

Foto: Joaíir Silva



Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica

Antonio Pereira de Novaes¹
Marcelo Luiz Simões^{2,3}
Ladislau Martin Neto¹
Paulo Estevão Cruvinel¹
Aleudo Santana⁴
Etelvino Henrique Novotny⁶
Gilberto Santiago⁵
Ana Rita de Araújo Nogueira⁷

Introdução

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e o Abastecimento, a agricultura de base familiar reúne 14 milhões de pessoas, mais de 60% do total de agricultores, e detém 75% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil. É comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares (fossa "negra", poço, buraco, etc.), que contaminam águas subterrâneas e, obviamente os poços de água, os conhecidos poços "caipiras". Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população, por doenças veiculadas pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras.

O processo de biodigestão de resíduos orgânicos é bastante antigo, sendo que a primeira unidade foi instalada em Bombaim, na Índia em 1819; na Austrália uma companhia produz e industrializa o metano a partir de esgoto desde 1911. A China possui 4,5 milhões de biodigestores que produzem gás e adubo orgânico, sendo que a principal função é o saneamento no meio rural (Biodigestor..., 2002). No Brasil, a ênfase para os biodigestores foi dada para a produção de gás, com o objetivo de converter a energia do biogás em energia elétrica através de geradores. Isso permitiu melhorar as condições rurais, como por exemplo o uso de ordenhadeiras na produção de leite, e outros

benefícios que podem ser introduzidos. Esse processo realiza-se através da decomposição anaeróbica da matéria orgânica digerível por bactérias que a transforma em biogás e efluente estabilizado e sem odores, podendo ser utilizado para fins agrícolas. As fases do processo constam de: fase de hidrólise enzimática, ácida e metanogênica (Olsen & Larsen, 1987), as quais eliminam todo e qualquer elemento patogênico existente nas fezes, devido principalmente, à variação de temperatura. Com isso, o processo de biodigestão de resíduos orgânicos é uma possibilidade real a ser considerada para a melhoria do saneamento no meio rural.

Em suma, o biodigestor aqui desenvolvido tem dois objetivos: 1) substituir, a um custo barato para o produtor rural, o esgoto a céu aberto e as fossas sépticas e 2) utilizar o efluente como um adubo orgânico, minimizando gastos com adubação química, ou seja, melhorar o saneamento rural e desenvolver a agricultura orgânica.

Desenvolvimento da fossa séptica biodigestora

O sistema (figura 1a) é composto por duas caixas de cimento amianto ou plástico de 1000 L cada [5], facilmente encontradas no comércio, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário, (pois a água do

¹ Pesquisador Embrapa Instrumentação Agropecuária- Rua XV de Novembro, 1452 - CEP 13560-970 - C.P. 741 - São Carlos - SP

² Assist. de Operações I- Embrapa Instrumentação Agropecuária- Rua XV de Novembro, 1452 - CEP 13560-970 - C.P. 741 - São Carlos - SP

³ Aluno em doutoramento do curso de Ciência e Engenharia de Materiais - IFSC/IQSC/EESC - USP

⁴ Médico/Fazenda Belo Horizonte

⁵ Engenheiro Agrônomo da Coplana

⁶ Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo

⁷ Pesquisadora Embrapa Pecuária Sudeste

banheiro e da pia não têm potencial patogênico e sabão ou detergente tem propriedades antibióticas que inibem o processo de biodigestão) e a uma terceira de 1000 L [6], que serve para coleta do efluente (adubo orgânico). As tampas dessas caixas devem ser vedadas com borracha e unidas entre si por tubos e conexões de PVC de 4", com curva de 90° longa [3] no interior das caixas e T de inspeção [4] para o caso de entupimento do sistema. Os tubos e conexões devem ser vedados na junção com a caixa com cola de silicone e o sistema deve ficar enterrado no solo para manter o isolamento térmico. Inicialmente, a primeira caixa deve ser preenchida com aproximadamente 20 L de uma mistura de 50% de água e 50% esterco bovino (fresco). O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e consequentemente a eficiência da biodigestão, dever ser repetido a cada 30 dias com 10 L da mistura água/esterco bovino através da válvula de retenção [1]. O sistema consta ainda de duas chaminés de alívio [2] colocadas sobre as duas primeiras caixas para a descarga do gás acumulado (CH₄). A coleta do efluente é feita através do registro de esfera de 50 mm [7] instalado na caixa coletora [6]. Caso não se deseje aproveitar o efluente como adubo e utilizá-lo somente para irrigação, pode-se montar na terceira caixa um filtro de areia, que permitirá a saída de água sem excesso de matéria orgânica dissolvida (figura 1b).

