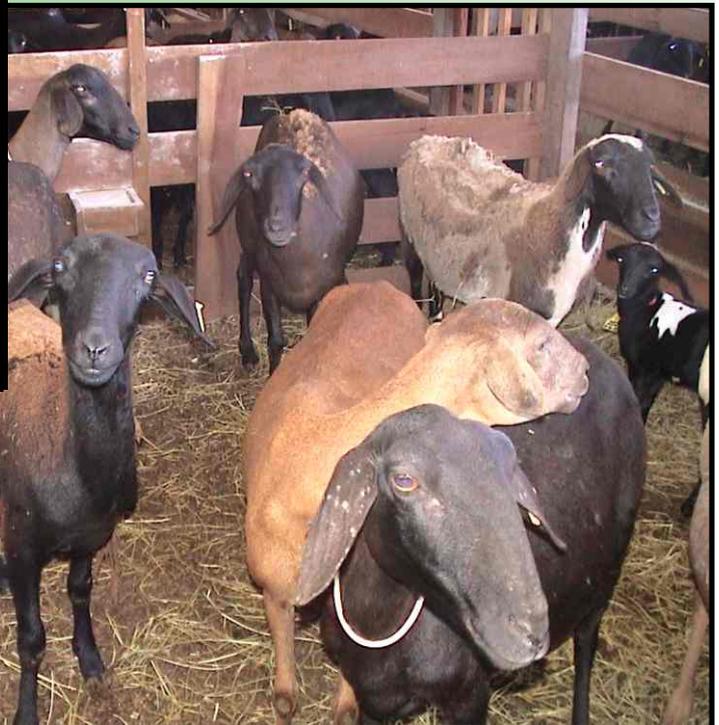


Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino



ISSN 1518-7179

Novembro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

Documentos 34

Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino

Wilson Tadeu Lopes da Silva
Adriana Soares Faustino
Antônio Pereira de Novaes

Embrapa Instrumentação Agropecuária
São Carlos, SP
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 3374 2477
Fax: (16) 3372 5958
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Carlos Manoel Pedro Vaz
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Valentim Monzane
Foto da capa: Joana Silva
Editoração eletrônica: Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2007): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

**A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).**

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação Agropecuária**

S586e Silva, Wilson Tadeu Lopes da
Eficiência do processo de biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora
inoculada com esterco de ovino. / Dr. Wilson Tadeu Lopes da Silva, Adriana
Soares Faustino, Antônio Pereira de Novaes. - São Carlos: Embrapa
Instrumentação Agropecuária, 2007.
20 p. - (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos,
ISSN 1518-7179; 34).

1. Área rural Saneamento básico. 2. Fossa Séptica Biodigestora. 3.
Biodigestão Anaeróbia. 4. Esterco ovino Inoculo. 5. Engenharia Sanitária. I.
Faustino, Adriana Soares. II. Novaes, Antonio Pereira de. III. Título. IV. Série.

CDD 21 ED 628.7

© Embrapa 2007

Autores

Wilson Tadeu Lopes da Silva

Químico, Dr., Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P.741,
CEP 13560-970, São Carlos (SP)
wilson@cnpdia.embrapa.br

Adriana Soares Faustino

Química, MSc., Estudante de Pós-graduação do
Instituto de Química de São Carlos
Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P.741,
CEP 13560-970, São Carlos (SP)
soares@cnpdia.embrapa.br

Antonio Pereira de Novaes

Veterinário, MSc., Consultor da Embrapa
Instrumentação Agropecuária, C.P.741,
CEP 13560-970, São Carlos (SP)
novaes-consultor@cnpdia.embrapa.br

Apresentação

A Fossa Séptica Biodigestora, tecnologia que junto com o Clorador Embrapa compõe o Sistema de Saneamento Básico para Áreas Rurais, foi desenvolvida pela Embrapa Instrumentação Agropecuária como alternativa eficiente para tratar esgoto doméstico nas localidades e residências onde falta acesso a esse serviço público.

Suas principais vantagens são a simplicidade e o baixo custo de instalação e seu uso promove o tratamento anaeróbio de fezes e urina humana pela passagem desses dejetos através de duas câmaras de fermentação (caixas d'água) interligadas por sistema de sifão. Ao final é produzido um efluente que fica armazenado em uma terceira caixa até ser utilizado como adubo orgânico no cultivo de espécies perenes.

O desenvolvimento original da fossa séptica foi orientado para fazer uso de esterco bovino como inoculante do processo, consideradas as características da sua microflora que digere todos os elementos que compõem os dejetos em tratamento, isentando o efluente, tanto de patógenos como salmonelas e shigelas, quanto de odores desagradáveis.

Este trabalho descreve os resultados obtidos na avaliação de uso da Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino, em estudo feito com o objetivo de ampliar o potencial de aplicação da tecnologia atendendo áreas nas quais a pecuária se desenvolve com pequenos ruminantes, notadamente no nordeste brasileiro.

