

### III-465 - DESEMPENHO DE REATORES ANAERÓBIOS TRATANDO RSU COM DIFERENTES INÓCULOS: RESÍDUOS DE PRODUÇÃO ANIMAL

**Filipy Henrique Bonfim Andrade<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

**Alisson Carraro Borges**

Professor Doutor da Universidade Federal de Viçosa, Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto

**Diego Lopes**

Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

**Antover Panazzolo Sarmento**

Professor M.Sc. da Universidade Federal de Goiás. Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Pelotas

**Endereço<sup>(1)</sup>:** QMSW LT 05 BL B AP 110, Cruzeiro, Brasília - DF. CEP: 70.680-500. Tel: (61) 3365-4495, Fax: (61) 3365-4495. E-mail: [filipy.andrade@gmail.com](mailto:filipy.andrade@gmail.com)

#### RESUMO

Atualmente, em vários países tem sido observada a tendência de imposição de reduções nas quantidades da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU) a serem depositadas em aterro, devido a questão de área disponível para tal fim e aos inerentes impactos ambientais. Nessas nações, o uso da digestão anaeróbia vem se tornando frequente. Os reatores anaeróbios apresentam-se viáveis financeiramente, quando considera-se a recuperação de energia proporcionada pela produção de gás metano, que pode inclusive, gerar divisas no mercado mundial de créditos de carbono. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a resposta de digestores anaeróbios em batelada no tratamento da FORSU. Foram usadas 4 estratégias, que se diferenciaram em relação ao uso de inóculos agroindustriais na co-digestão da FORSU: estrume de gado, resíduos de avícolas, resíduos da caprinocultura e resíduos frescos da suinocultura. As variáveis analisadas foram velocidade de degradação, o rendimento e a estabilidade dos sistemas por medição de sólidos voláteis totais (SVT). Foram utilizados recipientes de 200 L como biodigestores de forma a direcionar o biogás produzido pela parte superior para uma planta medidora de gás, bem como uma estrutura de drenagem de chorume na parte inferior. Foram inoculados 45,48 kg de resíduos orgânicos de forma padronizada, que foram coletados em um restaurante universitário, um mercado tipo “sacolé” e em uma feira popular no município de Viçosa, MG. Para nivelar a carga orgânica biológica nos biodigestores, foram colocados 2716 g de SVT de cada inóculo. Ao final de 21 semanas, os biodigestores, que inicialmente estava vedado, garantindo as reações anaeróbias, foi aberto para análises da FORSU remanescente e do chorume drenado. Na experimentação obteve-se uma eficiência de remoção de SVT da fase total (sólida + líquida) de 42,3%, 19,2% e 25,2% para os inóculos de resíduos da suinocultura, bovinocultura e avícola, respectivamente. Um vazamento de chorume no biogestor com inóculo de caprinocultura resultou na falta de dados da fase líquida deste. Para a fase exclusivamente sólida, se obteve 52,6%, 29,1%, 34,2% e 32,8% para os inóculos de resíduos da suinocultura, bovinocultura, caprinocultura e avícola, respectivamente. No digestor inoculado com dejetos frescos de suinocultura obteve-se melhor eficiência, em comparação com os demais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodigestor, resíduos sólidos, fração orgânica, inóculos.

#### INTRODUÇÃO

É fato que ao decorrer dos anos a humanidade vem se deparando com vários problemas relacionados com os resíduos sólidos urbanos (RSU). A grande produção de “lixo” *per capita* das populações além de trazerem doenças, mau cheiro e poluição para o meio ambiente, se tornou um problema econômico, devido à necessidade de coleta, transporte, tratamento e disposição final.

São várias as tecnologias empregadas para a esta logística dos RSUs em pequenas e grandes cidades, sendo elas desde lixões a céu aberto a aterros sanitários que controlam e tratam os resíduos e chorume. Outra técnica a ser levada em consideração é a coleta seletiva conjunta com o tratamento aeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos por processos de compostagem, gerando um insumo agrícola de valor agregado. Em meio as opções de tratamento/disposição, destaca-se o usos de digestores anaeróbios de FORSU, que

apresentam a vantagem de simplicidade de manutenção e operação e provável aproveitamento energético de um de seus subprodutos, o metano ( $\text{CH}_4$ ).

