
NOTA TÉCNICA:

PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE A PARTIR DA BIODIGESTÃO DA TORTA DE MAMONA COM ADIÇÃO DEJETOS DE ANIMAIS

Elton Eduardo Novais Alves¹, Cecília de Fátima Souza², Keles Regina Antony Inoue³

RESUMO

Objetivou-se, com essa pesquisa, quantificar a produção de biogás e caracterizar os biofertilizantes oriundos da digestão anaeróbia da torta de mamona com adição de dejetos de animais. Os biodigestores foram do tipo bancada, operando em batelada, contendo 2 L de substrato. Os três tratamentos foram: torta de mamona e água (T1); torta com adição de dejetos bovinos e água (T2); e torta com adição de dejetos suínos e água (T3), com 9 dag kg⁻¹ de ST e com três repetições cada. A quantidade de dejetos utilizada correspondeu a 15% da massa de ST do substrato. A maior produção de biogás foi observada no T2 (2,03 L), sendo semelhante em T1 e T3 (P>0,05). O biofertilizante do T1 apresentou maior concentração de nitrogênio (6,13 g L⁻¹). O teor de fósforo foi maior no T3 (867,80 mg L⁻¹) e os valores de pH, potássio e sódio foram estatisticamente semelhantes nos três tratamentos. Os potenciais de produção de biogás foram maiores em T2. Concluiu-se que a torta de mamona é um bom substrato para a produção de biogás e de biofertilizante com qualidades químicas satisfatórias, sendo observado aumento de produção deste gás, quando associada com dejetos bovinos.

Palavras-chave: digestão anaeróbia, *Ricinus communis*, tratamento de resíduos.

ABSTRACT

PRODUCTION OF BIOGAS AND BIOFERTILIZER FROM BIODIGESTION OF CASTOR BEAN CAKE WITH AND WITHOUT ANIMAL MANURE

The objective of this research was to quantify the production of biogas, characterize the biofertilizer, resulting from anaerobic digestion of castor bean cake, with and without manure. Bench digesters were operated in batch, containing 2 L of substrate. The three treatments were: castor bean cake with addition of bovine manure and water (T2), castor bean cake with the addition of swine manure and water (T3), with 9 dag kg⁻¹ and ST with three replications. The amount of slurry applied corresponded to 15% of weight of ST substrate. The highest biogas production was observed in T2 (2.03 L), being similar in T1 and T3 (P> 0.05). The biofertilizer T1 showed the highest concentration of Nitrogen (6.13 g L⁻¹). The phosphorus content was greater in T3 (867.80 mg L⁻¹) and pH values, potassium and sodium were similar for all three treatments. The potential of biogas production were higher in T2. It was concluded that the castor bean is a good substrate for the production of biogas and biofertilizer with satisfactory chemical qualities, being observed increase production of this gas when associated with cattle manure.

Keywords: anaerobic digestion, *Ricinus communis*, waste treatment.

Recebido para publicação em 05/04/2011. Aprovado em 07/10/2011.

1- Graduando em Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq, UFV, Viçosa – MG, elton.alves@ufv.br

2- Eng^a Agrícola, D.S., Prof^a do Depto. Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, cfsouza@ufv.br

3- Eng^a Agr^a, M.S., Doutoranda em Eng. Agrícola, Depto. Eng. Agrícola, UFV – MG, kelesregina@hotmail.com

INTRODUÇÃO

No período compreendido entre 1978 a 2005 a Índia, a China e o Brasil vêm se mantendo como principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área colhida como na quantidade produzida (KOURI *et al.*, 2006).

A mamoneira (*Ricinus communis L.*), da família Euphorbiaceae, também denominada carrapateira, bafoneira e baga, é uma planta rústica, resistente à seca e com alta capacidade de adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, características estas que possibilitam à mesma, ser comercialmente cultivada em diferentes regiões do Brasil (MACIEL, 2006). Possui baixa tolerância à salinidade e sodicidade no solo (BELTRÃO *et al.*, 2004).

