

BALANÇO DE MASSA DE REATORES ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTE COM MANTA DE LODO (UASB) EM SÉRIE, TRATANDO ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA.

R.D.A.RAMIRES¹, R.A DE OLIVEIRA²

¹ Farmacêutica, bioquímica, sanitária, Doutoranda, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV-UNESP, Jaboticabal/SP, Profa. Mestre, Núcleo de Ciências Biológicas, UNORP, São José do Rio Preto/SP, e-mail: prof_roseane@unorp.br.

² Engenheiro Agrônomo e Tecnólogo em Construção Civil, Prof. Assit. Doutor; Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP – Jaboticabal/SP

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: A digestão anaeróbia é um processo de tratamento de resíduos orgânicos que apresenta balanço energético mais favorável quando comparados aos processos aeróbios. Neste trabalho estimou-se o balanço de massa à partir dos valores das determinações de demanda química de oxigênio (DQO, sólidos voláteis do lodo e produção de CH₄ em reatores UASB em escala piloto instalados em série. Verificou-se que a DQO total removida convertida em CH₄ variou de 10,8 a 67,8% e a relação DQO-CH₄ por DQO dissolvida removida de 0,72 a 2,57, indicando alta participação da remoção física dos sólidos do afluente de 37 a 95%. A taxa de carregamento orgânico volumétrico (TCOV) influenciou no desempenho do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: digestão anaeróbia, balanço energético, reatores anaeróbios em série.

MASS BALANCE ESTIMATION IN UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE REACTORES (UASB), TREATING SWINE WASTEWATER

ABSTRACT: The anaerobic digestion is a process of treatment of organic residues that presents more favorable energy rocking when compared with the aerobic processes. In this work estimation of mass balance to leaving of the values of the determination of chemical demand of oxygen (DQO), sludge solid volatile and production of CH₄ in reactors UASB in scale pilot installed in series. It was verified that the total DQO removed converted into CH₄ varied of 10,8 67.8% and the DQO-CH₄ relation for dissolved DQO removed of 0,72 the 2,57, indicating high participation of the physical removal of solids of the tributary of 37 95%. The volumetric organic loading rate (TCOV) influenced in the performance of the system.

KEYWORDS: anaerobic digestion, energy balance, anaerobic reactors in series.

INTRODUÇÃO: A utilização de processos anaeróbios para reduzir o poder poluente de resíduos líquidos vem se destacando, pois além de minimizar o impacto ambiental, recuperam o potencial energético do resíduo em forma de biogás e fertilizante. Segundo KONZEN (1983), 1m³ de esterco produz em torno de 0,5m³ de biogás e 1m³ de biogás é equivalente energético a 0,66 litros de diesel

ou 0,7 litros de gasolina (OLIVEIRA, 1993). Na prática têm-se na digestão anaeróbia 90 a 95% do material orgânico metabolizado se transforma em metano, e somente 5 a 10% é sintetizado como massa bacteriana. (VAN HAANDEL & MARAIS, 1999). O aumento do preço da energia, nos anos setenta, diminuiu a atratividade de sistemas de tratamento aeróbio e intensificou a pesquisa de sistemas sem demanda de energia. Dentre as tecnologias anaeróbias, os reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) têm sido amplamente utilizados no tratamento de vários tipos de águas residuárias, via a simplicidade de construção e operação do sistema, somado ao bom desempenho do sistema de tratamento. Todavia a concentração de sólidos apresenta ser um fator limitante para o desenvolvimento dos microrganismos anaeróbios, implicando diretamente no rendimento do processo metanogênico. Uma alternativa para superar estas limitações seria a aplicação do processo anaeróbio em dois estágios, que consiste em dois reatores instalados em série, um para a hidrólise parcial da matéria orgânica particulada e o outro para digerir os compostos solúveis formados no primeiro reator (ELMITWALLI et al. 2002). Baseado no exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar o balanço de massa, a partir dos valores de DQO e produção de metano, variando-se a concentração de SST de 5000 e 10000 mg L e a taxa de carregamento orgânico volumétrico no primeiro e segundo reatores.