Em experimentações em biodigestores de RSU, Duran (2009), conclui que a umidade e a massa específica aparente têm correlação quando se mede a produção de biogás. O aumento da massa específica aparente de  $800 \text{ kg/m}^3$  para  $1000 \text{ kg/m}^3$  resultou na redução de 90% na produção de metano para a umidade de 54,2%. Constatou-se também que o aumento da umidade de 49,2% para 58,7% com massa específica aparente de  $800 \text{ kg/m}^3$  implicou no aumento de 594% na produção de biogás.

A utilização de inóculos para acelerar a partida (*start-up*) do biodigestor tem sido confirmada por vários estudos realizados por experimentação. Carneiro (2005) desenvolveu estudos com adição de lodo anaeróbio a biodigestores de FORSU ocasionando a aceleração na degradação de ácidos graxos voláteis, antecipando a geração de biogás e aumentando a composição percentual de metano e promovendo, maior variabilidade e presença de microrganismos. A adição de lodo aumentou a velocidade da hidrólise e da gaseificação no reator de fase sólida em 2 e 3 vezes, respectivamente.

Galbiatti (2000) estudando a produção de biogás a partir de dejetos de ruminantes e monogástrico (bufalinos, bovinos, aves e suínos) com e sem inóculo, encontrou melhores resultados com 57,64% em redução de sólidos voláteis com o inóculo de suínos. Relacionando a produção de biogás à utilização de inóculo, antecipou-se, no experimento citado, a produção média de biogás em até 80 dias, quando comparado com os tratamentos sem inóculo.

De maneira geral, embora se registrem iniciativas de pesquisa sobre a tratabilidade e viabilidade da co-digestão da FORSU em digestores anaeróbios operados em bateladas, não se dispõe ainda de conhecimento suficiente sobre o máximo potencial desses sistemas e de sistemas modificados, sendo necessários mais estudos enfocando o tema.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em uma estufa localizada na Área Experimental da Hidráulica, Irrigação e Drenagem, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (AEHID/DEA/CCA/UFV). A área está localizada na cidade de Viçosa, Minas Gerais (latitude  $20^\circ 46' 20''$  S, longitude  $42^\circ 51' 72''$  O, altitude de 671 m e de clima Cwa, segundo a classificação de Köppen).

Inicialmente, o local não estava em condições de trabalho, havendo dificuldades de acesso e más condições físicas da estufa onde seria instalado o experimento. Dessa forma, deu-se início à reforma do local, incluindo limpeza da área ao entorno e dentro da estufa bem como a contratação de uma empresa especializada em reformas de estufas. Durante este momento de reestruturação, o processo de montagem do experimento deu-se no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

### Biodigestores

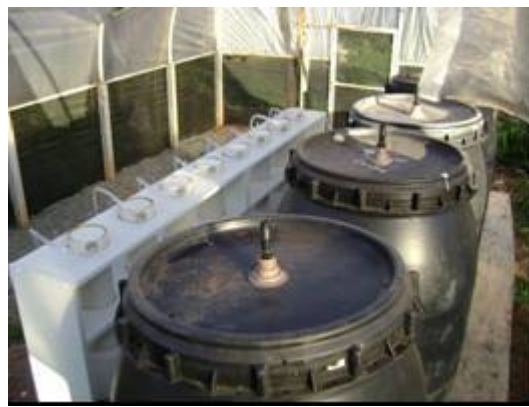
Para a confecção dos biodigestores foram utilizadas 4 recipientes chamados comumente no comércio de “bombonas” confeccionadas em polietileno de alta densidade (PEAD) de 200 L de volume cada, com tampas rosqueadas e vedação interna. Estes recipientes eram utilizados anteriormente para armazenar insumos de uma indústria alimentícia avícola (Figura 2). Os recipientes foram previamente lavados e higienizados para a montagem do experimento. Cada bombona era composta de uma saída inferior para chorume e saída superior, localizada na tampa rosqueada, para a saída de biogás. Tais saídas foram montadas com flanges de  $\frac{1}{2}$  pol e vedadas com silicone comum. Para obter melhor eficiência na drenagem do chorume a ser produzido, os primeiros 15 cm de fundo das bombonas foram preenchidos com seixos rolados de 5 cm de diâmetro, em média, advindos de unidades de filtração da Estação de Tratamento de Água da UFV (ETA/UFV).

