DE BUBALINOS

Alves, Sérgio de Mello

Produção e utilização de biogás a partir de esterco de bubalinos, por Sérgio de Mello Alves, Célio Francisco Marques de Melo e Kuzhiparamail Prakasan. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1983.

20 p. ilustr. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 46).

1. Biodigestor. 2. Biogás - Produção. 3. Bubalino - Esterco - Utilização. I. Melo, Célio Francisco Marques de II. Prakasan, Kuzhiparamail. III. Título. IV. Série.

CDD : 681.7665

© EMBRAPA - 1983

S U M Á R I O

INTRODUÇÃO	5
MATERIAL E MÉTODOS	6
Planta piloto	6
Início da operação do biodigestor	6
Análise de rotina	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
Composição da matéria-prima	9
Influente do biodigestor	10
Biomassa em fermentação no biodigestor	10
Efluente do biodigestor e produção de biogás	15
Utilização do biogás	15
CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

ALVES, S. de M.; MELO, C.F.M. de & PRAKASAN, K. Produção e utilização de biogás a partir de esterco de bubalinos. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1983. 20p. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 46).

ERRATA & CORRIGENDA

pá	parágrafo	linha	onde se lê	leia-se
1, 2, 5	-	-	Kuzhiparamanil	Kuzhiparambilla
9	primeiro	terceira	diariamente	duas vezes por semana
9	quinto	primeira	foi observada	foram observadas
11	-	segunda e	(Mês)	Período
11	-	terceira	Período	(Mês)
		segunda	D.Q.O.	D.Q.O
12	-	segunda	D.Q.O.	(mg/l)
			D.Q.O.	D.Q.O
			D.Q.O.	(mg/l)
14	outubro	décima primeira	6,7	6,6
15	segundo	segunda	N ₂	H
15	terceiro	quarta	biogás ³	biogás ³
15	quinto	quinta	S.H./m	S.V./m
18	-	quarta	Média Mínima	Mínima Média
18	julho/82	nona	51,7	31,7

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO DE BUBALINOS

**Sérgio de Mello Alves¹, Célio Francisco Marques de Melo¹
e Kuzhiparamail Prakasan²**

INTRODUÇÃO

No Brasil, o interesse pelo biogás é recente. Os programas de pesquisa e divulgação do biogás a nível nacional foram iniciados somente no ano de 1977, embora o uso do biogás fosse do conhecimento de algumas pessoas, inclusive de fazendeiros, há algum tempo.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU e as Centrais Elétricas Brasileiras — ELETROBRÁS firmaram convênio visando o estudo da construção, operação e manutenção de biodigestores na Região Amazônica. Foram instalados dois biodigestores de modelo indiano, um de 220 m³ e outro de 23 m³ de capacidade de fermentação de biomassa. Os dois biodigestores estão em operação desde 1981 e servindo como unidades de pesquisa e desenvolvimento e também, como unidades didático-científicas.

A produção do biogás a partir de esterco bovino é bastante estudada no Brasil e no exterior, mas praticamente nenhuma literatura científica é conhecida sobre a fermentação de esterco de bubalinos.

O rendimento da produção de biogás a partir de esterco de bubalinos, o valor nutritivo do biofertilizante como adubo e o consumo de biogás por vários equipamentos são algumas observações que foram realizadas durante oito meses de operação da planta piloto do biodigestor de 23 m³. Os resultados e problemas de construção, operação e manutenção do biodigestor são apresentados e discutidos neste trabalho.

¹ Quím. Ind., M.Sc. Pesquisador da EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal 48. CEP 66.000. Belém, PA

² Eng^o Agr^o, Ph.D. Consultor do IICA/EMBRAPA/BIRD.