É uma cultura de grande importância para a economia do semiárido nordestino, por ser resistente à seca, ser fixadora de mão-de-obra, bem como geradora de emprego e de matéria prima. Da semente, extrai-se o óleo de rícino, tido como dos mais versáteis, que é produto renovável e barato tendo mais de 400 aplicações industriais (KOURI *et al.*, 2006).

Do processo de extração do óleo das sementes de mamona produz um importante coproduto, a torta de mamona, o qual possui excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, tendo elevado teor de nitrogênio e outros importantes nutrientes (COSTA *et al.*, 2004). Para cada tonelada de semente de mamona processada, são gerados 530 kg de torta (SEVERINO, 2005).

Em todo o mundo, o uso predominantemente da torta de mamona, tem sido como adubo orgânico (ZUCHI *et al.*, 2007) e sua utilização para alimentação animal, ainda depende de tecnologia industrial para sua desintoxicação e desalergenização (SEVERINO *et al.*, 2004). Entretanto, o tratamento adequado desse material permite o aumento das receitas da cadeia produtiva e, conseqüentemente, a sua rentabilidade (LIMA *et al.*, 2006).

Entre os tratamentos que proporcionam diminuição na carga poluidora dos resíduos, citam-se: a compostagem; uso de lagoas anaeróbias, facultativas e aeróbias; reatores anaeróbios; filtros biológicos; incineradores; biodigestores, dentre outros.

A digestão anaeróbia é considerada uma opção viável para o tratamento biológico dos resíduos

agroindustriais, pois demanda pequena área e a construção da infraestrutura necessária é simples e de custo relativamente acessível, comparado com o tratamento aeróbio. Além disso, fornece os benefícios da produção de energia alternativa e do biofertilizante (AMARAL *et al.*, 2004).

A utilização de digestores anaeróbios no meio rural tem merecido destaque, também, devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimular a reciclagem orgânica de nutrientes (LUCAS JUNIOR & SANTOS, 2000) e diminuir a dependência de adubos químicos.

Inoue *et al.* (2010) avaliaram o processo de digestão anaeróbia de águas residuárias de fecularia de mandioca, visando à produção de biogás, a partir de três diferentes concentrações de sólidos totais (ST), C_1 : 4,5 dag L^{-1} de ST, C_2 : 6 dag L^{-1} de ST e C_3 : 8 dag L^{-1} de ST. Os autores verificaram que as maiores produções de biogás tenderam a ocorrer na concentração C_3 , com 1,56 $L kg^{-1}$ de sólidos totais removidos, indicando essa concentração como a mais adequada para a produção de biogás a partir da manipueira.

A utilização de dejetos animais juntamente com outros resíduos agroindustriais tem mostrado bons resultados, pelo fato de funcionarem como inóculo bacteriano, acelerando o processo de biodigestão e aumentando a produção de biogás (XAVIER & LUCAS JUNIOR, 2010).

Desse modo, objetivou-se com esse trabalho quantificar a produção de biogás e caracterizar os biofertilizantes oriundos da digestão anaeróbia da torta de mamona, com e sem adição de dejetos bovinos ou suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – MG, cujas coordenadas geográficas são: latitude 20°45'45" Sul e longitude 42°52'04" Oeste e a 649 m de altitude. O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa, subtropical úmido, estações seca no inverno e chuvosa no verão, com precipitação pluvial média anual de 1.340 mm, temperatura anual de 19 °C, máximas 22,1 °C e mínimas em 15 °C, em média.

O experimento foi iniciado em 20 de março de 2009 (início do outono) com a montagem dos biodigestores para digestão da torta de mamona. O ensaio de biodigestão foi montado com três tratamentos, três repetições de cada, em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram constituídos de três substratos distintos: no primeiro tratamento (T1), o substrato constituiu-se somente de torta de mamona, o segundo (T2) de torta de mamona e dejetos bovino e o terceiro tratamento (T3) de torta de mamona e dejetos suíno, onde as quantidades de dejetos utilizadas corresponderam a 15% da massa de ST do substrato. Todos os tratamentos apresentaram concentração inicial de 9 dag kg⁻¹ de Sólidos Totais (ST), o que se conseguiu utilizando água para diluição.

