

IV-Bastos-Brasil-2

GERENCIAMENTO DO LODO EM UM SISTEMA UASB + BF

Rafael K.X. Bastos⁽¹⁾

Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK), Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Chefe da Divisão de Água e Esgotos da UFV.

Fernando A. L. Assunção

Graduando em Engenharia Ambiental (UFV)

André Pereira Rosa

Graduando em Engenharia Ambiental (UFV)

César Sperchi Henrique

Graduando em Engenharia Ambiental (UFV)

Antônio Carlos de Souza

Graduando em Agronomia (UFV)

Aplicar

Foto

(1): Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil. 36570--000, Viçosa-MG, Brasil. Fone: (31) 3899 2352; Fax: (31) 3899 2819; e-mail: rkxb@ufv.br

RESUMO

Apresentam-se neste artigo os resultados de cerca de um ano de monitoramento de um sistema de tratamento de esgotos sanitários (reator UASB + biofiltro aerado submerso) e do gerenciamento do lodo produzido. A partir de intervenções na rotina de operação do UASB (descarte do lodo) e do biofiltro (frequência de retrolavagem), obteve-se um melhor controle operacional e desempenho do sistema, em termos de eficiência e estabilidade. O reator UASB apresentou uma eficiência média de remoção de DBO e DQO de, respectivamente, 85% e 81%, seguida de remoção adicional no BF de cerca de 30% (DBO) e 20% (DQO). O coeficiente de produção de biomassa (Y) no reator UASB foi determinado em torno de 0,69 Kg ST/Kg DQO_{aplicada} e 0,20 Kg STV/ Kg DQO_{aplicada}. De acordo com os resultados do monitoramento definiu-se uma rotina de descarte de lodo do reator de 2,4 m³ (volume do leito de secagem) a cada 4 a 7 dias, além de uma frequência de retrolavagem do biofiltro de dois dias. O gerenciamento do lodo incluiu a higienização (caleação), sob diferentes condições de mistura lodo/cal (30, 40 e 50% do peso seco de lodo). Com teor de unidade em torno de 70% e aplicação de cal a 50% do peso seco, em 40 dias de estocagem após a caleação foi alcançado o padrão lodo Classe A estabelecido pela legislação brasileira.

Palavras-chave: reator UASB, biofiltro aerado submerso, lodo, gerenciamento.

INTRODUÇÃO

Na busca de soluções tecnicamente satisfatórias e economicamente viáveis para o tratamento de esgotos em países como o Brasil, ganha cada vez mais interesse a associação reatores UASB e biofiltros aerados submersos (UASB + BF), em função, dentre outros aspectos, da elevada eficiência na remoção de matéria orgânica, da reduzida demanda área de área, dos baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, além da possibilidade do UASB receber e estabilizar o lodo gerado no BF. Entretanto, o desempenho e a estabilidade dos sistemas UASB + BF dependem de um bom controle operacional, com destaque para as rotinas de descarte de lodo do UASB e de retrolavagem do BF (CHERNICHARO, 1997; GONÇALVES, 2001).

O objetivo do descarte é a retirada periódica do lodo biológico em excesso e do material inerte que eventualmente venha a se acumular no fundo do reator, sendo que a frequência e o volume de descarte devem ser estabelecidos com base na avaliação da quantidade de biomassa presente no reator e na determinação do perfil dos sólidos presentes no sistema. Neste sentido, a determinação

do coeficiente de produção de biomassa (Y) pode orientar quanto à parcela de matéria orgânica convertida em material celular, sendo classicamente expresso em termos de $\text{kg SST} / \text{kg DQO}_{\text{removida}}$, entretanto, a experiência brasileira tem permitido expressar o coeficiente de produção de sólidos (Y_{obs}) em termos de $\text{kg SST} / \text{kg DQO}_{\text{aplicada}}$ e indica valores da ordem de 0,1 - 0,2 $\text{Kg SST} / \text{Kg DQO}_{\text{aplicada}}$ ou 0,11 - 0,23 $\text{Kg DQO}_{\text{lodo}} / \text{Kg DQO}_{\text{aplicada}}$ (CHERNICHARO,1997). Por outro lado, a rotina de operação no reator deve respeitar a área disponível para o descarte e o tempo necessário para a secagem do lodo (leitos de secagem).