Álvaro Macedo da Silva
Chefe Geral

Sumário

1. Tratamento de Esgoto na Área Rural	9
2. Processos Biológicos	10
2.1. Digestão Anaeróbia	10
3. Fossa Séptica Biodigestora	12
4. Microrganismos encontrados no sistema digestivo de ruminantes	12
5. Objetivos	14
6. Experimental	14
6.1. Local da instalação do experimento e amostragem	14
6.2. Análises do Efluente	15
6.2.1. Parâmetros Físico-químicos	15
6.2.2. Análise de coliformes	15
6.2.3. Condutividade e pH	15
6.2.4. Análise da Composição Mineral do Efluente por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES)	16
7. Resultados e discussão	16
7.1. Parâmetros Físico-químicos	16
7.2. Coliformes Totais e Termotolerantes	18
7.3 Composição Mineral do Efluente	18
8. Conclusões	19
Referências	20

Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino

Wilson Tadeu Lopes da Silva
Adriana Soares Faustino
Antônio Pereira de Novaes

1. Tratamento de Esgoto na Área Rural

O tratamento de esgoto em áreas urbanas no Brasil ainda não é suficiente para atender a crescente demanda da população, no entanto, apresenta-se num estágio avançado quando comparado com a situação da população na área rural.

Segundo dados do IBGE (2002), na área rural do Brasil há cerca de 32 milhões de habitantes, que em sua maior parte carecem de sistemas de saneamento básico. Aproximadamente 16 % dessa população possuem rede coletora de esgotos e/ ou fazem uso de fossas sépticas. Contudo, a grande maioria (41%) utiliza-se de fossas rudimentares, mais conhecidas como “fossas negras”, como solução final para o esgoto doméstico gerado (IBGE, 2004).

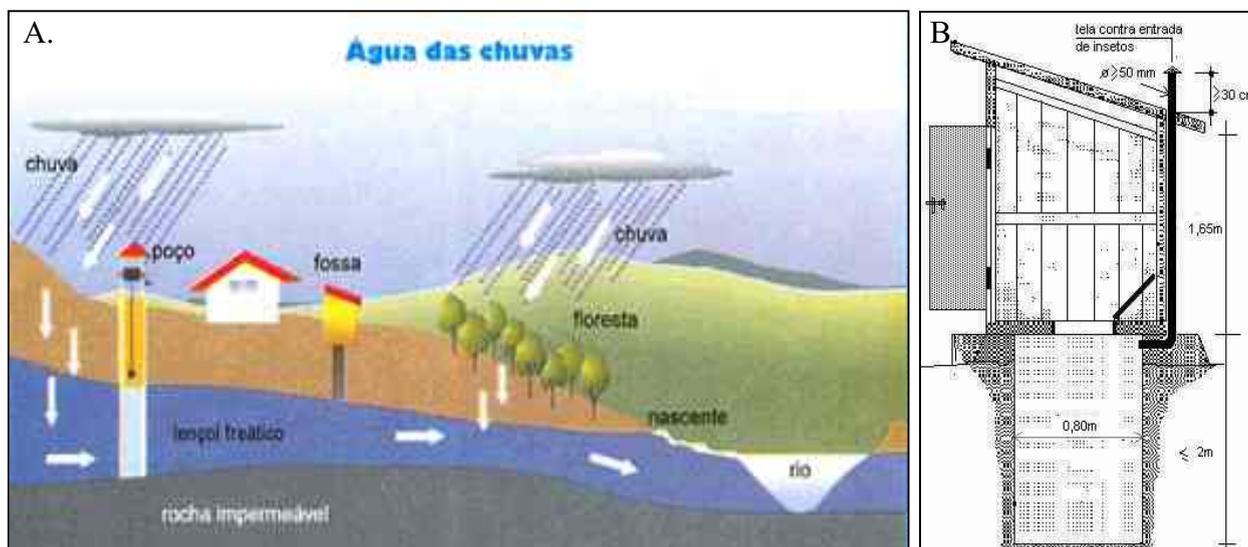


Fig. 1 - A. Fossa rudimentar mostrada em um contexto ambiental. B. Esquema de uma fossa rudimentar

Essas fossas rudimentares são as principais responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas que abastecem os “poços caipiras”. Na Figura 1A é apresentado um esquema mostrando uma fossa rudimentar em um panorama ambiental. O esgoto gerado na residência é depositado na fossa, que consiste de uma simples escavação feita no solo, sem qualquer revestimento interno de suas paredes (Fig. 1B). No interior da fossa ocorrem reações na matéria orgânica presente nas fezes, em virtude da intensa atividade

microbiana, com a liberação de um líquido de odor desagradável e também com altas concentrações de nitrato(NO_3^-) e coliformes fecais, denominado chorume. Este líquido se infiltra nas paredes da fossa e percola através do solo podendo atingir e contaminar as águas subterrâneas.