As quantidades de dejetos adicionadas ao sistema foram definidas em função de aumentar a carga microbiana no interior dos biodigestores, ou seja, foram introduzidos para que agissem como inóculos. Dos 9 dag kg⁻¹ de ST presentes nos substratos, 1,35 dag kg⁻¹ (15%) foram provenientes dos dejetos, contidos nos tratamentos T2 e T3, pois foram os dois tratamentos que foram adicionados dejetos, no T1 todos os ST proveram somente da torta de mamona.

A torta de mamona foi produzida a partir de sementes cultivadas no Estado de São Paulo. Os dejetos de suínos e bovinos foram coletados nos setores de Suinocultura (setor de cobrição) e Bovinocultura de leite (curral de alimentação), respectivamente, do Departamento de Zootecnia da UFV.

Para a caracterização da torta de mamona, foram realizadas algumas análises seguindo-se a metodologia de APHA (2005). As análises realizadas foram: conteúdo de água; pH; sólidos totais (ST), fixos (SF) e voláteis (SV); carbono orgânico (CO); nitrogênio (N); fósforo (P); e potássio (K). Nos dejetos de animais, determinou-se somente a concentração de Sólidos Totais. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Resíduos Sólidos, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

O sistema de biodigestão constitui-se de nove câmaras digestoras, confeccionadas com recipientes de vidro, com capacidade total de 3,1 L, que receberam 2 L do substrato, cada uma. Os

referidos recipientes foram fechados com tampa plástica e vedados com borracha de silicone. Nas tampas, foram adaptadas mangueiras com diâmetro interno de 5/8", que tinham a função de conduzir o biogás aos gasômetros. Em cada biodigestor, foi instalado um gasômetro independente do tipo flutuante com volume de 4 L (Figura 1).

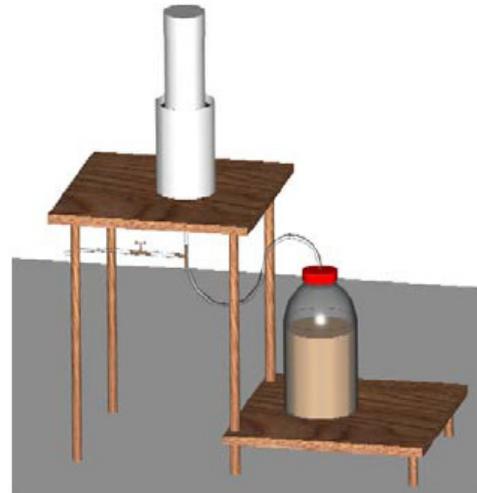


Figura 1. Esquema do sistema, em escala laboratorial, utilizado para digestão anaeróbia dos substratos (INOUE *et al.*, 2010).

Os biodigestores foram cobertos com películas pretas de plástico para que as condições fossem as mais próximas possíveis das reais de campo, pois os biodigestores geralmente são construídos enterrados (Figura 2), o que proporciona aos mesmos, menor amplitude térmica.



Figura 2. Vista externa do sistema de biodigestão montado em laboratório para o experimento.

A coleta de dados foi realizada diariamente às 12:00 h. As medidas das temperaturas foram feitas com o auxílio de um termômetro de bulbo seco presente no interior do laboratório localizado a 1,50 m do piso. As medidas das pressões internas dos gasômetros foram feitas através do deslocamento da coluna de óleo de cada manômetro ligado a cada gasômetro, de forma independente.

Os dados de pressão atmosférica, no período analisado, foram disponibilizados pelo setor de Meteorologia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV.