No biofiltro, a rotina de descarte do lodo é dada pela lavagem do meio filtrante, visando a remoção do biofilme produzido em excesso no intervalo entre duas lavagens consecutivas e a garantia das melhores hidráulicas e do processo biológico aeróbio.

O lodo biológico descartado do sistema é também denominado de biossólido, valorizando a possibilidade de sua utilização produtiva, por exemplo, na agricultura. Para tanto, é necessário que as características químicas e sanitárias do lodo sejam compatíveis com a utilização pretendida, e assim, a higienização torna-se uma etapa indispensável. Uma das alternativas mais atrativas para a higienização do lodo é a caleação, em função de sua relativa simplicidade operacional e baixos custos. Por outro lado, a caleação exige um planejamento integrado com a produção de lodo, já que esta operação envolve a retirada de lodo do leito de secagem em momento adequado, principalmente em termos de teor de umidade (ANDREOLI et al., 2001).

Apresenta-se neste trabalho um estudo de caso de gerenciamento integrado da produção de lodo e de biossólidos em um sistema UASB + BF.

METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos, entre outubro de 2005 e agosto de 2006, na Unidade Integrada de Tratamento e Utilização de Esgotos da Viçosa, no município de Viçosa - MG, Brasil. A ETE em estudo (UASB + BF) recebe a contribuição de cerca de 800 habitantes, com uma vazão média de $115 \text{ m}^3 / \text{dia}$. O reator UASB apresenta um volume de 48 m^3 , altura de 5,70 m e TDH de 7 h; o BF uma área de $2,9 \text{ m}^2$ ($1,70 \text{ m} \times 1,70 \text{ m}$) e uma altura de 2 m (meio filtrante, brita), dividido em quatro células de iguais dimensões. Ambos são pré-fabricados em aço.

Desde 2003, o sistema é monitorado em frequência semanal, incluindo a determinação de DBO, DQO, sólidos, N, P, coliformes e ovos de helmintos. Até agosto de 2004, o descarte de lodo do UASB era realizado unicamente com base na concentração de SST no efluente do reator e em volume constante (em torno de 5% do volume útil do reator). A partir de então, e até a condução deste trabalho, passou-se a fazer o descarte em torno de 10% do volume útil ($4,8 \text{ m}^3$). Atualmente, o lodo é coletado em quatro alturas para a devida quantificação e caracterização da biomassa (no leito e na manta de lodo), para o cômputo da produção de lodo e para a orientação das operações de descarte. Como parte deste trabalho, detectado o acúmulo de sólidos do sistema optou-se por um descarte pontual mais elevado (8 m^3), e o retorno à rotina de descarte de 5% do volume útil (conforme adiante discutido e justificado).

Quanto ao biofiltro, até fevereiro de 2005 a operação de retrolavagem era realizada de forma um tanto empírica (diária), a partir de quando se iniciaram testes variando os intervalos de retrolavagem, de dois a nove dias (durante os meses de março a junho de 2005). Em uma etapa posterior (setembro a dezembro de 2005), a retrolavagem passou a ser dada com uma frequência alternada entre períodos de 2 e 4 dias, sendo a duração do descarte de cinco minutos e, durante o que, o reator UASB continuava alimentando o biofiltro. Na última etapa do monitoramento, buscou-se avaliar, mais detalhadamente, a melhor rotina de retrolavagem a conferir um menor impacto em termos de carga orgânica recirculada ao reator e de qualidade do efluente. Passou-se a interromper a alimentação ao biofiltro durante a lavagem e alternar-se intervalos de intensa aeração do leito (2 min) com o descarte do lodo acumulado (2 min) em cada uma das quatro válvulas de descarga (correspondente a cada célula do BF).