No Estado de São Paulo, verificaram-se alterações nas concentrações naturais de NO_3^- em águas subterrâneas. Dos poços analisados, 3% apresentaram concentrações de NO_3^- superiores a 10 mg L⁻¹. Ainda, segundo o relatório da CETESB (2004) foi registrado um aumento nas concentrações mínimas e máximas detectadas no período de 2001-2003, indicando um progressivo aporte de nitrato nesses poços atribuído, principalmente, à contaminação por esgoto doméstico. No mesmo relatório, também são mencionadas contaminações biológicas das águas subterrâneas, registrando a presença de coliformes fecais em concentrações na faixa de 1 a 5 % nos aquíferos analisados.

2. Processos Biológicos

Os processos biológicos usados em tratamento de esgotos são aqueles onde os microrganismos utilizam a matéria orgânica biodegradável em um reator biológico para obtenção de energia para as suas atividades e como fonte de matéria prima para a sua reprodução. Nestes processos, duas reações principais ocorrem, a de respiração, em que os microrganismos utilizam a matéria orgânica para a obtenção de energia, gerando os chamados produtos finais da respiração (CO_2 e H_2O) e a reação de síntese e reprodução em que a matéria orgânica é utilizada como matéria prima para a reprodução dos microrganismos. Ainda pode-se considerar que na falta de uma fonte externa de matéria orgânica, os microrganismos consomem matéria orgânica de sua própria composição, através de uma reação denominada respiração endógena.

No processo biológico, as reações de respiração podem ser pela via aeróbia, quando os microrganismos utilizam oxigênio dissolvido (OD) para converter a matéria orgânica biodegradável em dióxido de carbono e água. Na ausência de OD, porém com a presença de nitrato (N-NO_3), em uma condição denominada anóxica, este pode ser utilizado em substituição ao OD para a reação de respiração, resultando também, como produtos finais da respiração dióxido de carbono e água e liberação de N-gasoso, em uma reação denominada de desnitrificação. Na ausência de OD e de N-NO_3 , a reação de respiração é anaeróbia e tem como produtos finais dióxidos de carbono e gás metano (ALEM SOBRINHO, 2001).

2.1. Digestão Anaeróbia

O processo de digestão anaeróbia é conhecido desde o final do século XIX, caracterizando-se pela estabilização da matéria orgânica em ambiente livre de oxigênio molecular (Fig. 2). Devido à robustez e alta eficiência, a digestão anaeróbia está presente desde em simples fossas sépticas domésticas até em estações completamente automatizadas servindo a grandes regiões metropolitanas. Dentre os objetivos do processo anaeróbio estão as seguintes funções:

- redução substancial dos sólidos voláteis;
- redução significativa dos organismos patogênicos;
- estabilização de substâncias instáveis presentes no esgoto.

Normalmente, a digestão anaeróbia é opção preferida de estabilização, devido ao seu baixo custo operacional. A digestão anaeróbia gera como produtos da estabilização o gás carbônico e o gás metano, incentivando ainda mais esta opção de tratamento devido ao potencial energético gerado.