MATERIAL E MÉTODOS

Planta piloto

O biodigestor foi construído em concreto e o gasômetro com chapa de ferro nº 14, protegido com tinta antiferruginosa. O modelo esquemático da planta piloto do biodigestor com capacidade de fermentação de 23 m³ de biomassa é mostrado na Fig. 1. Além das facilidades disponíveis no modelo convencional, esta unidade foi equipada com um agitador mecânico fixado sobre o gasômetro, sendo que os detalhes da construção estão na Fig. 3. O gasômetro foi também equipado com dois tubos para retirar as amostras do líquido em fermentação, conforme se observa na Fig. 2.

A produção de biogás foi determinada diariamente por um medidor de gás modelo MG-6. Os equipamentos a biogás instalados para teste, consistiram de um lampião marca Jackwal; uma geladeira (Cônsul) a gás, adaptada para biogás, utilizando-se um bico-adaptador marca Jackwal; um moto-gerador de 8,25 HP e 2,5 KWA marca Montgomery; um ferro a gás para passar roupa, adaptado para biogás; um fogão com quatro bocas de 10 cm de diâmetro, adaptado para biogás, e um moto-picador marca Montgomery, de 9,0 HP.

Na tubulação do biogás para uso no laboratório foi instalado um filtro (Fig. 4) para eliminar a impureza de ácido sulfídrico (H₂S). Vários "traps" (Fig. 5) foram colocados na tubulação do biogás para eliminação da água condensada, em número suficiente para evitar tal problema.

Início da operação do biodigestor

Após o abastecimento do biodigestor com água de poço (sem tratamento químico) colocou-se o gasômetro em seu lugar. A saída de gás foi fechada e o gasômetro ficou flutuando na água durante dois dias sem baixar de nível. Nesta operação, o sistema de armazenamento do biogás foi testado contra qualquer possível vazamento.

Uma carga diária de 767 kg, constituída de 500 kg de esterco fresco de bubalinos misturados com 267 l d'água, foi colocada como matéria-prima para fermentação. O sistema de biodigestor para 23 m³ de capacidade de fermentação atingiu o equilíbrio com 30 dias de