O lodo removido do BF e retornado ao UASB foi quantificado e caracterizado em termos de SST e DQO, por meio de amostras compostas durante o processo de retrolavagem. O lodo descartado do

UASB foi caracterizado em termos de ST, STV, STF, além do acompanhamento dos teores de umidade para o planejamento das operações de retirada do leito de secagem e início da caleação. A caleação foi realizada em betoneira para a mistura com diferentes doses de cal hidratada: 30, 40% e 50% do peso seco do lodo; os teores de umidade em torno de 70 %. A amostragem do lodo era realizada antes da caleação (aproximadamente três eventos de amostragem) e após a caleação (0, 10, 20, 40, 60, 90 dias). A amostragem (tanto do lodo caleado, quanto no leito de secagem) era realizada nas camadas superficial, mediana e profunda, sendo estas subamostras posteriormente homogeneizadas (em média 200g) para as análises laboratoriais. Durante o processo de higienização, foram acompanhados o teor de umidade e o decaimento de coliformes e ovos de helmintos. Ao início e ao término da caleação era determinada a composição química do lodo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho do sistema UASB + BF

Na Figura 1 encontram-se informações acerca da remoção de DBO, DQO e sólidos no sistema UASB + BF, apresentadas em termos de estatística descritiva (gráficos Box Plot) e referentes ao período de outubro de 2005 a agosto de 2006.

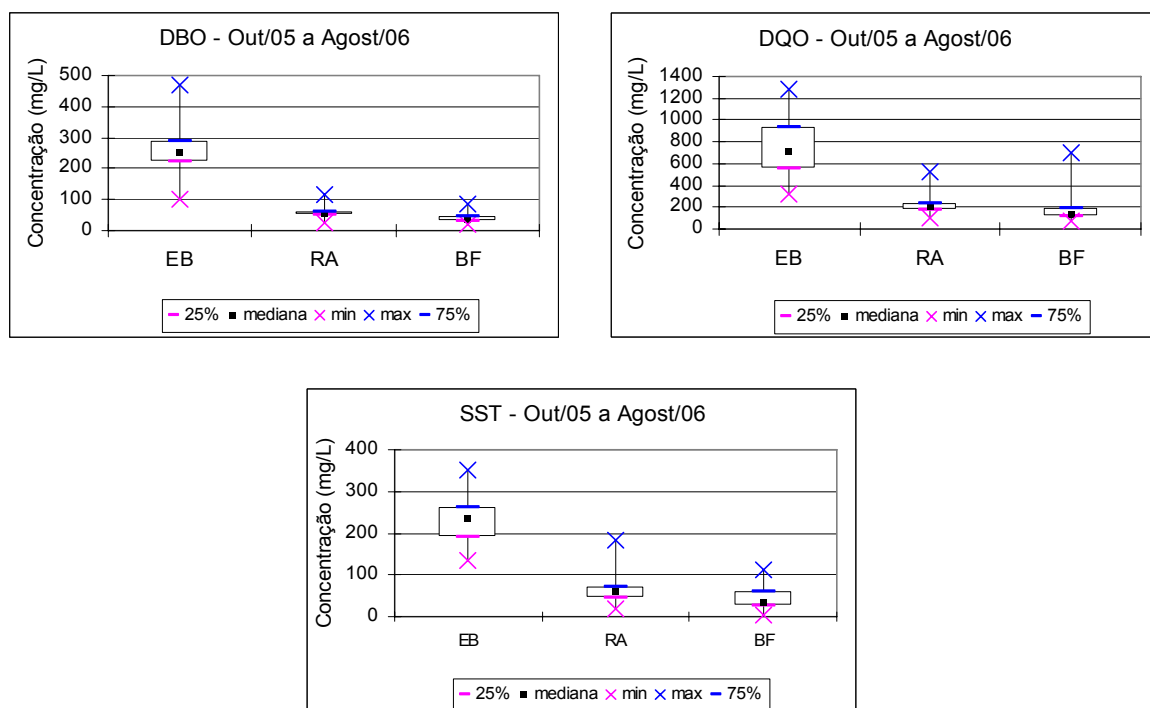


Figura 1: Estatística descritiva dos dados de DBO, DQO e SS, esgoto bruto e efluentes do sistema UASB + BF (outubro de 2005 a agosto de 2006).