Para o não entupimento da saída inferior, foi montado um cilindro em PVC 100 mm com tampa, de 10 cm de altura, homogeneamente com perfurações de 1 cm de diâmetro. Tanto na saída inferior quanto na saída superior, foram colocadas conexões para inserir uma mangueira de  $\frac{1}{2}$  pol para o transporte de chorume e biogás, respectivamente. Ao inserir o recheio, a tampa foi vedada com silicone para o não vazamento de biogás.

Para que os biodigestores ficassem suspensos a fim de garantir a drenagem de chorume pela parte inferior, foram confeccionados suportes em madeira com espaçamento ao centro para suporte de todo o peso do biodigestor e para a passagem da mangueira condutora de chorume. Ao final desta mangueira foram adaptadas torneiras de inspeção e válvulas de esfera para possível manutenção de todo o sistema.



(a)



(b)

**Figura 2. Bombonas de 200 L utilizado como biodigestores. (a) suporte e saída inferior para chorume. (b) saída superior para biogás.**

### Gasômetro

O conjunto de gasômetros montado seguiu as dimensões indicadas por Inoue (2008), sendo composto por 8 cilindros em PVC 200 mm de diâmetro e 50 cm de altura. Em sua parte superior, tampada, estava inserido um medidor de pressão do tipo tubo em U preenchido com água, nele foram feitas marcas para indicar onde é o nível de pressão interna. Para a aferição do volume de gás, o cilindro de PVC foi mergulhado em um balde contendo óleo de cozinha usado (óleo de fritura fornecido pelo Restaurante Universitário da UFV), servindo como uma coluna líquida, onde na sua parte inferior se inseria uma cano de ½ pol que conduzia o biogás para o cilindro, assim, com a pressão do gás, o cilindro subia no óleo. Foram feitas marcas no cilindro, afim de quantificar o quanto ele iria subir com a pressão do gás. Todos estes materiais (cilindro e balde) estavam apoiados em uma estrutura de compensado, produzido na marcenaria da UFV (Figura 3). A mangueira que saía da tampa rosqueada da bombona era engatada no flange adaptada no balde de óleo, sendo o biogás direcionado para o cilindro por um cano de ½ pol, anteriormente citado.



(a)



(b)

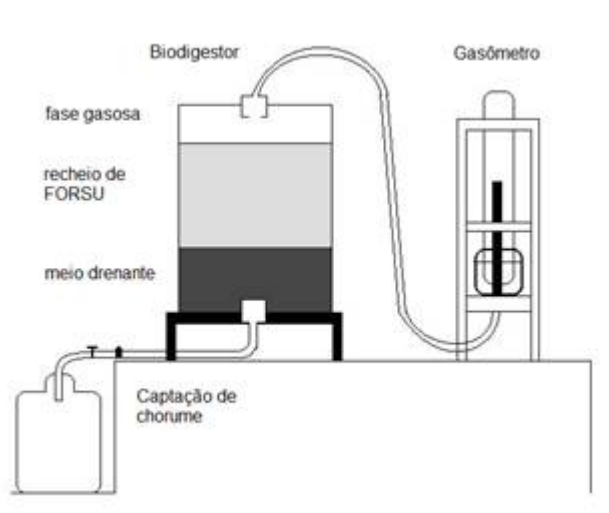
**Figura 3. Estrutura dos 8 gasômetros em coluna de óleo de cozinha. (a) vista completa. (b) vista detalhada dos tubos em U.**

### Conteúdo dos Biodigestores

Para a composição dos RSU a serem incubados nos biodigestores, foi utilizada como base o método de Carneiro (2005) de fração orgânica padronizada de resíduos sólidos urbano (FOPRSU). Entretanto, houve uma variação na composição deste material devido à indisponibilidade de certos alimentos, deste modo foi feita uma receita similar à proposta por Carneiro (2005), que está exibida na Tabela 1. O autor anteriormente citado

realizou um experimento com uma volume de 50 L. Sendo assim, por proporção, expandiu-se os experimento para 70 L, aumentando a quantidade de resíduos.

A conformação final dos biodigestores está esquematizada na Figura 4, e os tipos de resíduos utilizados e suas respectivas quantidades estão discriminados na Tabela 1.