A lista de material (tabela 1) necessário para a construção do sistema é a seguinte:

Tabela 1 Lista de material e ferramentas necessárias para montagem da fossa séptica.

Item	Quant.	Unidade	Descrição
01	03	pç	Caixa cimento amianto de 1000 L
02	06	m	Tubo de PVC 100mm para esgoto
03	01	pç	Válvula de retenção de PVC 100mm
04	02	pç	Curva 90° longa de PVC 100mm
05	03	pç	Luva de PVC 100mm
06	02	pç	Tê de inspeção de PVC 100mm
07	10	pç	O'ring 100mm
08	02	m	Tubo de PVC soldável 25mm
09	02	pç	Cap de PVC soldável 25mm
10	02	pç	Flange de PVC soldável 25mm
11	01	pç	Flange de PVC soldável 50mm
12	01	m	Tubo de PVC soldável 50mm
13	01	pç	Registro de esfera de PVC 50mm
14	02	tb	Cola de silicone de 300g
15	25	m	Borracha de vedação 15x15mm
16	01	tb	Pasta lubrificante para juntas elásticas em PVC rígido - 400g
17	01	tb	Adesivo para PVC - 100g
18	01	litro	Neutrol
FERRAMENTAL			
01	01	pç	Serra copo 100mm
02	01	pç	Serra copo 50mm
03	01	pç	Serra copo 25mm
04	01	pç	Aplicador de silicone
05	01	pç	Arco de serra c/ lâmina de 24 dentes
06	01	pç	Furadeira elétrica
07	01	pç	Pincel de ¾"
08	01	pç	Pincel de 4"
09	01	pç	Estilete ou faca
10	02	fl	Lixa comum no. 100

Se não for utilizar o efluente como adubo orgânico, mais:

- Areia fina lavada
- Pedra britada nº 1

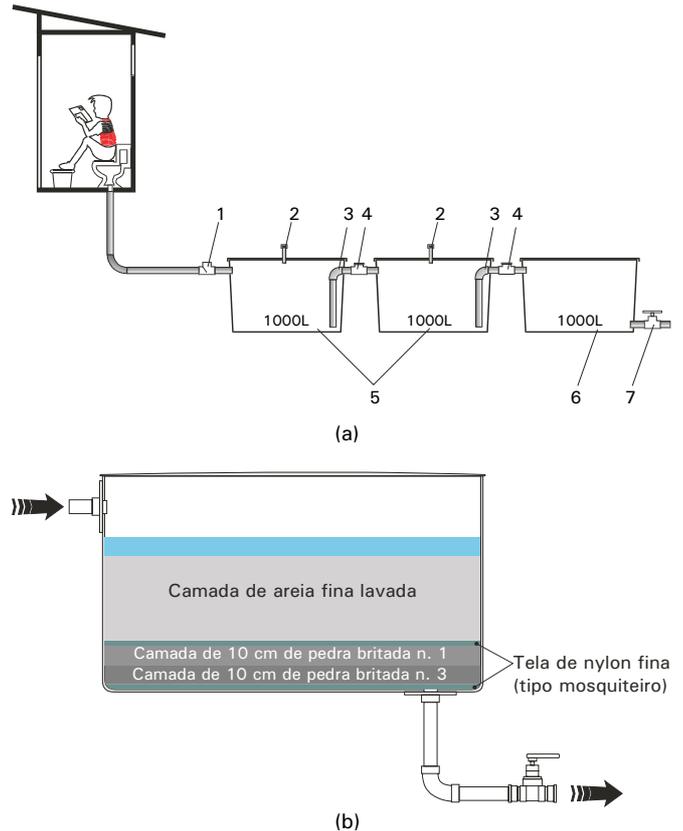


Figura 1 Esquema da fossa biodigestora. a) todo o sistema e b) 3ª. caixa projetada para remoção da matéria orgânica.

A figura 2 mostra a foto de um sistema montado.



Figura 2 Foto de um biodigestor montado. a) vista lateral e b) vista superior.

Como uma família é composta, em média, por 5 pessoas, e ao utilizar o vaso sanitário para descarga utiliza-se aproximadamente 10 L de água, isso resulta aproximadamente em 50 L de água/resíduos por dia lançados nas caixas biodigestoras, dando um total de 1500 L/mês. O material depositado nas caixas fermenta por aproximadamente 35 dias, período suficiente para uma completa biodigestão (Schoken-Iturrino, 1995), permitindo que o efluente possa ser utilizado como um adubo orgânico em canteiros com plantações a um custo praticamente zero.