O reator UASB apresentou, de forma consistente uma boa eficiência de remoção de DBO, DQO e sólidos, respectivamente de 78,0, 71,2 e 70,2%. Entretanto, o BF revela alguma limitação no pós-tratamento: no período em estudo, a remoção adicional de DBO foi de 29,5%, a de DQO de 20,4% e a de SST de 36,0%. No que tange ao desempenho do sistema como um todo, foi verificado um desempenho um pouco aquém do esperado de acordo com literatura especializada: remoção de 84,5% de DBO; 77,0% de DQO e 81,0% de SST (remoção de SS e DBO da ordem de 85 a 95% de SST e 80 a 90% de DQO - GONÇALVES, 2001).

Produção de lodo no BF

Buscando-se avaliar a frequência de retrolavagem no BF que resultasse em menores cargas de DQO e SST recirculadas ao reator UASB, foram realizados descartes (10 repetições) para intervalos de descarte de 2 e 4 dias. Na Figura 2 são apresentados os valores médios encontrados

de SST e DQO no lodo do BF. A opção de retrolavagem pelo intervalo de 2 dias é aparentemente mais adequada.

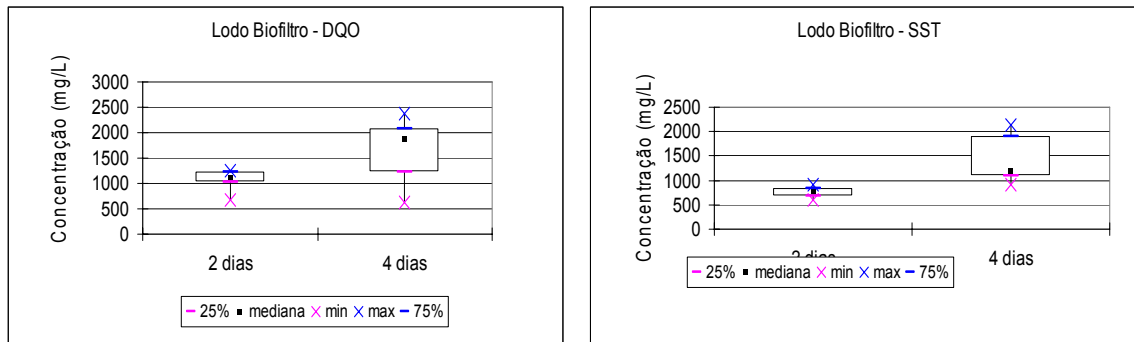


Figura 2: Concentrações de DQO e SST no lodo do BF

O lodo removido pela lavagem do BF pode ser estimado em 1 kg SST/ m³ de leito, com elevados percentuais de sólidos voláteis (≈ 80). A rotina de descarte do BF a cada dois dias resultaria, portanto, na recirculação de sólidos ao UASB da ordem de 2,3 kg STV / d. A DQO média encontrada no lodo foi de 1095 mg / L, o que representaria uma carga ao UASB de 1,98 kg DQO / d para esta mesma frequência de retrolavagem do BF.

Produção de lodo no UASB

A quantidade de biomassa no interior do UASB e o volume de descarte foram estimados a partir da determinação de STV no interior reator, amostrando-se o lodo em quatro pontos ao longo do leito e da manta (Figura 3).