MATERIAL E MÉTODOS: A unidade experimental com o sistema de tratamento em dois estágios foi constituída por dois reatores UASB em escala piloto, instalados em série, com volume de 908 L (primeiro estágio) e 188 L (segundo estágio), caixas para preparação (peneiramento) e diluição dos dejetos de suínos, caixas para armazenamento do afluente, com agitação, e bomba helicoidal para a alimentação dos reatores UASB, conforme ilustrado na Figura 1.

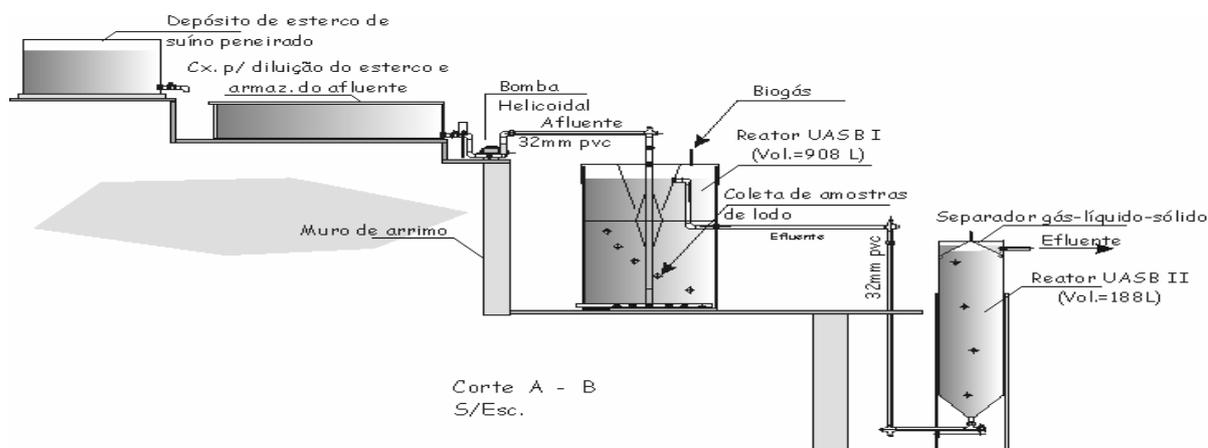


FIGURA 1. Corte longitudinal esquemático do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios com reatores UASB em escala piloto.

Para o monitoramento do biogás foram instalados dois selos hidráulicos e 04 gasômetros de fibra de vidro. O substrato utilizado para a alimentação contínua dos reatores foram os dejetos de suínos diluídos e pré-peneirados (peneira com malha quadrada de 2 e 4mm) para obtenção de concentrações de sólidos suspensos totais (SST) em torno de 5000 a 10000 mg L⁻¹, no afluente do reator 1. Os seguintes parâmetros foram analisados: demanda química de oxigênio (total (DQO_{total}), da fração dissolvida (DQO_{diss})); produção de gás, obtida diariamente, por meio do deslocamento vertical dos gasômetros, análise da composição do biogás, obtida por cromatografia gasosa. Os parâmetros foram realizados de acordo com APHA, AWWA, WPCF (1992), OLIVEIRA (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na tabela 1, observa-se que a porcentagem da DQO total removida convertida em lodo e em metano variou na média, respectivamente, de 3,1 a 22,1% e 21,4 a 67,8% para o primeiro reator; 9,2 a 49,5% e 10,8 a 28,9% para o segundo reator; 4,0 a 25,8% e 22,4 a 52,0%, para o conjunto de reatores. Os maiores valores de DQO total removida convertida em lodo foram observados no reator 2 em virtude da acumulação do lodo arrastado com o afluente do reator 1. Desta forma, estes resultados não refletem a formação de lodo no reator 2, pois incluem parte do lodo formado no reator 1. No reator UASB mesmo com o separador de fases, houve perdas acentuadas de biogás com o efluente e no sedimentador, refletindo em baixos valores de conversão de DQO total removida em metano. No estudo de OLIVEIRA & FORESTI (2004), tratando águas residuárias de suinocultura em reator UASB de 10,5 L, ressaltaram também que ocorreu perda de gás no separador de fases, além de perdas de CH₄ dissolvido na fase líquida, cuja concentração depende da temperatura e da pressão parcial desse gás na fase gasosa (Lei de Henry). Utilizando reatores ABR e UASB em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura com SST de 4300 a 7131 mg L⁻¹, FERNANDES (2004), obteve valores médios de DQO total removida convertida em metano na faixa de 9,2 a 10,6%, com TCOV de 7,81 a 10,12 kg DQO total (m³ d)⁻¹ no reator ABR, e 7,2 a 10,1% com TCOV de 8,60 a 9,63 kg DQO total (m³ d)⁻¹ no reator UASB.