**Figura 4. Esquema do sistema de biodigestores, gasômetro e captação da fase líquida.**

**Tabela 1. Composição da FORSU nos biodigestores**

Ingredientes	Composição	
	kg	%
Resto de bandeja do RU ( arroz, feijão, couve, tomate, pernil, cenoura)	8,7	19,1
Laranja	9,75	21,4
Banana	2,1	4,6
Tomate	2,5	5,5
Borra de café	1,4	3,1
Melancia	2,1	4,6
Batata	3,7	8,1
Cebola	1,25	2,7
Abobrinha	0,9	2,0
Mandioca (pedaço e casca)	2,4	5,3
Alface (talos e folhas)	2,1	4,6
Repolho (talos e folhas)	1,05	2,3
Couve	0,83	1,8
Carne (pele de frango e restos de carne de boi)	1,5	3,3
Queijo	0,5	1,1
Macarrão	1,2	2,6
Casca de ovo	1	2,2
Papelão úmido	1,2	2,6
Mato seco	1,3	2,9
<b>TOTAL</b>	<b>45,48</b>	<b>100,0</b>



Os ingredientes foram fornecidos por 3 estabelecimentos diferentes, sendo eles: 1) Um sacolão, onde foi disponibilizado restos da limpeza de bancas, contendo alimentos de pouco valor de venda que normalmente é dado a produtores rurais para alimentação de animais; 2) Feira Popular, onde foram coletados restos de feirantes que normalmente é coletado pela rede de limpeza urbana; e 3) Restaurante Universitário, onde foi disponibilizado restos da limpeza de hortaliças, verduras e frutas e restos de bandeja de almoço e jantar (Figura 5).



Figura 5. (a)(b) Composição da FORSU inoculado nos Biodigestores.

### Inóculos dos Biodigestores

No intuito de estudar o processo de decomposição da matéria orgânica biodegradável, foi sugerida a utilização de diferentes inóculos em uma mesma carga de sólidos voláteis totais (SVT), sendo eles: 1) estrume de gado; 2) resíduos frescos da suinocultura; 3) resíduos de avícolas e; 4) resíduos da caprinocultura, coletados no Setor de Bovinocultura, Setor de Suinocultura, Setor de Avicultura e Setor de Caprinocultura, todos da UFV. A carga adicionada de cada inóculo em seu respectivo biodigestor foi igual em termos de SVT com adição de 18,2 L de água para homogeneização e umedecimento dos resíduos animais, nivelando a quantidade total de SVT em cada biodigestor.

### Incubação e Inoculação

Para pesagem dos materiais, foi utilizada uma balança comercial de carga máxima de 15 kg. Cada ingrediente da receita da FORSU foi pesado separadamente, picado em tamanhos menores com uso de facas nas bancadas de trabalho, adicionando a mesma quantidade de cada item nos 4 biodigestores. Ao final da pesagem, foi feita uma homogeneização do resíduo inoculado com bastão de madeira e reviramento da bombona. Em seguida, foi adicionado o inóculo de resíduos animais sem nenhuma forma de agitação ou mistura com a FORSU, ficando este sobre o “lixo” e a fase aquosa percolou sobre a fração orgânica de RSU.

O material ficou 147 dias sob condições anaeróbia, garantindo a digestão do material inoculado. Após este tempo, foram feitas análises da FORSU remanescente e do chorume produzido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos diferentes inóculos

Para determinar a quantidade, em gramas, de cada inóculo a ser incubada junto com a FORSU nos biodigestores foram feitas proporções entre os diferentes inóculos (resíduos bovino, suíno, avícola e caprino) de forma a colocar a mesma quantidade de SVT em todos os biodigestores. Pinto (2000) recomenda que a incubação dos reatores seja feita de forma a deixar o meio de reação (resíduo + inóculo) com teor de ST da ordem de 13%, entretanto, o trabalho em questão utilizou SVT como norte de incubação, utilizando somente a mesma massa de SVT em todos os biodigestores. Sendo assim, a Tabela 2 indica alguns parâmetros previamente analisados.

**Tabela 2. Características físicas dos resíduos inoculados nos biodigestores.**

<b>Resíduos Inóculo</b>	<b>ST (%)</b>	<b>SVT (%)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Massa fresca inoculada (g)</b>
Suíno	25,20	19,45	74,80	14000
Bovino	18,93	16,90	81,07	16080
Caprino	38,90	33,63	61,10	8074
Avícola	33,66	25,46	66,34	10670

Para a aferição da quantidade a ser incubada, foram feitos cálculos com os resultados obtidos de teores de SVT dos 4 inóculos escolhidos, chegando numa proporção de 32% de SVT de inóculo na massa total incubada, isto é, todos os biodigestores receberam 2.716 g de SVT em forma de inóculo e 842.289 g de SVT da FORSU.