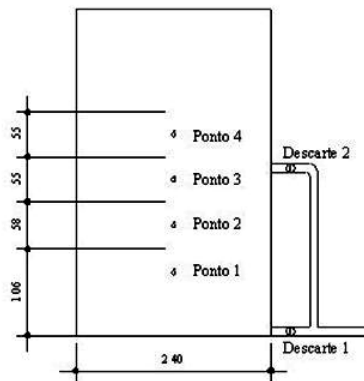


Figura 3: Pontos de amostragem de lodo no reator UASB

Como referido na introdução deste trabalho, o coeficiente de produção de biomassa (Y) é classicamente calculado em kg SSV / kg DQO_{removida}, mas a experiência brasileira tem permitido expressar o coeficiente de produção de sólidos em termos de kg SST / kg DQO_{aplicada}. Neste estudo, em função de limitações de ordem prática, foram feitas adaptações outras: kg STV / Kg DQO_{aplicada} e kg ST / kg DQO_{aplicada}.

A inexistência de uma rotina melhor estabelecida para o descarte de lodo do UASB dificultava a obtenção de um coeficiente de produção de biomassa (Y) confiável. As concentrações de ST e STV no interior do reator UASB apresentavam comportamentos muito irregulares (Figuras 4 e 5), interferindo no cálculo de Y.

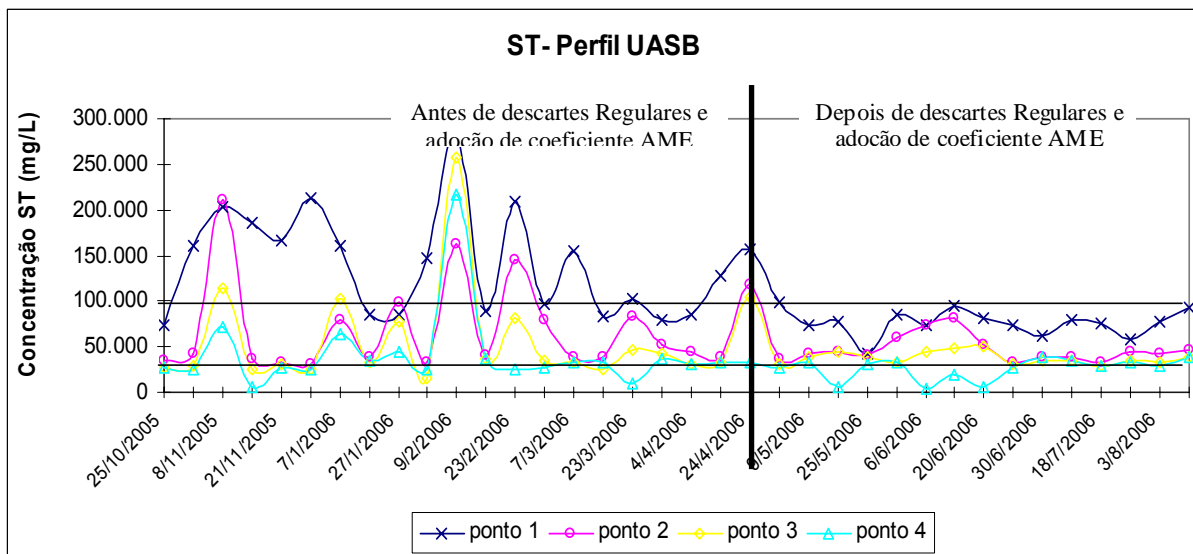


Figura 4: Concentração de ST no reator UASB, outubro de 2005 a agosto de 2006.