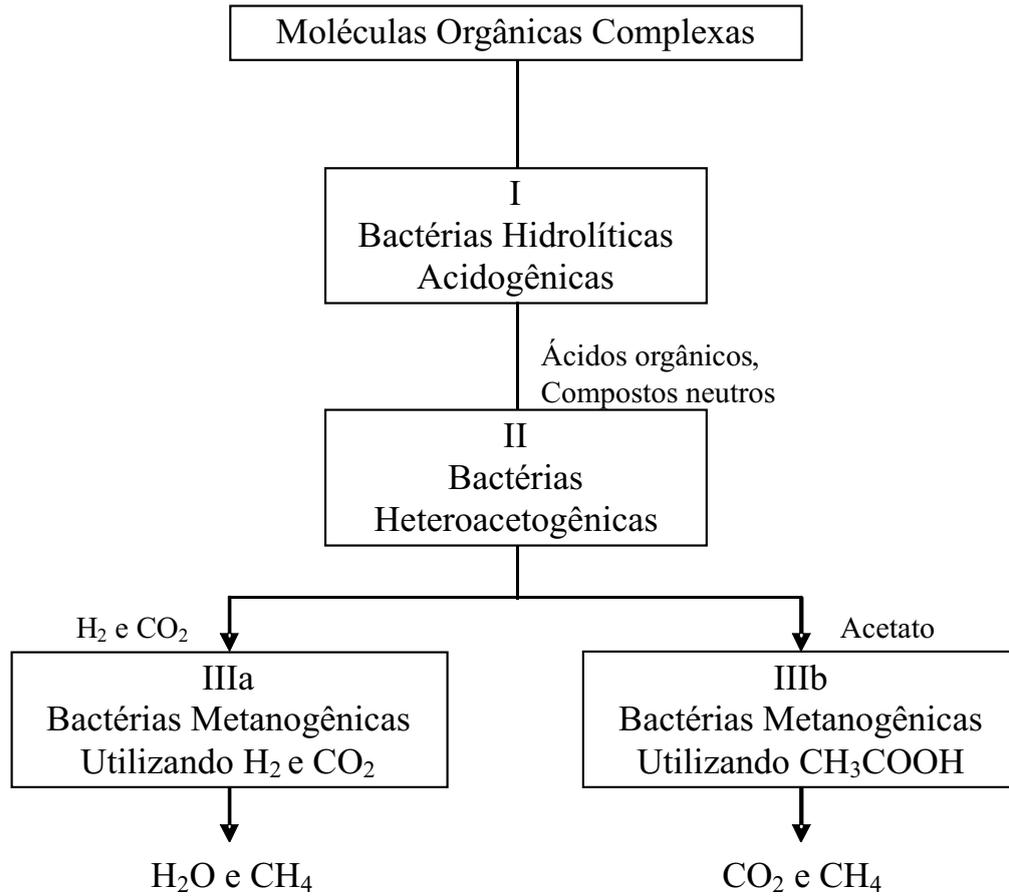


Fig. 2 - Esquema da via de degradação anaeróbica da matéria orgânica

A digestão anaeróbica é um processo bioquímico de múltiplos estágios, capaz de estabilizar diferentes tipos de matéria orgânica. O processo anaeróbico ocorre basicamente em seis estágios principais (JEYASEELAN, 1997):

- 1) Hidrólise de biopolímeros orgânicos complexos (proteínas, carboidratos e lipídeos) em monômeros (aminoácidos, açúcares e ácidos graxos de cadeia longa) por bactérias hidrolíticas (grupo I) (acidogênicas);
- 2) Fermentação de aminoácidos e açúcares por bactérias hidrolíticas (grupo I);
- 3) Oxidação anaeróbica de ácidos graxos voláteis e álcoois pelas bactérias heteroacetogênicas (grupo II);
- 4) Oxidação anaeróbica de produtos intermediários tais como ácidos graxos voláteis pelas bactérias heteroacetogênicas (grupo II);
- 5) Conversão de hidrogênio a metano pelas bactérias metanogênicas utilizando hidrogênio e dióxido de carbono (grupo IIIa);
- 6) Conversão de acetato a metano pelas bactérias metanogênicas utilizando acetato (grupo IIIb).

No biodigestor coexistem três grupos de bactérias mutuamente dependentes entre si: bactérias acidogênicas hidrolíticas, bactérias acetogênicas e bactérias metanogênicas. Esta população permanece em equilíbrio dinâmico, variando sua concentração de acordo com as condições operacionais de cada biodigestor. Outros organismos encontrados e que podem desempenhar papel fundamental no processo de digestão são as bactérias redutoras de sulfato e as bactérias desnitrificantes (ALEM SOBRINHO, 2001).

3. Fossa Séptica Biodigestora

O sistema denominado Fossa Séptica Biodigestora foi desenvolvido com o objetivo de promover o tratamento de esgoto em áreas rurais, onde segundo IBGE (2004) cerca de 84 % da população fazem uso de fossas rudimentares e/ ou não possuem qualquer tipo de captação / tratamento do esgoto doméstico.

O sistema de fossa biodigestora contribui para a viabilização do tratamento de esgoto doméstico e conseqüente produção de efluentes desinfetados. Consiste em um tratamento biológico do esgoto por ação de digestão fermentativa, utilizando-se de esterco bovino/ ovino como meio inoculante de bactérias. O sistema evita a proliferação de doenças veiculadas pela água poluída por esgoto doméstico (NOVAES et al., 2002).

Um esquema do sistema é mostrado na Figura 3. O sistema é composto por três caixas de fibrocimento de 1000 litros cada. Os tubos e conexões são vedados na junção com a caixa através de cola de silicone. A primeira caixa é ligada diretamente ao vaso sanitário. Todo o sistema permanece enterrado no solo visando manter um isolamento térmico. Inicialmente, à primeira caixa são adicionados, por meio da válvula de retenção, uma mistura contendo aproximadamente 10 L de esterco de ruminante fresco e 10 litros de água. O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e conseqüentemente a eficiência da biodigestão. Esse processo deve ser repetido a cada trinta dias. O dimensionamento do sistema faz com que o material depositado nas caixas fermente por aproximadamente trinta dias, período suficiente para uma completa biodigestão (SCHOKEN-ITURRINO et al., 1995).