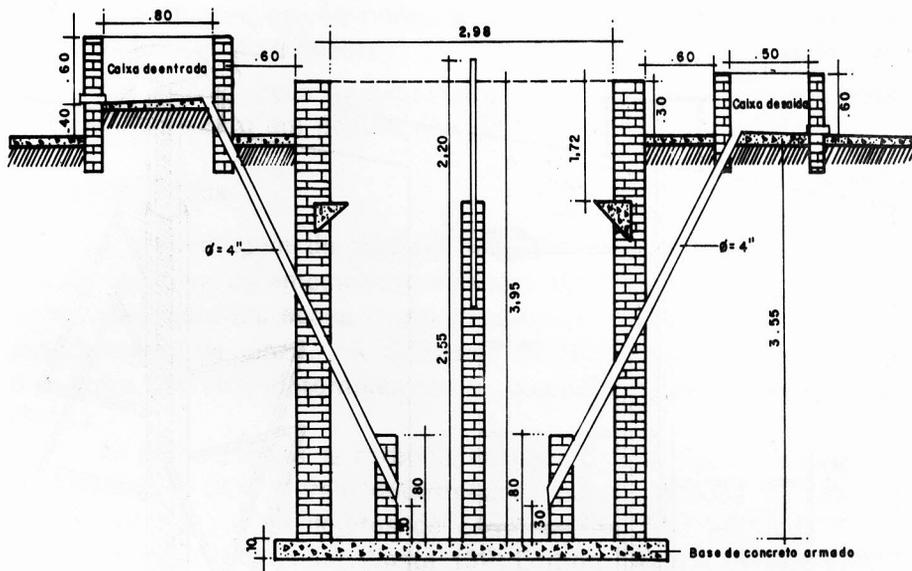


FIG. 1. Biodigestor de 23m^3 de capacidade de fermentação, modelo indiano

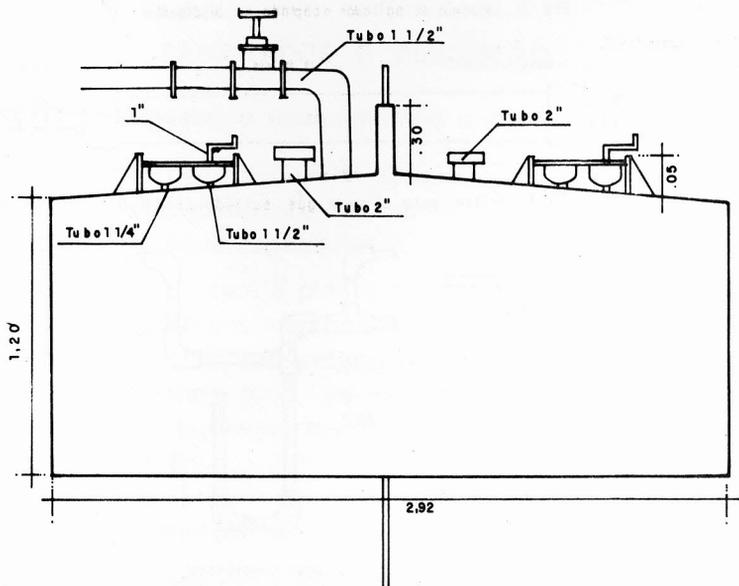


FIG. 2. Gasômetro

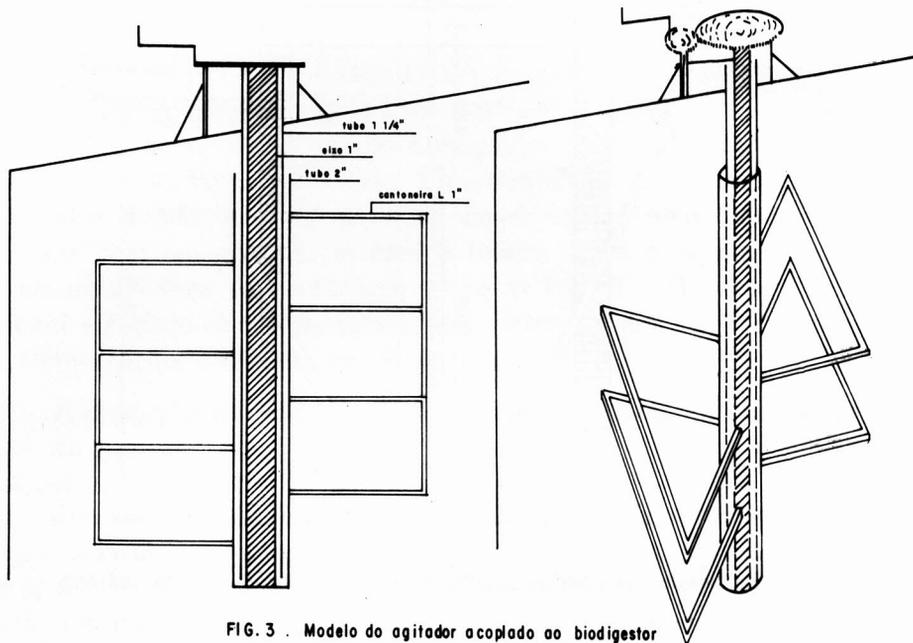


FIG. 3 . Modelo do agitador acoplado ao biodigestor

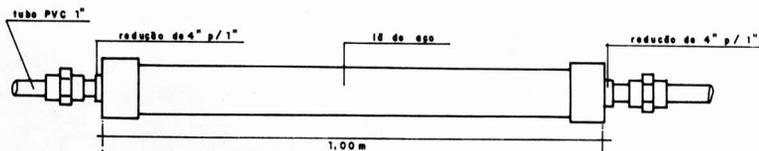


FIG. 4 . Filtro para eliminar gás sulfídrico (H_2S)