Para o cálculo do volume de biogás, considerou-se o deslocamento diário do gasômetro multiplicando pelo diâmetro da seção transversal do mesmo, totalizando 56 leituras. A correção do volume do biogás para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP) foi efetuada com base no trabalho de Caetano (1985). Conforme descrito por Namiuchi (2002), para a correção do volume de biogás, utilizou-se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac.

$$\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{V_1 P_1}{T_1} \quad (1)$$

em que

V_0 = volume de biogás corrigido, cm^3 ;

P_0 = pressão corrigida do biogás, 10332,275 mm de H_2O ;

T_0 = temperatura corrigida do biogás, 293,15 K;

V_1 = volume do gás no gasômetro, cm^3 ;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, em mm de H_2O ; e

T_1 = temperatura do biogás, em K, no instante da leitura.

Para facilitar os cálculos e baseando-se na fórmula de Boyle e Gay-Lussac, foi utilizada uma planilha, desenvolvida durante o experimento, para quantificar a produção corrigida diária e total de biogás. Esta mesma planilha possibilitou a geração dos gráficos de produção acumulada e diária de biogás durante o período analisado.

Após 56 dias da montagem dos biodigestores, quando foi verificada a paralisação da produção de biogás, os biofertilizantes foram retirados e foram feitas as análises de pH, sódio, sólidos totais (ST), potássio, fósforo, nitrogênio e condutividade elétrica (CE), seguindo-se a metodologia de APHA (2005).

Para as análises estatísticas dos dados obtidos foi utilizado o programa Minitab® 15.1.20.0, por meio do teste F e teste Tukey, a 5% de probabilidade, para as variáveis, sendo feitos anteriormente as estes testes o teste de normalidade e de homogeneidade dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 estão apresentados os resultados de análise de variância para as variáveis analisadas na pesquisa.

O coeficiente de variação da produção de biogás foi considerado elevado, com valor de 37,23%, assim como para o ST_{red} . Esses resultados ocorreram, provavelmente, por influência da temperatura ambiente, não controlada, nesse estudo. Este parâmetro mostra a importância do controle da temperatura para maior eficiência do processo e consequentemente ação das arqueias metanogênicas responsáveis pela produção de biogás. Para as demais variáveis obteve-se menores valores de C.V. e não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos para ST_{inic} , ST_{red} , pH, CE, K e Na.

Quadro 1. Fontes de variação, quadrados médios e respectivas significâncias para a variáveis analisadas na pesquisa

F.V.	G.L.	Q.M.									
		Biogás	ST_{inic}	ST_{final}	ST_{red}	N	pH	CE	P	K	Na
Trat.	2	951269**	0,033 ^{ns}	1,899**	211,0 ^{ns}	0,604**	0,004 ^{ns}	0,650 ^{ns}	43981**	1877,8 ^{ns}	1458,3 ^{ns}
Resid.	6	34243	0,265	0,124	55,5	0,028	0,002	0,326	428,0	377,8	347,2
Média	-	1379	9,008	6,518	27,40	5,607	6,224	17,054	733,6	349,4	75,0
C.V.%	-	37,23	5,05	11,56	35,46	7,4	0,82	3,74	14,5	7,85	33,33

^{ns} Não significativo, * significativo em nível de 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os resultados dos teores médios de conteúdo de água, pH, nitrogênio, fósforo, potássio, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis e carbono orgânico da torta de mamona utilizada no ensaio de biodigestão estão apresentados na Quadro 2.

Como observado no Quadro 2, a torta de mamona avaliada apresentou concentração de 5,56 dag kg⁻¹ de nitrogênio, valor superior ao encontrado por Costa *et al.* (2004). A relação C/N da torta de mamona estudada é de 7,4:1, o que indica que é um material que tem grande capacidade de mineralização, pela baixa relação C/N. De acordo com Nogueira (1992), o fundamental para o processo de digestão anaeróbia é o teor de carbono, mas se a concentração de sólidos orgânicos for alta, por volta de 5%, esta condição estará satisfeita.

Os teores de P e K podem ser considerados adequados em relação aos resíduos orgânicos, de uma forma geral, como os de dejetos bovino e suíno (OLIVER *et al.*, 2008).