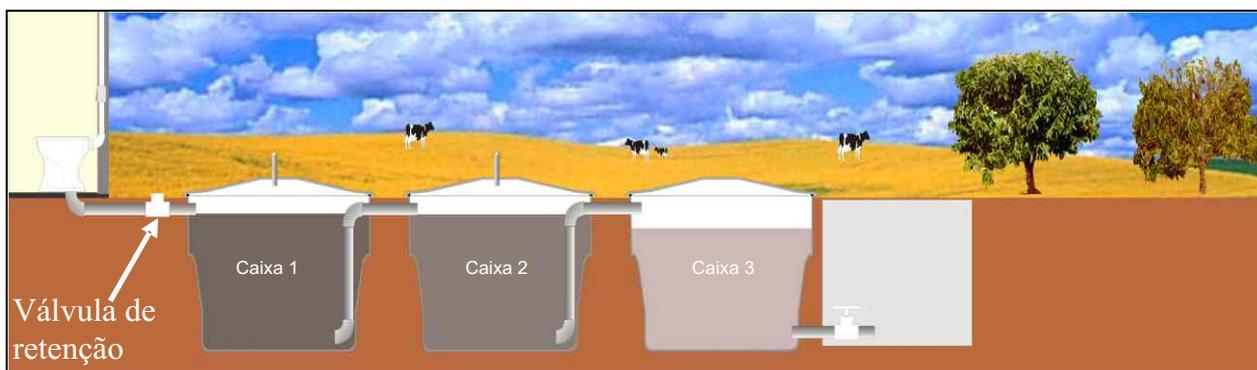


Fig. 3 - Esquema do sistema da fossa séptica biodigestora

4. Microrganismos encontrados no sistema digestivo de ruminantes

O ecossistema do rúmen consiste principalmente de bactérias (10¹⁰-10¹¹ células/mL), protozoários (10⁴-10⁶/mL), fungos anaeróbios (10³-10⁵ zoospóro/mL) e bacteriófagos (10⁸-10⁹/mL) (KAMRA, 2005), que habitam um sistema anaeróbio, ligeiramente ácido, a uma temperatura de 39° C e, ainda, uma fase gasosa composta principalmente de dióxido de carbono, metano e nitrogênio, portanto anaeróbia. As pastagens constituem a fonte principal de manutenção e renovação da flora microbiana. A Tabela 1 apresenta os principais grupos de bactérias presentes no rúmen bovino.

Tipos de Bactérias	Nomes
Celulolíticas	Bacteróides succinogenes, Ruminococcus flavefaciens, Ruminococcus albus, Ruminococcus Butyrivibrio fibrisolvens
Hemicelulolítica	Butyrífbrio fibrisolvens, Bacteróide ruminícola, Ruminococcus sp.
Pectinolíticas	Butyvífbrio fibrisolvens, Bacteróides ruminícola, Lachnospira multiparus, Succinivibrio dextrinosolvens, Treponema bryantii, Streptococcus bovis
Amilolíticas	Bacteróide amylophilus, Streptococcus bovis, Succimimonas Amylolitica, Bacteróide ruminícola
Ureolíticas	Succinivibrio dextrinosolvens, Selenomonas sp., Bacteróide

Protozoários	Hospedeiro
Holotriquiás	
<i>Isotricha prostoma</i>	Ovelha Bovino Zebu Blackbuck Bufalo Veado Cabra
<i>Isotricha intestinalis</i>	Bovino Bisao Cervo Veado
<i>Dasytricha ruminantium</i>	Ovelha Blackbuck Bufalo
<i>Oligoisotricha bubali</i>	Bufalo Bovino
Entodiniomorfos	
<i>Entodinium bovis</i>	Bovino iugoslavo
<i>E. bubalum</i>	Bovino Zebu
<i>E. bursa</i>	Bufalo
<i>E. caudatum</i>	Ovelha, Bovino e cabra
<i>E. chatterjeei</i>	Ovelha, Bovino e cabra
<i>E. longinucleatum</i>	Cabra da Índia e bufalo
<i>Diplodinium dendatum</i>	Bovino e bufalo
<i>D. indicum</i>	Amplamente distribuído
<i>Eremoplastron asiaticus</i>	Bovino indiano
<i>E. bubalus</i>	Bovino do Brasil e bufalo
<i>Ostracodinium trivesiculatum</i>	Bovino e bufalo
<i>Polyplastron multivesiculatum</i>	Bovino, ovelha, cabra, e blackbuck
<i>Metadinium medium</i>	Bovino, bufalo e reedebuck africano
<i>Ophryoscolex caudatus</i>	Amplamente distribuído
<i>Caloscolex camelicus</i>	Camelo e dromedário

A degradação microbiana dos esterco também ocorre de forma diferente, dependendo do animal. Segundo Souto et al. (2005), o esterco de bovino foi o que apresentou maior taxa de decomposição, quando comparado com os esterco de caprinos. Isso pode ser atribuído, provavelmente, à sua estrutura que favorece o ataque dos microrganismos. Já os esterco, caprino e ovino, que são em forma de "cíbalas", graças a uma membrana que os reveste, secam após serem excretados; todavia, ficaram muito duros, quando secos em estufa, contribuindo, provavelmente, para uma maior resistência à decomposição. Quando úmidas, as cíbalas ficam túrgidas e macias, favorecendo, assim, a atividade dos microrganismos.

5. Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram:

- Utilizar e acompanhar um sistema de "Fossa Séptica Biodigestora" inoculada com esterco de ovino (ovelha Santa Inês)
- Comparar os seus resultados com sistemas inoculados com esterco de bovino.