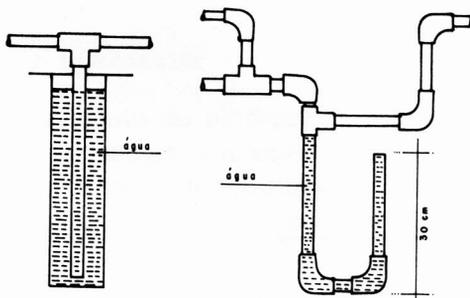


FIG. 5 . Traps para eliminar água condensada

duração de tempo da retenção hidráulica. Amostras de matéria-prima, influente, biomassa em fermentação dentro do biodigestor e efluente foram analisadas diariamente.

Não houve adição de inoculantes, uma vez que o esterco fresco de bubalinos é rico em populações de bactérias metanogênicas.

Análise de rotina

A percentagem de matéria seca (M.S.), foi determinada através da secagem da amostra em estufa a 105°C, até atingir peso constante. As matérias secas foram incineradas a 600°C, em mufla, para determinação da cinza. A diferença de peso entre a matéria seca e a cinza permitiu determinar-se a quantidade de sólidos voláteis (S.V.).

As percentagens de carbono, nitrogênio, P₂O₅, K₂O, ácidos voláteis, alcalinidade e DQO, foram determinadas pelos métodos de rotina de análise de água e de dejetos de esgotos (Standard Methods for the Examination of Water and Waste 13th Edition. APWA PWWA WPCF). O pH foi determinado com o uso de um potenciômetro E-516 METROHM HERISAU.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Instalação do biodigestor e equipamentos a gás

Praticamente não foi observada quaisquer dificuldades durante a construção do biodigestor, exceto em relação ao gasômetro que requereu mão-de-obra mais especializada.

As experiências com a planta piloto instalada no CPATU, mostraram que a operação e a manutenção de biodigestores e de equipamentos a gás são fáceis, e o próprio homem do campo pode dominar a tecnologia. Por outro lado, as instalações do biodigestor e dos equipamentos a biogás devem ser feitas por técnicos experimentados em tal área de serviço.

Composição da matéria-prima

Na Tabela 1 são mostrados os resultados das análises do esterco de bubalinos. Os valores médios obtidos para N; P₂O₅ e K₂O foram 0,26%; 0,14% e 0,09%, respectivamente. A mistura da urina

com o esterco, no próprio estábulo, que não apresenta declividade para drená-la; e a influência da ração oferecida aos animais, podem justificar esses teores elevados, principalmente quanto ao nitrogênio.

A maior percentagem de nitrogênio ocasionou a diminuição da relação carbono/nitrogênio (Tabela 1). A mistura da urina em excesso, com o esterco, poderá provocar a liberação de NH_3 , que poderá retardar o início da fermentação metanogênica no biodigestor. O elevado pH do esterco, em torno de 7,3, também mostrou a possibilidade da presença de amônia livre.

Estes dados indicam que o esterco de bubalino é uma matéria-prima de boa qualidade, com teores de nitrogênio, fósforo e potássio suficientes para ativarem as bactérias metanogênicas.

Influente do biodigestor

A quantidade de água para misturar com o esterco foi calculada para obter o influente com percentagem de sólidos voláteis em torno de 9%. Na Tabela 2, é mostrado que o valor médio dos sólidos voláteis ficou em 9,3%.

Normalmente em condições mesofílicas (temperatura de fermentação de 30°C a 35°C), o teor de sólidos voláteis pode variar de 6% a 8% (Sathianathan 1975). Um maior teor de sólidos voláteis foi admitido na carga, considerando-se que uma maior eficiência deste biodigestor era esperada, em função do agitador mecânico que tem como finalidade misturar a massa em fermentação e quebrar a crosta que se forma, possibilitando uma melhor digestão da massa.