TABELA 1. Estimativa do balanço de massa nos reatores 1 e 2 e o conjunto de reatores, de acordo com os procedimentos adotados por YANG & CHOU (1985).

Reator	TDH	TCOV	DQO Total Removida	DQO dissolvida removida	Prod. Diária CH ₄	Prod. Diária Lodo	DQO total removida convertida em CH ₄	DQO total Removida convertida em lodo	Eficiência Remoção Física	Y acumulado lodo acumulado	Relação DQO-CH ₄ por DQO diss.
	(h)	(a)	(g d ⁻¹)	(g d ⁻¹)	(g DQO-CH ₄ d ⁻¹)	(gDQO-SVd ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(e)	
1	36	5,5	3998,0	1224,0	1861,4	124,7	46,6	3,1	53	0,36	1,52
	18	14,4	4195,0	1191,0	2842,9	430,9	67,8	10,3	37	0,25	2,39
	36	13,2	1843,0	2274,0	3175,2	622,6	26,8	5,3	71	0,48	1,40
	18	34,4	3259,0	2322,0	2840,0	2924,6	21,4	22,1	77	0,52	1,22
	7,5	5,1	709,0	50,0	36,2	65,4	10,8	9,2	95	0,64	0,72
2	3,7	31,4	1968,0	198,0	359,9	307,3	18,3	15,6	90	0,61	1,82
	7,5	9,6	1143,0	332,0	291,2	381,8	25,5	33,4	77	0,52	0,88
	3,7	45,2	2112,0	350,0	609,7	1045,9	28,9	49,5	75	0,51	1,74
	36	10,6	4707,0	1274,0	1897,6	190,1	40,3	4,0	60	0,40	1,49
1+2	18	45,8	5163,0	2648,9	3202,8	738,2	52,0	12,0	54	0,36	1,21
	36	37,6	2986,0	1346,2	3466,4	1004,4	26,7	7,7	72	0,49	2,57
	18	79,6	5371,0	2412,4	3449,7	3970,5	22,4	25,8	77	0,52	1,43

a- unidade: Kg DQO total (m³d)⁻¹, b- cálculo: a partir da produção diária de CH₄ (L d⁻¹) nas CNTP tem-se :((produção diária de CH₄x16)/22,4)x4=(gDQO-CH₄ d⁻¹), c- cálculo: SSV do efluente (g/d)/1,48, d- denominador: eficiência da remoção física, segundo YANG & CHOU (1985), obtida por meio do valor da DQO acumulada no reator na forma de lodo (DQO total removida menos produção diária de CH₄), e- denominador: : fator de acumulação de lodo no reator (Y acumulado) segundo SAYED (1987), obtido por meio dos valores da DQO acumulada no reator na forma de lodo dividido por 1,48 g DQO (g SSV)⁻¹ e em seguida dividida pela DQO total removida.