No Quadro 3, estão representados os valores médios dos potenciais de produção de biogás por volume de substrato (L), por massa de ST reduzidos (em kg) e por massa de torta de mamona (em kg) utilizada. Com base nos resultados apresentados,

observa-se que a produção específica de biogás foi superior em T2, evidenciado que a adição de dejetos bovino à torta de mamona favoreceu o processo de digestão anaeróbia e, conseqüentemente, aumentou a produção específica de biogás. No entanto, observa-se que a produção específica de biogás é considerada pequena em comparação à obtida na digestão de outros resíduos orgânicos, como, por exemplo, os dejetos bovino e suíno, que produzem cerca de 40 e 80 litros de biogás por quilograma de dejetos (OLIVER *et al.*, 2008), respectivamente, enquanto que nas condições de realização da presente pesquisa a produção maior foi de 11,9 litros de biogás por quilograma de torta (T2).

Possivelmente, essa baixa produção específica de biogás deve-se ao não controle da temperatura do biodigestor, que oscilou em função das condições climáticas, ou seja, variação da temperatura ao longo do dia. Inoue (2010), avaliando o processo de digestão anaeróbia da manipueira, encontrou produções específicas de biogás de 1,56 L kg⁻¹ ST_{red}, inferiores aos encontrados neste trabalho.

Os teores médios de ST no início e no final e a eficiência na redução de ST estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 2. Teores médios de umidade, pH, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV) e carbono (CO) na torta de mamona

Umidade	P	K	pH	N	CO	ST	SF	SV
%	g kg ⁻¹					dag kg ⁻¹		
9,97	4,79	4,44	6,1	5,56	41,35	89,82	25,58	74,42

Quadro 3. Produções médias específicas de biogás por volume de substrato, massa de ST reduzidos e por massa de torta de mamona.

Tratamento	Produções específicas de biogás		
	Substrato (L L ⁻¹)	ST red. (L kg ⁻¹)	T. de mamona (L kg ⁻¹)
T1	0,552 ± 0,08 B	35,30 ± 10,06 A	5,50 ± 0,85 B
T2	1,013 ± 0,12 A	39,97 ± 22,94 A	11,90 ± 1,38 A
T3	0,504 ± 0,07 B	17,99 ± 4,24 A	5,91 ± 0,80 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05)

Quadro 4. Média de concentração de Sólidos Totais (inicial e final) dos substratos (tratamentos) e de redução de ST

Tratamento	ST (dag kg ⁻¹)		Redução de ST (%)
	Inicial	Final	
T1	9,03 ± 0,10 A	7,43 ± 0,16 A	17,73 ± 2,30 A
T2	9,10 ± 0,71 A	6,16 ± 0,43 B	31,86 ± 9,81 A
T3	8,89 ± 0,53 A	5,97 ± 0,40 B	32,63 ± 8,07 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05)

Verifica-se baixa eficiência de redução de ST no processo de biodigestão em todos os tratamentos, o que é condizente com a baixa produtividade de biogás resultante ao final do processo de biogás observado no Quadro 3, inferindo ser o não controle da temperatura dos biodigestores o fator responsável por tais resultados.

Inoue *et al.* (2010), utilizando manipeira a 8 dag kg⁻¹ de ST, obteve redução de ST de 39,10% e utilizando concentrações menores, as reduções de ST foram maiores e chegaram até a 56,96%, para a concentração de ST de 4,5 dag kg⁻¹. Esses valores foram superiores aos encontrados neste trabalho, evidenciado a baixa eficiência relativa do processo em remoção de sólidos ou indicando a necessidade de análise para concentrações de ST mais baixas.

Encontram-se apresentada na Figura 3 as variações da temperatura máxima mínima e média durante o período da biodigestão. Batista (1981) ressalta que em amplitudes térmicas superiores a 10 °C em menos de 24 h, pode haver a interrupção completa da produção de biogás. De acordo com os valores das temperaturas, verifica-se grande amplitude térmica durante o período de biodigestão, reforçando a ideia de que a baixa eficiência na produção de biogás foi devido ao não controle da temperatura na faixa ideal de 25

a 35 °C. Ao se analisar os valores de temperatura máxima e mínima, no 31º e 32º dia após o início da digestão, por exemplo, verifica-se essa alta amplitude térmica, superando os 10 °C.