O estrume bovino apresentou menor quantidade de SVT e os resíduos avícolas apresentaram maior quantidade de SVT. As distinções entre os inóculos estão relacionadas com o quanto de material biodegradável o inóculo é composto, entretanto, esta análise isolada não tem correlação entre o potencial degradativo das comunidades biológicas presentes nestes inóculos. Tal discussão será feita no próximo item.

### **Caracterização da FORSU inicial e remanescente**

Nessa sessão, serão apresentados os principais resultados obtidos pela atividade experimental. Após 21 semanas da incubação da FORSU com seus respectivos inóculos nos biodigestores, o sistema foi aberto e deu-se início à fase de análises e discussão dos resultados alcançados (Figuras 6 e 7).



**FIGURA 6: Retirada de material do interior dos biodigestores.**



**FIGURA 7: Desaguamento de chorume.**

Os parâmetros escolhidos para analisar a FORSU inicial e remanescente foram: 1) Sólidos Totais (ST), 2) Sólidos Voláteis Totais (SVT), 3) Umidade e 4) Massa. As características da FORSU preparada para a experimentação apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3. Características físicas da FORSU inicial**

<b>ST (%)</b>	<b>SVT (%)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Massa (g)</b>
20,07	18,52	79,93	45480

Com a soma dos SVTs da FORSU e do inóculo tem-se um total de 11.138,9 g de SVT em cada biodigestor. Dessa maneira, a carga de sólidos aplicada em cada unidade foi equivalente à 55,7 kgSVT m<sup>-3</sup> batelada<sup>-1</sup>. A partir do valor de massa de SVT adicionada, foram calculadas as eficiências de cada ciclo (21 semanas).

Após a incubação foram realizadas análises da FORSU remanescente da degradação anaeróbia, exibidas na Tabela 4.

**Tabela 4. Características físicas do FORSU + Inóculo após incubação**

Biodigestor/Inóculo	ST (%)	SVT (%)	Umidade (%)	Massa (g)
1/Suíno	22,64	17,47	77,36	30.200
2/Bovino	22,65	19,70	77,35	40.100
3/Caprino	23,35	20,47	76,65	35.800
4/Avícola	26,37	19,81	73,63	37.800

### Caracterização do chorume produzido

Após realizar as análises da FORSU os biodigestores foram desaguados para a quantificação de variáveis físico-químicas do chorume. Os resultados se encontram na Tabela 5.

Houve um acidente de percurso no decorrer do experimento, sendo que a válvula de esfera do biodigestor de número 3, com inóculo de resíduos da caprinocultura, foi rompido por trincamento da rosca de encaixe. Todo o chorume que estava no recipiente foi perdido. Desta maneira, os valores relacionados às variáveis físicas e químicas do chorume gerado nesse biodigestor não foram obtidos.

**Tabela 5. Características físico-químicas do chorume produzido após 21 semanas.**

Biodigestor/ Inóculo	pH	CE	Turb.	Temp.	ST	SVT	DQO	DBO	Volume
		( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	(NTU)	(°C)	( $\text{mg.L}^{-1}$ )	( $\text{mg.L}^{-1}$ )	( $\text{mg.L}^{-1}$ )	( $\text{mg.L}^{-1}$ )	(L)
1/Suíno	4,69	19,78	153	34	56467	38922	78947	38708,8	29,6
2/Bovino	4,38	17,37	168	36	60148	40566	92982	42759,9	28,0
4/Avícola	5,56	19,51	81,2	34	45647	28403	84211	41072,8	29,6

### Eficiências de remoção de SVT

Com os dados de SVT de entrada (FORSU + inóculo) e saída (FORSU + inóculo + chorume) foi calculado a porcentagem de eficiência de remoção de SVT pelos diferentes biodigestores. Na Tabela 6 estão contidas as cargas totais de SVT de cada biodigestor (Tabela 8).

**Tabela 8. Cargas de SVT obtidas e eficiência das fases.**

Biodigestor/Inóculo	Carga Total				Eficiência da fase	
	SVT <sub>i</sub>	SVT <sub>f</sub> fase sólida	SVT <sub>chorume</sub>	SVT <sub>f</sub> total	Total	sólida
	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(%)
1/Suíno	11138,9	5274,9	1152,1	6427,0	42,3	52,6
2/Bovino	11138,9	7900,1	1095,3	8995,4	19,2	29,1
3/Caprino	11138,9	7328,4	n.d.	7328,4	n.d.	34,2
4/Avícola	11138,9	7486,7	840,7	8327,4	25,2	32,8

n.d.: não disponível

A eficiência total acima empregada é a soma de SVT do chorume (líquida) e de SVT da fase sólida, fazendo uma relação de remoção de SVT do sistema em sua magnitude.