Análise bacteriológica do efluente

Os coliformes totais/fecais, atuam como indicadores de qualidade de águas, sendo expressos em densidade, ou seja, como o "número mais provável (NMP) em cada 100 mL". Para análises microbiológicas do efluente, mensalmente retirou-se amostras na 3ª. caixa e realizou-se a contagem dos coliformes totais e fecais através da técnica de fermentação em tubos múltiplos, também chamada técnica do Número Mais Provável (NMP/100 mL) (Cetesb, 1997). Essas análises revelaram que o número de coliformes totais foi de 1100/100 mL em todas as análises. Quanto aos fecais foi de 3/100 mL nos dois primeiros meses e ausente nos subsequentes. É importante ressaltar que para comprovar a eficiência desse sistema de biodigestão na eliminação dos agentes patogênicos, foi colocado proposadamente esse agentes na 1ª. caixa após a segunda análise e monitorado a 3ª. caixa, porém em nenhuma análise eles foram detectados. A Resolução CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - Nº 20, de 18 de junho de 1986, publicada no D.O.U. de 30/07/1986, estabelece que para águas de classe 2 (utilizada para irrigação de hortaliças e plantas frutíferas), a concentração de coliformes fecais não deve exceder o limite de 1000/100 mL. Tendo em mãos essa resolução e os resultados aqui apresentados, observa-se que esse sistema de biodigestão foi eficiente na eliminação de agentes patogênicos que poderiam contaminar as águas subterrâneas e superficiais.

Efeitos da aplicação do efluente sobre a fertilidade do solo

Neste trabalho observou-se também os efeitos da aplicação do efluente, aqui denominado adubo orgânico, sobre o solo da Fazenda Belo Horizonte em Jaboticabal/SP (local onde o sistema foi implantado). Na tabela 2 estão os resultados da análise de fertilidade, para adubação química (NPK) e adubação orgânica.

Tabela 2 - Resultados da análise química de rotina, para determinação da fertilidade do solo após a aplicação de adubação NPK e do efluente do biodigestor nos perfis do solo de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm.

Adubação (prof./cm)	pH	pH	V	M.O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	Al ³⁺	CTC	S
	H ₂ O	CaCl ₂	%	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol. dm ⁻³						
NPK (0-10)	5,9	5,5	76	10	93	11,3	39	9	19	0	79	60
Orgânica (0-10)	6,3	5,5	69	15	177	6,6	31	11	22	0	71	49
NPK (10-20)	5,5	4,7	52	7	16	4,5	20	5	27	4	57	29
Orgânica (10-20)	5,1	4,5	59	7	16	5,5	26	6	27	4	64	38

A aplicação do efluente obtido da fossa biodigestora, levou a um aumento do conteúdo de matéria orgânica, de P extraível e da acidez potencial na primeira

camada amostrada, o que era esperado visto que se trata de um material orgânico provavelmente rico em P e em grupos ácidos. Por outro lado, provocou uma aparente lixiviação de K⁺ e Ca²⁺ para a camada de 10-20 cm, provavelmente pela adição de ácidos orgânicos de baixa massa molar e alta mobilidade no solo permitindo a mobilização destes nutrientes (Franchini *et al.*, 1999).

O conteúdo inicial de matéria orgânica era baixo, o que possibilitou o significativo aumento do seu conteúdo com a aplicação deste resíduo orgânico. Outro fato a se destacar são os elevados teores de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e P (segundo níveis de interpretação de resultados de análise de solo: IAC (1997)), o que pode estar acarretando um desequilíbrio nutricional, induzindo a deficiência de micronutrientes, provavelmente Zn²⁺, visto que o antagonismo P x Zn²⁺, quer seja no solo (Tisdale *et al.*, 1993) ou na planta (Marschener, 1986; Mengel & Kirkby, 1987), é bem conhecido e documentado. Assim, provavelmente, esteja ocorrendo uma deficiência de Zn²⁺ e/ou de outros micronutrientes na área tratada com adubação química e a aplicação do composto do biodigestor pode estar minimizando esta deficiência por ser uma fonte de micronutrientes ou por estar aumentando a disponibilidade destes pela adição de compostos orgânicos. Este fato pode explicar a melhora visual das plantas (figura 3) tratadas com este composto. Para confirmar esse fato, foi realizada análise para determinação de macro e micronutrientes no tecido vegetal, ou seja, análise foliar. Para coleta seguiu-se o procedimento descrito por Nogueira (1998), onde as folhas com cor amarelada foram descartadas. Os resultados são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da análise foliar após a aplicação de adubação NPK e do efluente do biodigestor.