Biomassa em fermentação no biodigestor

Nas Tabelas 3 e 4 estão os resultados das análises da massa líquida dentro do biodigestor, nas duas câmaras de fermentação, a primeira do lado do influente e a outra do lado efluente. As amostras foram coletadas no meio do volume do biodigestor e, em ambas as câmaras, nesta região, existem apenas sobrenadantes (Sathianathan 1975).

A câmara do lado do efluente apresentou maior percentagem de ácidos voláteis e menor relação C/N, que a câmara do lado do influente. Tal fato mostra que a biomassa está em processo de fermentação e a microflora é ativa. O valor médio de pH de 6,7, deter-

TABELA 1. Análise dos resíduos animais — Esterco de bubalino

(Mês) Período	Umidade %	M.S. %	S.V. %	Cinza %	C %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	D.Q.O.	Relação C/N
Março	84,72	15,28	12,56	2,72	5,37	0,30	0,09	0,11	76252	17,90
Abril	84,14	15,86	12,41	3,45	5,51	0,30	0,12	0,12	72344	18,36
Maio	82,43	17,57	14,49	3,08	6,11	0,24	0,13	0,12	63308	25,45
Junho	82,64	17,36	14,99	2,37	6,26	0,22	0,17	0,07	76478	28,45
Julho	82,65	17,35	14,67	2,68	5,55	0,24	0,16	0,08	61283	23,12
Agosto	83,58	16,42	14,07	2,35	5,04	0,24	0,16	0,06	73833	21,00
Setembro	82,43	17,57	15,05	2,52	5,67	0,29	0,11	0,07	74959	19,55
Outubro	80,98	19,02	15,89	3,13	5,95	0,29	0,20	0,09	74487	20,51
Valor médio	82,95	17,05	14,27	2,49	5,68	0,26	0,14	0,09	71618	21,85

OBS.: Todas as percentagens foram calculadas sobre peso fresco.

TABELA 2. Análise do influente do biodigestor.

Período (Mês)	Umidade %	M.S. %	S.V. %	Cinza %	C %	N %	P ₂ O ₅ %	D.Q.O.	Relação C/N	K ₂ O %	pH
Março	90,04	9,96	8,19	1,77	3,50	0,20	0,06	49716	17,50	0,07	7,6
Abril	89,66	10,34	8,09	2,25	3,59	0,20	0,13	47168	17,95	0,08	7,9
Maior	88,54	11,46	9,45	2,01	3,98	0,16	0,08	41276	24,87	0,08	7,4
Junho	88,68	11,32	9,77	1,55	4,08	0,11	0,11	49863	37,09	0,05	7,2
Julho	88,69	11,31	9,56	1,75	3,62	0,16	0,10	39956	22,62	0,05	6,9
Agosto	89,29	10,71	9,17	1,54	3,29	0,16	0,10	48139	20,56	0,04	7,2
Setembro	88,54	11,46	9,81	1,65	3,68	0,19	0,07	48873	19,36	0,05	7,9
Outubro	87,60	12,40	10,36	2,04	3,89	0,19	0,13	48565	20,47	0,06	7,0
Valor médio	88,88	11,12	9,30	1,82	3,70	0,17	0,10	46694	21,80	0,06	7,4

TABELA 3. Análise da biomassa em fermentação no interior do biodigestor ao lado do influente.

Período (Mês)	Carga dia		pH	Acidez total		Alcalinidade total ppm CaCO ₃	Ac. Vol./Alic.	Relação C/N
	MS	SV		ppm Ac. Acet.	ppm Ac.			
Março	76,39	62,84	7,0	344,24	2188	0,1447	11,70	
Abril	79,31	62,05	6,9	298,82	2695	0,1088	18,94	
Maiο	87,89	72,48	6,0	268,45	2676	0,0950	10,91	
Junho	86,75	73,32	6,8	260,53	2603	0,0965	9,40	
Julho	82,14	70,33	6,7	310,31	2150	0,1134	10,38	
Agosto	82,14	70,33	6,7	225,41	2225	0,1011	6,38	
Setembro	87,89	75,24	6,7	157,43	2028	0,0773	8,73	
Outubro	95,11	79,46	6,7	151,00	1712	0,0753	7,83	
Valor médio	84,71	70,74	6,7	252,02	2284	0,1015	10,53	

TABELA 4. Análise da biomassa em fermentação no interior do biodigestor ao lado do efluente.