Constatou-se que tanto na fase total (líquida + sólida) quanto na fase sólida, no biodigestor com inóculo de resíduos de suinocultura obteve-se melhor eficiência de remoção de SVT, sendo de 42,3% e 52,6%

respectivamente. O inóculo em que se obteve pior eficiência de remoção foi o de estrume de gado, obtendo eficiência na fase total de 19,2% e na fase sólida de 52,6%.

Os trabalhos feitos por Galbiatti (2000) não incluíam FORSU, sendo somente a biodigestão de resíduos agroindustriais para produção de biogás, entretanto os resultados por ele encontrados conferem com o presente experimento, sendo o inóculo de resíduos de suinocultura mais eficiente dentre os demais. Uma vez inoculado a mesma carga de SVT, esperava que este fato ocorresse, mesmo não tendo sido medida a produção de biogás como feito por Carneiro (2005).

### **Caracterização do Biogás**

Passado a fase de inoculação da FORSU e inóculo, a aferição de biogás seria diária. Dessa forma ao iniciar a medição no dia seguinte ao dia 0, notou-se que não havia tido nenhuma mudança no nível do cilindro medidor de gás. Chegou-se a conclusão, após verificação do experimento, que a tampa da bombona não tinha sido perfeitamente lacrada. Ainda na semana do dia zero, foram feitas uma série de manutenções no intuito de selar todo o sistema com silicone. Feito isto, notou-se que a metodologia utilizada para montagem do gasômetro e monitoramento de volume composição e da cinética de produção de biogás não atendeu à alta produção de pela degradação ocorrida no material inoculado nos biodigestores, uma vez que percebeu-se que foram sub-dimensionados. Feitas as manutenções constatado um borbulhamento intenso de biogás através do óleo na coluna montada no balde. Dessa forma, todo o biogás foi perdido ao longo de semanas de experimentação. Entretanto, no momento em que cessou a produção de biogás, deu-se início a fase de análise da FORSU remanescente e do chorume produzido. Abandonando um dos itens do projeto que era medição de biogás. Entretanto, estimativas poderão ser feitas de forma matemática, tendo com base outros parâmetros analisados.

### **CONCLUSÃO**

De acordo com os resultados averiguados no presente experimento, obteve-se nos biodigestores uma eficiência de remoção de SVT da fase total (sólida + líquida) de 42,3, 19,2 e 25,2% para os inóculos de resíduos da suinocultura, bovinocultura e avícola, respectivamente. Para a fase exclusivamente sólida, se obteve 52,6, 29,1, 34,2 e 32,8% para os inóculos de resíduos da suinocultura, bovinocultura, caprinocultura e avícola, respectivamente.

O biodigestor em que obteve-se o melhor desempenho de remoção de SVT da FORSU foi o inoculado com resíduos da suinocultura. A produção de biogás não foi mensurada por motivos de sub-dimensionamento da planta do gasômetro. Um novo experimento em menor escala foi montado para dar continuidade aos estudos desta área.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. CARNEIRO, P. H. Efeitos da adição de lodo ao inóculo de reator anaeróbio híbrido sólido-líquido tratando fração orgânica de resíduos sólidos urbanos. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.
2. DURAN, C. A., LATANZE, R., JÚNIOR, R. P. Avaliação da geração de biogás em ensaio de redução de volume por compressão em amostras de resíduo sólido urbano de ribeirão preto. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.
3. MICALI JUNIOR, J. R.; GALBIATTI, J. A.; PEREZ, H. L.; RAGAZZI, M. F.; NOGUEIRA, R. G. S. Produção de biogás a partir de dejetos de ruminantes e monogástrico com e sem inóculo. In: VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM, 2009, São Carlos. Anais... São Carlos: AUGM Ambiente, 2009.
4. INOUE, K. R. A. Produção de biogás, caracterização e aproveitamento agrícola do biofertilizante obtido na digestão da manipueira. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2008.
5. PINTO, D. M. C. L. Avaliação da partida da digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos inoculados com percolado. 2000. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000.