6. Experimental

6.1. Local da instalação do experimento e amostragem

A Fazenda Morro Verde localiza-se na cidade de Itirapina-SP. Nesta Fazenda, em abril de 2005, foi instalado no local um sistema da Fossa (Fig. 4), de caráter experimental, no qual substituiu-se o esterco de bovino usado como inoculante, por esterco de ovino (Santa Inês), visando avaliar e comparar a eficiência do processo de desinfecção. A casa onde foi instalado o sistema é habitada por 4 pessoas, dois adultos e duas crianças. O sistema recebeu esgoto somente do vaso sanitário. Foi utilizada uma quantidade de aproximadamente 10 L de esterco fresco, a cada 30 dias, a mesma prescrição utilizada para esterco de bovino. Esse experimento foi feito no intuito de atender as necessidades de tratamento de esgoto em propriedades rurais que não possuem criação de gado bovino, como freqüentemente, encontradas na região nordeste.



Fig. 4 – Sistema da fossa séptica biodigestora instalado na Fazenda Morro Verde – Itirapina/SP

Foram feitas três coletas, em julho de 2005, julho e outubro de 2006. Foi coletado um litro para análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Universidade de São Paulo (USP). A Tabela 3 apresenta as nomenclaturas das amostras e datas de coleta.

TABELA 3 – Nomenclatura adotada para as amostras de efluente

Nomenclatura	Data da coleta
1O1	1 Outubro/2005
1O2	
1O3	
2O1	2 Julho/2006
2O2	
2O3	
3O1	3 Outubro/2006
3O2	
3O3	

6.2. Análises do Efluente

6.2.1. Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos foram determinados segundo metodologias descritas na 20ª Edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", no Laboratório de Saneamento da USP em São Carlos.

6.2.2. Análise de coliformes

A análise de coliformes totais e termotolerantes foram determinados segundo metodologias descritas na 20ª Edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", no Laboratório de Saneamento da USP em São Carlos.

6.2.3. Condutividade e pH

Uma estimativa do teor total de sais em solução é obtida pela medida de sua condutividade elétrica (CE). A CE do efluente foi obtida após sua filtração. Para tal, calibrou-se o condutivímetro (Condutivímetro Horiba, modelo ES-12E) com solução de KCl 0,01 mol L⁻¹, sendo que a condutividade elétrica dessa solução é de 1,41 dS m⁻¹ a 25 oC. Lavou-se a célula de condutividade três vezes com água e encheu-a com o efluente filtrado. Usou-se um termostato para manter a temperatura a 25 oC.

Foram feitas análises de pH das amostras de efluente filtrado, utilizando eletrodo de vidro combinado.

6.2.4. Análise da Composição Mineral do Efluente por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES)

O conteúdo mineral foi obtido através da digestão por via seca de 0,10 g de efluente liofilizado pesadas em cadinho de porcelana. As amostras foram calcinadas em mufla elevando-se a temperatura até 550oC, na qual permaneceu por duas horas. Após resfriamento até a temperatura ambiente, foram adicionados 10 mL de ácido clorídrico

concentrado e aqueceu-se em banho de areia até completa evaporação do ácido. Novamente esperou-se alcançar a temperatura ambiente. Lavaram-se os cadinhos com 5 mL de HCl 1,0 mol L⁻¹, e em seguida com mais 5 mL de água deionizada, transferindo a solução para tubos plásticos com tampa. O volume final de extrato foi de 10 mL, em solução ácida 0,05 mol L⁻¹. A digestão foi feita em duplicata. As amostras digeridas foram quantificadas em espectrômetro de emissão ótica com plasma de argônio induzido marca VARIAN, modelo Vista RL.

7. Resultados e discussão

7.1. Parâmetros Físico-químicos

Uma análise visual do biodigestor inoculado com esterco de ovino mostra que este possui características bastante similares às aquelas observadas em sistemas inoculados com esterco de bovinos: ausência de odores desagradáveis e eliminação de gases típica de sistemas anaeróbios. O efluente possui uma cor mais amarelada, quando comparado ao sistema inoculado com esterco bovino.

A Resolução N°357 do CONAMA de março de 2005, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente em corpos de água. Na Tabela 4 estão listados os dados obtidos para o efluente (caixa 3 do sistema da fossa), das coletas 2 e 3, feitas em julho/2006 e outubro/2006, respectivamente.

TABELA 4– Parâmetros físico-químicos das amostras de efluente da caixa 3

Parâmetros	203	303	B
pH	8,05	8,14	8,33
DQO* (mgO ₂ L ⁻¹)	638	576	461
DBO5* (mgO ₂ L ⁻¹)	411	344	220
N-NO₃ (mgN L ⁻¹)	0,86	2,02	2,41
N-NH₄ (mgN L ⁻¹)	562	517	404
N.Total (mgN L ⁻¹)	614	672	465
Fosfato Total (mgPO ₄₋₃ L ⁻¹)	32	12	33
Oleo / Graxa (mg L ⁻¹)	44	34	44
SST* (mg L ⁻¹)	96	117	110
SSV* (mg L ⁻¹)	88	89	102
SSF* (mg L ⁻¹)	8	28	8
Condutividade (dS cm ⁻¹)	5,35	4,24	3,41

Na Tabela 4 revela uma composição variável do efluente em virtude dos fatores mencionados.