Cultura (Adubação)	N g/kg	Ca g/Kg	Mg g/Kg	P g/kg	K g/kg	S g/kg	Cu mg/kg	Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Zn mg/Kg
Graviola (NPK)	20.63	15.95	3.20	1.17	13.55	1.07	123.11	118.97	58.80	10.83
Graviola (Orgânica)	16.33	27.90	3.70	1.24	9.27	1.04	144.60	169.24	65.49	10.63

Aqui, constata-se que, quando aplicado o efluente houve um aumento para os macronutrientes Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Fósforo (P) e um decréscimo para Nitrogênio (N) e Potássio (K), sendo que para o Enxofre (S) praticamente não houve variação. Para os micronutrientes também observou-se variações, ocorrendo acréscimo para a concentração de Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Manganês (Mn), sendo que para o Zinco (Zn) o valor foi muito similar entre os dois tipos de adubação.

Quando da análise da fertilidade do solo (ver tabela 3), não estava claro que o efluente poderia ser uma fonte de micronutrientes e isso explicaria a melhora no aspecto visual da planta (figura 3). A análise foliar aqui apresentada esclareceu tal indagação, demonstrando que o efluente é uma fonte de micronutrientes e, devido ao fato de que o solo está carente desse tipo nutriente, a aplicação do efluente foi ainda mais eficiente.

Foi feito também análise de nitrogênio na forma mineral, comparando os valores obtidos entre os dois tipo de adubação. O N é um dos mais caros macronutrientes, o mais instável no solo e considerado como o principal limitador da produção agrícola, sendo absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺). Esse macronutriente regula a velocidade de decomposição e a

atividade microbiana; se a matéria orgânica contiver menos de 1,2% de N, conseqüentemente uma relação C/N alta, pode-se esperar que a imobilização do N mineral do solo será maior que a mineralização do C, e o processo de decomposição será lento. Nesse caso os microorganismos usam o NO_3^- ou o NH_4^+ do solo para formar proteínas; e com isso a produção de húmus será menor. As análises realizadas mostraram (tabela 4) que, quando aplicado o efluente do biodigestor, houve um aumento de aproximadamente 17% na concentração de NH_4^+ no perfil de 0 a 10 cm e 9% entre 10 e 20 cm. O aumento para o NO_3^- foi de 23% de 0 a 10 cm e de 15% entre 10 e 20 cm.

Tabela 4 - Resultados da análise química de rotina, após a aplicação de adubação NPK e do efluente do biodigestor, nos perfis do solo de 0 a 10 e 10 a 20 cm.

Amostra	N - NH_4^+	N - NO_3^-
Adubação Química 0-10 cm	16,24	9,80
Biodigestor 0-10 cm	19,04	12,04
Adubação Química 10-20 cm	15,68	9,24
Biodigestor 10-20 cm	17,08	10,64



Figura 3 - Fotos de pés de graviola. a) Aplicação de adubação química e b) aplicação do efluente do biodigestor.

É importante ressaltar que o N em altas concentrações pode trazer prejuízos, tanto para as plantas, quanto para o ser humano, já que quando o NO_3^- é absorvido em grande quantidade, a planta não consegue metabolizá-lo totalmente (para incorporá-lo a compostos orgânicos formando aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados), ficando acumulado nos tecidos. Quando essas plantas são ingeridas pelo ser humano, no trato digestivo pode ser reduzido a nitrito (NO_2^-), que entrando na corrente sanguínea oxida o ferro ($Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina. Esta forma de hemoglobina é incapaz de transportar o O_2 para a respiração normal das células dos tecidos causando a chamada metahemoglobinemia. Outro problema é que parte do nitrito pode acabar combinando com as amins formando nitrosaminas, as quais são cancerígenas e mutagênicas (O Mito..., 2002). Contudo, a melhora no aspecto das plantas onde foi conduzido o experimento é visual (figura 3), quando da aplicação do adubo orgânico, onde observou-se maior quantidade de folhas com aspecto saudável, enquanto que para a adubação química há menor quantidade de folhas e as existentes estão amareladas com aspecto de planta doentia. Também observou-se melhoras significativas em outras culturas como couve, brócolis e noz macadâmia. É importante ressaltar que, essa diferença no aspecto das plantas foi observado na grande maioria das plantas, que as condições (temperatura, umidade, etc.) em que elas foram expostas foram similares, exceto pelo tipo de adubação e, que os efeitos sobre o solo e conseqüentemente sobre as plantas podem ser distintos, dependendo do tipo de solo e suas necessidades nutricionais.