Período (Mês)	Carga dia		pH	Acidez total		Alcalinidade total ppm CaCO ₃	Ac. Vol./Alc. C/N	Relação C/N
	MS	SV		ppm Ac. Acet.	ppm			
Março	76,39	62,84	7,0	256,58	2422	0,1078	10,25	
Abril	79,31	62,05	6,9	277,25	2691	0,1178	9,22	
Maiο	87,89	72,48	6,8	305,49	2652	0,1207	11,19	
Junho	86,75	73,32	6,8	241,77	2911	0,1106	7,68	
Julho	82,14	70,33	6,7	314,83	2192	0,1188	8,66	
Agosto	82,14	70,33	6,7	238,02	2197	0,1077	5,10	
Setembro	87,89	75,24	6,7	271,69	2055	0,1138	8,10	
Outubro	95,11	79,46	6,7	193,71	1981	0,0981	8,26	
Valor médio	84,71	70,74	6,7	262,42	2312	0,1119	8,56	

minado na câmara do efluente, evidencia um acúmulo de ácidos voláteis ocasionado por uma maior atividade das bactérias acidogênicas (Meynell 1976).

Efluente do biodigestor e produção de biogás

As análises do efluente do biodigestor (Tabela 5) mostraram que o biofertilizante possui teores de N_2 , P_2O_5 e K_2O da ordem de 0,13%; 0,06% e 0,03%, respectivamente, em relação ao peso fresco, ou 2,9%, 1,36% e 0,68% em termos de peso seco. O pH do efluente ácido, com média de 6,7 mostrou que o processo de gaseificação (transformação dos ácidos voláteis para biogás), não foi completo. O efluente ainda apresentou ácidos voláteis livres. A redução de sólidos voláteis foi de 59,27% mostrando uma eficiência normal da acidificação.

A produção média do biogás (Tabela 6), foi de $0,41 \text{ m}^3/\text{m}^3$ do espaço do biodigestor. A temperatura dentro do biodigestor, durante o período de observação, variou de 28°C a 31°C (Tabela 7). A produção do biogás foi muito baixa em relação à produção de biogás, a partir de esterco bovino (Sathianathan 1975).

A insuficiência do tempo de retenção e a carga excessiva de sólidos voláteis por m^3 de espaço do biodigestor, foram as possíveis causas da baixa atividade das bactérias metanogênicas.

Presume-se que uma pré-fermentação do influente por 24 a 48 horas a fim de eliminar o ar ou NH_3 livres; uma reciclagem do efluente de 20 a 30 litros por dia junto com o influente, para propiciar uma maior população das metanobactérias; uma diminuição da carga de S.M./ m^3 de espaço de fermentação; e o aumento de tempo da retenção hidráulica, são as possíveis técnicas que poderão ser utilizadas para aumentar a eficiência da produção do biogás.

Utilização do biogás

O consumo médio de biogás pelos diversos equipamentos constam da Tabela 8. Os consumos de todos os equipamentos testados foram normais e os dados são compatíveis com os encontrados na literatura (Sathianathan 1975, Batista 1980 e Parchen 1979).

TABELA 5. Análise do efluente do biodigestor.