Os resultados apresentados, demonstram q* Amostras: O – Sistema inoculado com esterco ovino, Fazenda Morro Verde; B – Valores médios de sistema inoculado com esterco de bovino. Os números iniciais 2, 3 referem-se, respectivamente à ordem das coletas (07/2006

e 10/2006). DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO5 – Demanda Bioquímica de Oxigênio; SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; SSF – Sólidos Suspensos Fixos. (FAUSTINO, 2007)

Na Tabela 4 pode-se observar que o processo de biodigestão ao longo das caixas do sistema gera efluente, de caráter alcalino, com valores de pH superiores a 8, devido à degradação de proteínas e uréia em meio anaeróbio, que gera uma quantidade substancial de amônia, que em meio aquoso, passa para forma de hidróxido de amônio.

Os valores para as concentrações de Nitrogênio total (Tabela 4) estiveram em torno de 600 mg N L⁻¹, acima dos valores médios encontrados para o sistema inoculado com esterco bovino e para os teores de matéria orgânica, representados pela DQO e DBO5, os valores encontram-se acima do observado para sistema inoculado com esterco de bovino.

Os teores de sólidos suspensos fixos e suspensos voláteis são um indicativo da fração mineral e orgânica, respectivamente, presente no efluente. Os valores de SSV apresentaram-se praticamente constantes entre as amostras.

A formação do efluente é influenciada por vários fatores dentre os quais estão a utilização do esterco (inoculante) recém coletado, sendo que este afeta diretamente o processo de biodigestão, e a mudança na alimentação humana, observada em especial, em épocas mais frias do ano, onde há maior tendência de consumir alimentos gordurosos. A influência deste último pode ser observada nos teores de óleo e graxas provenientes das gorduras e óleos usados na alimentação. Para a amostra 203 e coletada em agosto de 2006, esses teores são superiores aos das 303 coletada em outubro de 2006. No geral, a análise dos parâmetros listados na Tabela 4 revela uma composição variável do efluente em virtude dos fatores mencionados.

Os resultados apresentados, demonstram que o sistema inoculado com esterco ovino não possui a mesma eficiência de um sistema inoculado com esterco de bovino.

7.2. Coliformes Totais e Termotolerantes

Fez-se a análise de coliformes termotolerantes e coliformes totais no efluente contido na terceira caixa do biodigestor, comparando com observado para um sistema inoculado com esterco bovino. Os valores médios observados são descritos na Tabela 5.

TABELA 5- Valores observados de coliformes totais e coliformes termotolerantes (fecais) na última caixa do biodigestor. Valores médios observados.

Tipo de inoculante	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes
Esterco de bovino	8,8 x 10 ⁵	1,4 x 10 ⁴
Esterco de ovino	1,8 x 10 ⁶	3,6 x 10 ⁵

Observa-se que o sistema inoculado com esterco de ovino, apresenta uma menor eficiência na redução de coliformes, comparado com o sistema inoculado com esterco bovino. Várias podem ser as razões para essa diferença, que vão desde a variação na diversidade microbiana existente nos respectivos rumens, até a dificuldade de coleta de esterco fresco em quantidade satisfatória, já que as fezes dos ovinos são compostas de esferas de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro. Isso facilita o ressecamento e entrada de ar nas fezes frescas, o que pode inviabilizar parte das bactérias inicialmente contidas no esterco.

7.3 Composição Mineral do Efluente

Uma estimativa da composição mineral do efluente é apresentada na Tabela 6. O efluente possui quantidades significativas de macronutrientes (K, P, Ca e Mg) e menores de micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu). Esses nutrientes possivelmente se encontram ligados à matéria orgânica do efluente, sendo liberados de forma gradual para o solo.

TABELA 6 – Composição mineral das amostras de efluentes gerados no final do sistema

Elementos (mg L-1)	1O3*	2O3	3O3	B
Na	179,55 (0,39)	214,94 (5,88)	239,25 (2,70)	235,3 (12,3)
K	134,48 (4,52)	134,06 (6,69)	143,07 (2,03)	115,42 (5,0)
P	44,26 (0,78)	43,00 (1,48)	39,31 (0,18)	42,5 (3,1)
Ca	42,51 (0,42)	36,82 (1,29)	30,14 (0,57)	19,5 (1,1)
Mg	14,57 (0,15)	10,78 (0,35)	8,12 (0,27)	4,6 (0,3)
Fe	0,70 (0,03)	0,30 (0,02)	0,47 (0,02)	0,45 (0,15)
Mn	0,11 (0,00)	0,04 (0,01)	0,02 (0,00)	0,063 (0,003)
Zn	0,26 (0,01)	0,07 (0,01)	0,17 (0,01)	0,24 (0,02)
Cu	0,05 (0,01)	0,03 (0,00)	0,04 (0,01)	0,08 (0,01)