Os resultados das análises laboratoriais realizadas nos biofertilizantes produzidos ao final do processo de digestão anaeróbia encontram-se no Quadro 5.

Villela Junior *et al.* (2007) avaliaram a composição química média do biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia dos resíduos da bovinocultura e verificaram que a concentração de nitrogênio foi de 1,5 g L⁻¹, a de fósforo foi de 76 mg L⁻¹ e a de potássio 790 mg L⁻¹, comparando com os valores apresentados no Quadro 5, os biofertilizantes produzidos a partir da torta de mamona pura ou com dejetos apresentaram-se com teores de nutrientes mais elevados do que os apresentados pelo referido autor, com exceção do potássio, o que corrobora para a utilização desse resíduo como biofertilizante.

O biofertilizante obtido no tratamento T3 apresentou teores significativamente maiores de fósforo (P<0,05), o que valoriza ainda mais esse material, visto que a disponibilidade de fósforo é baixa em os solos mais intemperizados (Latosolos), encontrados em maiores quantidades no Brasil.

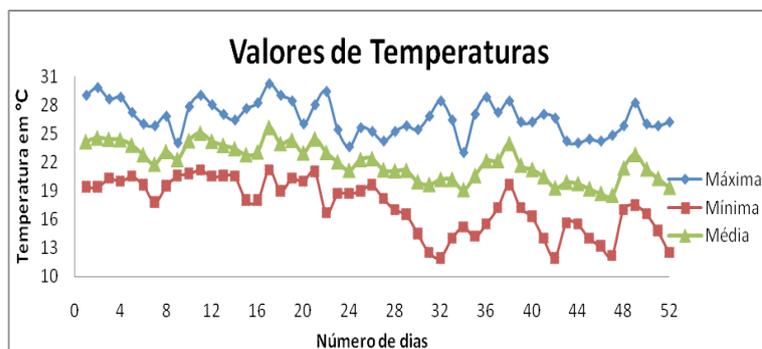


Figura 3. Valores das temperaturas máxima, média e mínima durante o período de biodigestão.

Quadro 5. Valores de pH, Condutividade Elétrica (CE), Sódio (Na), Potássio (K), Fósforo (P) e Nitrogênio total (N-total) dos biofertilizantes (T1, T2, T3)

Biofert.	pH	CE	N-total	P	K	Na
		mS cm ⁻¹	g L ⁻¹			
T1	6,21 ± 0,06 A	17,55 ± 0,79 A	6,125 ± 0,18 A	700,38 ± 20,30 B	348,33 ± 22,50 A	50,00 ± 0,00 A
T2	6,27 ± 0,02 A	16,99 ± 0,37 A	5,327 ± 0,17 B	632,57 ± 15,60 C	325,00 ± 0,00 A	83,33 ± 28,90 A
T3	6,19 ± 0,05 A	16,63 ± 0,47 A	5,370 ± 0,15 B	867,80 ± 25,10 A	375,00 ± 25,00 A	91,67 ± 14,43 A

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05)

Os valores médios de pH, CE, K, Na não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$), já os valores de N foram estatisticamente maiores no biofertilizante produzido no tratamento T1 ($P < 0,05$) e semelhantes nos obtidos nos demais tratamentos (T2 e T3).

CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos e baseando-se na metodologia empregada neste experimento, conclui-se que:

- A torta de mamona apresenta-se como um interessante resíduo agroindustrial potencial para a produção de biogás;
- A maior produção média final de biogás ocorreu no tratamento contendo torta de mamona e dejetos bovinos, indicando esse tratamento como o mais propício para a produção de biogás;
- Os biofertilizantes obtidos ao final do processo apresentaram características químicas que lhes conferem potencial uso como fertilizantes; e
- A mistura de dejetos de suínos com a torta de mamona aumenta a qualidade química do biofertilizante, principalmente no que se refere ao teor de fósforo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **Standard methods for the examination of water and wastewater**. New York: APHA, WWA, WPCR. 21^a ed. 2005.