Período (Mês)	Umidade %	M.S. %	S.V. %	Cinza %	C %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	D.Q.O. (mg/l)	Biodegradação %	pH	C/N
Março	96,29	3,71	3,03	0,68	1,09	0,12	0,03	0,02	16816	58,47	7,1	9,08
Abril	95,87	4,13	3,30	0,83	1,09	0,13	0,05	0,04	24766	58,75	6,9	8,38
Maió	95,69	4,31	3,06	1,25	1,19	0,11	0,06	0,04	20207	57,98	6,9	10,81
Junho	95,40	4,59	3,71	0,88	1,21	0,14	0,07	0,03	16234	60,71	6,8	8,64
Julho	95,22	4,78	3,85	0,93	1,11	0,11	0,08	0,03	14152	61,13	6,7	10,09
Agosto	95,34	4,65	3,78	0,87	1,16	0,16	0,08	0,03	19202	69,70	6,7	7,25
Setembro	95,36	4,64	3,79	0,85	1,09	0,16	0,07	0,02	23004	51,95	6,6	6,81
Outubro	95,49	4,50	3,65	0,85	1,14	0,13	0,08	0,02	14756	65,46	6,7	8,76
Valor médio	95,58	4,41	3,52	0,89	1,13	0,13	0,06	0,03	18642	59,27	6,8	8,70

OBS.: As porcentagens foram calculadas sobre peso fresco.

TABELA 7. Temperatura durante o período de operação da planta piloto.

Mês	Temperatura					
	A sombra			Dentro do biodigestor		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Média	Mínima
Março 82	30,7	23,40	26,10	31	29	29,9
Abril 82	31,2	23,60	26,30'	31	29	29,9
Maió 82	32,0	23,00'	26,50	30	29	29,7
Junho 82	32,0	22,80	26,40	30	29	29,7
Julho 82	51,7	22,70	26,10	30	29	29,4
Agosto 82	31,8	22,70	26,10	30	29	29,7
Setembro 82	32,0	22,70'	26,50	30	29	29,8
Outubro 82	32,6	22,70	26,80	31	29	29,7

TABELA 8. Consumo de biogás por diversos equipamentos.

Equipamento	Consumo de biogás	Observação
Geladeira	280 litros	1,90 m ³ /24 horas
Conjunto — Gerador	8,25 HP — Conj.	Marca Consul
	2,5 KWH — Gerador	2,73 m ³ /hora
		0,33 m ³ /HP/hora
Lampião de biogás		0,17 m ³ /hora
		0,15 m ³ /300 g de arroz
		0,52 m ³ /kg de carne
Fogão de 4 bocas		0,60 m ³ /270 g de feijão
		0,152 m ³ /kg frango
		0,317 m ³ /feijoada para 5 pessoas
Moto-picador	9 HP	2,84 m ³ /hora
		0,315 m ³ /HP/hora
		Marca Montgomery
		Marca Jackwal, camisa 300 velas.

CONCLUSÕES

As experiências na instalação e operação de biodigestores no CPATU, mostraram que a implantação de biodigestores na Região Amazônica é viável e as tecnologias de construção, operação e manutenção são fáceis e simples. Por outro lado, o próprio homem do campo poderá dominá-las, através de treinamentos de curta duração que o CPATU oferece periodicamente.

As experiências com a planta piloto mostraram que o rendimento de biogás a partir de esterco de bubalinos é 20% a 30% inferior ao obtido a partir de esterco de bovinos. Contudo, embora o biogás não tenha sido analisado, verificou-se que a sua qualidade determinada através da queima em vários equipamentos, foi equivalente ao biogás obtido de outras fontes de resíduos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, L.F. **Manual técnico construção e operação de biodigestores**. Brasília, EMBRATER, 1980. 54p. (EMBRATER. Manuais, 24).
- MEYNELL, P.J. **Methane: Planning a digester**. Chalmington Dorchester, Prism, 1976. 150p.
- PARCHEN, C.A.P. **Manual de biogás**. Curitiba, EMATER-PR, 1979. 26p.
- SATHIANATHAN, M.A. **Bio-gas; achievements & challenges**. New Delhi, Association of Voluntary Agencies for Rural Development, 1975. 192p.



falangola editora

Trav. Benjamin Constant, 675
Fone : 224.8166 - Belém_PA.