Conclusões

Devido ao baixo custo para confecção, a eficiência demonstrada na biodigestão dos excrementos humanos e conseqüente eliminação de agentes patogênicos, esse modelo de fossa séptica pode ser indicado para substituir a tradicional "fossa negra", normalmente utilizada na área rural, e que é a principal responsável pela contaminação das águas subterrâneas, que abastecem os "poços caipiras". Quanto a reutilização do efluente, o mesmo mostrou-se ser uma fonte de macro e micronutrientes para as plantas, além de matéria orgânica para o solo.

Agradecimentos

Ao Srs. Luiz Aparecido Godoy, Valentim Monzane, funcionários da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelos serviços técnicos e Gilberto Batista de Souza, funcionário da Embrapa Pecuária Sudeste, pelas análises de solo e foliar.

Bibliografias Consultadas

ALENCAR, J. *Biogás: energia do meio rural para o meio rural*. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1980. 11 f.
 ALVES, S. M.; MELO, C. F. M.; PRAKASAN, K. *Produção e utilização de biogás a partir do esterco de bubalinos*, Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 46).
 BIODIGESTOR. Disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/escolas/juliano/biodiges.html#6>. Consultado em: 14 fev. 2002.

COMASTRIN FILHO, J. A. *Biogás: independência energética do pantanal matogrossense*, Corumbá: EMBRAPA-UEPAE de Corumbá, 1981. 53p. (EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. Circular Técnica 9).

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. *Progás: programa de produção e uso do biogás*. Campinas, 1981. 9 p. (Documento Técnico Cati, 35).

CORGATTI NETO, A.; CRUZ, E. R. *Experiência brasileira de pesquisa econômica para o setor rural*. Brasília: EMBRAPA-PNPE-DEP, 1984. 240 p. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 11).

ESTIMATIVA de concentração de bactérias a partir dos resultados da técnica dos tubos múltiplos: água, qualidade padrão, potabilidade e poluição. [S.l.]: CETESB, 1997. Não paginado.

FERRAZ, J. M. G.; MARIEL, I. E. *Biogás: fonte alternativa de energia*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1980. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 3).

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dynamic of íons in acid soil leached with green manure residues extracts and pure solutions of organic acids. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, 1999.

IAC. Programa de Controle de Qualidade de Laboratórios com o Sistema IAC de Análise de Solos. *Análise do solo: unidades de interpretação*. [Campinas], 1997. 1 folder.

MARSCHENER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 674 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

NOGUEIRA, A. R.; MACHADO, P. L. O.; SANTANA do CARMO, C. A. F.; FERREIRA, J. R. *Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1998. 72 p.

OLSEN, J. E.; LARSEN, H. E. Bacterial decimation times in anaerobic digestions of animal slurries. *Biological Wastes*, Barking, v. 21, n. 3, p. 153-68, 1987.

O MITO do acúmulo de nitrato. Disponível em: http://www.labhidro.cca.ufsc.br/mito_nitrato.htm. Consultado em: 14 fev. 2002.

SCHOKEN-ITURRINO, R. P.; BENINCASA, M.; LUCAS JUNIOR, J.; FELIS, S. D. Biodigestores contínuos: isolamento de bactérias patogênicas no efluente. *Engenharia Agrícola*, Campinas, v. 15, p. 105-108, 1995.

SILVA, V. V.; AZEVEDO, J. N. Produção e consumo de biogás a nível de fazenda. Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1981. 21p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Circular Técnica, 1).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. *Soil fertility and fertilizers*. 5. ed. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

Comunicado Técnico, 46

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: 16 274 2477
Fax: 16 272 5958
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
www.cnpdia.embrapa.br

1a. edição
1a. impressão 2001: tiragem 300

Comitê de Publicações

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Secretária Executiva: Janis Aparecida Baldovinotti
Membros: Dr. Odílio Benedito Garrido de Assis,
Dr. João de Mendonça Naimé,
Dr. Rubens Bernardes Filho,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Membro Suplente: Débora Marcondes B. P. Milori

Expediente

Supervisor editorial: Dr. Odílio B. Garrido de Assis
Revisão de texto: Janis Aparecida Baldovinotti
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Valentim Monzane