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JUNIOR, J.; NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, D.S. ; MACHADO, M.R.F. Digestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902, nov-dez, 2004.

BATISTA, L.F. **Manual Técnico, Construção e Operação de Biodigestores**. Brasília, EMBRATER, 1980. 54p. (Manuais, 24).

BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D.;

SEVERINO, L.S. ; PEREIRA, J.R. ; GONDIM, T.M.S. ; CARTAXO, W.V. **Biodiesel do óleo da mamona e a produção de fitomassa: considerações gerais e singularidades**. Campina Grande: Embrapa, 2004.

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. Botucatu: UNESP, 1985. 75p. (Dissertação de mestrado).

COSTA, F.X.; SEVERINO, L.S. BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, R.M.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Avaliação de teores químicos na torta de mamona. **Rev. de Biologia e Ciência da Terra**, V. 4 – n.2, 2º sem., 2004. 7p.

INOUE, K.R.A.; SOUZA, C.F.; MATOS, A.T.; GUIMARAES, M.C.C.; TINOCO, I.F.F.; ALVES, E.E.N. Tratamento anaeróbico de efluentes de fecularia de mandioca para produção de biogás. In: VI Congresso Internacional de Ingenieria Agricola, 2010, **Anais...** Chillán, Chile. Investigación, innovación y desarrollo para una agricultura sustentable, 2010.

KOURI, J.; SANTOS, R.F.; BARROS, M.A.L. **Cultivo da Mamona**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/importancia.html#tab1> Acesso em: 12/12/2012.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação da casca e da torta de mamona como fertilizante orgânico, 2006. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm2/018.pdf> Acesso em: 12/12/2012.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T.M.B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA: Alternativas de Aproveitamento e Qualidade Ambiental, 2000, Concórdia. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA: Alternativas de Aproveitamento e Qualidade

- Ambiental. Concórdia: CNPSA-EMBRAPA, 2000. p.27-43.
- MACIEL, C.D.G. Manejo na cultura da mamona em sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.95, p.38-44, 2006.
- NAMIUCHI, N.N. Biodigestão anaeróbia e características da cama de frangos obtida sob diferentes quantidades iniciais de casca de arroz e três tipos de cobertura de galpões em Dourados. 2002. 112f. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Área de concentração Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu-SP, 2002.
- NOGUEIRA, L.A.H. Biodigestão, a alternativa energética. **Livro** São Paulo: Nobel, 1992. 93p.
- OLIVER, A. de P.M.; SOUZA NETO, A. de A.; QUADROS, D.G. de, VALLADARES, R.E. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Salvador – BA: Instituto Winrock – Brasil, 2008. 23p.
- Programa **MINITAB**® V.15.1.20.0. USA, 2007.
- SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X. BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Brasil, v.5, n.1, p.01-06, 2004.
- SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; GONDIM.T.M.S.; CARDOSO, G.D.; SANTOS, J.W. **Fatores de conversão do peso de cachos e frutos para peso de sementes de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).
- VILLELA JUNIOR, L.V.E.; ARAÚJO, J.A.C.; BARBOSA, J.C.; PEREZ, L.R.B. Substrato e solução nutritiva desenvolvidos a partir de efluente de biodigestor para cultivo do meloeiro. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.2, p.152-158, 2007.
- XAVIER, C. de A.N. & LUCAS JUNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Eng. Agríc.**, v.30, n.2, p.212-223, 2010.
- ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G.P.; GALHO, A.; MARQUES, R.L.; SILVA, S.D. dos A. Efeito da torta de mamona sobre os componentes de rendimento de triticales. In: V Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2007. **Anais...** V CBA - Manejo de Agroecossistemas sustentáveis. v.02. p.1075-1078, 2007.