A produção diária de biogás aumentou com o acréscimo da taxa de carregamento orgânico (TCOV) de 5,5 a 34,4 Kg DQO total (m³d)⁻¹ para o reator 1 e TCOV de 5,1 a 45,2 Kg DQO total (m³d)⁻¹ para o reator 2 . SANTANA & OLIVEIRA (2005) também observaram o aumento da produção de biogás com o aumento da TCOV em sistema de tratamento em dois estágios (reatores UASB com volumes de 705 e 175 L) onde variou o TDH de 48 e 24 h e concentração de SST de 2500 a 5000 mg L para o primeiro reator e 12 e 6 h para o segundo reator. O balanço de massa indicou que grande parte da matéria orgânica foi removida fisicamente (37 a 95%) o que resultou em altos valores de lodo acumulado nos reatores (Y acumulado), de 0,25 a 0,64 g SSV. (g DQO total removida)⁻¹. Comparando com a estimativa do balanço de massa de realizado por OLIVEIRA & FORESTI (2004) em reator UASB com volume de 10,5 L, tratando águas residuárias de suinocultura com TCOV de 1,63 Kg DQO total (m³d)⁻¹ e TDH de 30 h , resultou em

DQO total removida convertida em CH₄ 34%, observou-se que este valor foi superior aos obtidos neste trabalho, onde aplicou TCOV de 14,4 e 34,4 Kg DQO total (m³d)⁻¹ e TDH de 18 h. Todavia, os valores deste trabalho foram semelhantes e/ou superiores aos obtidos por SANTANA & OLIVEIRA(2005), com valores de remoção física de 43 a 84% e valores de 0,29 a 0,56 g SSV. (g DQOtotal removida)⁻¹ de lodo acumulado aplicando menores THD e concentração de SST, indicando o comprometimento do desempenho do sistema anaeróbico com o aumento dos SST e TCOV. Nos ensaios 1 e 2 observou-se nos reatores 1, 2 e o sistema (R1+R2) a diminuição da remoção física com a diminuição do TDH e incluindo o mesmo comportamento para o ensaio 3 e 4 do reator 2. A diminuição da remoção física com conseqüente acúmulo de lodo na manta, favoreceu um melhor desempenho nestes ensaios.

CONCLUSÕES: Através da estimativa do balanço de massa dos reatores UASB em série tratando águas residuárias, pode-se concluir que a remoção física dos sólidos foi um fator importante na eficiência de remoção da DQOtotal. O aumento do SST, TCOV influenciou no desempenho dos reatores.

AGRADECIMENTOS: os autores agradecem à UNORP/SJRP pelo auxílio financeiro e ao Sr. Hufen da empresa TIGRE S/A pela doação de material hidráulico para a construção dos reatores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 18 th. Washington, 1992.
- ELMIITWALLI, T.A.; SKLYAR, V.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. Low temperature pre-treatment of domestic sewage in an anaerobic hybrid or an anaerobic filter reactor. **Bioresource Technology**, v.85, n. 3, p. 233-239.2002
- FERNANDES, G.F.R. **Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura.** 2004. 135 f. Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- KONZEN, E.A. **Manejo e utilização de dejetos de suínos.** Concórdia – SC: EMBRAPA-CNPSA, 32p. (circular Técnica, 6) 1983.
- OLIVEIRA, R.A.; FORESTI, E. Balanço de massa de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n.3, p.807-820, set./dez. 2004.
- OLIVEIRA, R. A. de. **Efeito da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura.**1997. 389 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997
- OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Circular Técnica Suínos e Aves/EMBRAPA, n.27, p.1-188,1993.
- SANTANA, A.M.; OLIVEIRA, R.A Balanço de massa de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em dois estágios, tratando águas residuárias de suinocultura. **XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.** 2006.
- VAN HAANDEL, A; MARAIS, G. Digestão anaerobia IN: **O comportamento do sistema de lodo ativado.** Campina Grande. p. 22-25, 1999.
- YANG, P. Y., CHOU C. Y. Horizontal-baffled anaerobic reactor treating diluted swine wastewater. **Agricultural Wastes**, v.14, p. 221-239.