*O – inoculado com esterco Ovino; B – inoculado com esterco Bovino (valores médios). Os números iniciais 1,2 e 3 referem-se, respectivamente, à ordem de coleta das amostras (10/2005; 07/2006 e 10/2006) e os seguintes à letra, às caixas 1, 2 e 3 do sistema. () desvio médio das medidas

Observaram-se também altas concentrações de sódio, quando comparados com as obtidas para os nutrientes. No entanto, essas concentrações estão dentro da faixa de 50-250 mg L-1 observada para efluentes secundários de esgoto tratado no mundo, segundo FONSECA (2005). Do ponto de vista de macro e micronutrientes encontrados no efluente produzido pela Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino, observou-se que os valores encontrados (Tabela 6) são bastante similares entre si e comparáveis àqueles encontrados com o sistema inoculado com esterco bovino.

8. Conclusões

O sistema biodigestor denominado “Fossa Séptica Biodigestora” possui características importantes quanto à sua aplicação no tratamento do esgoto gerado em residências rurais, tais como, eficiência no tratamento, facilidade de manejo e custo acessível. O sistema foi inicialmente concedido através da inoculação de esterco bovino fresco ao sistema, que possui uma série de microrganismos adaptados a sistemas anaeróbios e que conseguem desdobrar uma série de substâncias orgânicas presentes no esgoto, facilitando assim a desinfecção do efluente. O uso direto de esterco de outro ruminante como inoculante, no caso ovelha da raça Santa Inês, em substituição ao esterco de bovinos, não apresentou a mesma eficiência, tanto do ponto de vista de aspectos físico-químicos, quanto de diminuição de coliformes termotolerantes.

Várias podem ser as razões para essa diferença, que vão desde variações na diversidade microbiana existente nos respectivos rumens, até a dificuldade de coleta de esterco fresco em quantidade satisfatória, já que as fezes dos ovinos são compostas de esferas de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro. Isso facilita o ressecamento e entrada de ar nas fezes frescas, o que pode inviabilizar parte das bactérias inicialmente contidas no esterco.

Estes resultados não inviabilizam a idéia do uso de esterco de ovino na Fossa Séptica Biodigestora, entretanto, mostra a necessidade de redimensionamento do sistema e/ou modificação de manejo.

Referências

ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, de P. de C.T. de; MELFI, A. J.; MELO, W. J. de; MARQUES, M.O. (Ed.). Biossólidos na agricultura. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2001. p. 7-40.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 – 2003. São Paulo: CETESB, 2004. p. 77-94.

FAUSTINO, A. S. Estudos físico-químicos do efluente produzido por Fossa Séptica Biodigestora e o impacto do seu uso no solo. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

FONSECA, A. F.; ALLEONI, L. R. F. ; MELFI, A.J.; MONTES, C.R. "Cation exchange capacity of an Oxisol amended with an effluent from domestic sewage treatment". *Scientia Agricola, Brazil*, v. 62, n. 6, p. 552-558, 2005.

FRANZOLIN, M. H. T.; LUCCI, C. S.; FRANZOLIN, R. Efeitos de Rações com Níveis Crescentes de Cana-de-Açúcar em Substituição à Silagem de Milho sobre a População de Protozoários Ciliados no Rúmen de Ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v. 29, n. 5, p. 1452-1457, 2000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2002. Dimensão Ambiental - Saneamento. Tratamento de Esgoto. Rio de Janeiro, RJ., 2002. p. 126-127.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2004. Dimensão Ambiental - Saneamento. Tratamento de Esgoto. Rio de Janeiro, RJ., 2004. p. 135-164.

EYASEELAN, S. A simple mathematical model for anaerobic digestion process. *Water Science Technology, Oxford*, v. 35, p. 185-191, 1997.

KAMRA, D. N. Rumen microbial ecosystem. *Current Science, Bangalore*, v. 89, n. 1, p. 124-134, 2005.

NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P. E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. A. Utilização de uma fossa séptica para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 46).

NOVAES, A. P.; SIMOES, M. L.; INAMASU, R. Y.; JESUS, E. A. P.; MARTIN-NETO, L.; SANTIAGO, G. ; DA SILVA, W. T. L. Saneamento Básico na Área Rural. In: SPADOTTO, C.; Ribeiro, W.(Org.). Gestão de Resíduos na Agricultura e na Agroindústria. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2006. p. 262-275.

OLIVEIRA, J. S.; ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Diversidade microbiana no ecossistema ruminal. REDVET, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 1-12, 2007.

RUIZ, R. L. Microbiologia Zootécnica. São Paulo: Livraria Roca, 1992. 314 p.

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

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no Semi-Árido da Paraíba. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Piracicaba, v. 29, p. 125-130, 2005.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3374 2477 - Fax: (16) 3372 5958

www.cnpdia.embrapa.br - sac@cnpdia.embrapa.br

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