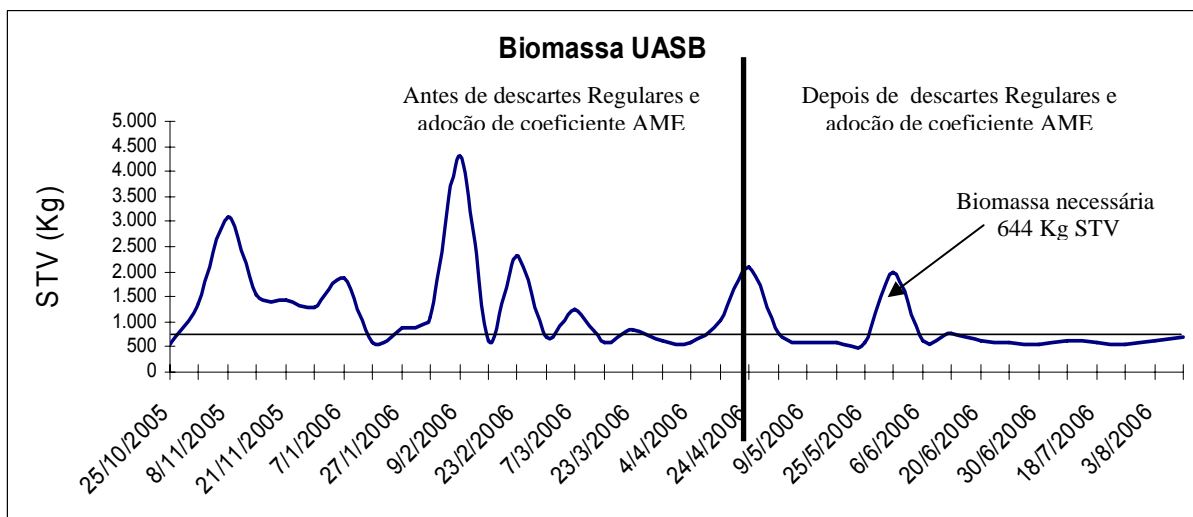


Figura 5: Biomassa mantida no reator UASB, outubro de 2005 a agosto de 2006.

SILVA et al. (2005), avaliando o comportamento da biomassa metanogênica de lodo de reator UASB tratando esgoto sanitário e lodo de descarte de biofiltro aerado submerso, constataram que o sistema preservava sua eficiência e estabilidade com um coeficiente de atividade metanogênica específica (AME) em torno de $0,1 \text{ g DQO CH}_4 / \text{g STV} \cdot \text{d}$, $0,1 \text{ g DQO CH}_4 / \text{g STV} \cdot \text{d}$. Na inexistência de informações sobre o do sistema em estudo, adotou-se este valor como ponto de partida para a estimativa do lodo excedente a ser descartado para a manutenção dos níveis adequados de biomassa no reator, tomou-se ainda como referência as concentrações de STV encontradas no dia 26/04/2006 (Tabela 1).

Tabela 1: Biomassa encontrada no reator no dia 26/04/2006

PONTOS DE AMOSTRAGEM DE LODO ⁽¹⁾	CONCENTRAÇÃO STV (g / L)	BIOMASSA NO REATOR (kg STV)
PONTO 1	125	1.115,8
PONTO 2	99	483,6
PONTO 3	88	410,4
PONTO 4	18	86,79
TOTAL	-	2.096,6

NOTA: (1) ver Figura 3.

Com base no valor teórico assumido para quantidade de biomassa a ser mantida no reator (1 g DQO CH₄ / g STV . d) e adotando-se um fator de segurança de 80%, a biomassa necessária corresponderia a 1.159 kg. Portanto, a biomassa e o volume de lodo a serem descartados seriam:

Biomassa a ser descartada: (2096,6 Kg STV - 159 Kg STV) = 937,4 Kg SVT

Volume de lodo a ser descartado, tomando por base a concentração dos pontos 1 e 2 (média):

$$V = \frac{\text{Biomassa descartada}}{\text{Concentração do lodo}} \rightarrow V = \frac{937,4 \text{ kg STV}}{112 \text{ kg STV/m}^3} = 8,37 \text{ m}^3$$

Assim, no dia = 26/08/2006 procedeu-se ao descarte de 8m³ de lodo, após o que o sistema manteve sua estabilidade e eficiência (Figuras 4, 5 e 6), facilitando além do mais o cálculo do coeficiente de produção de biomassa (Y) (Tabela 2).

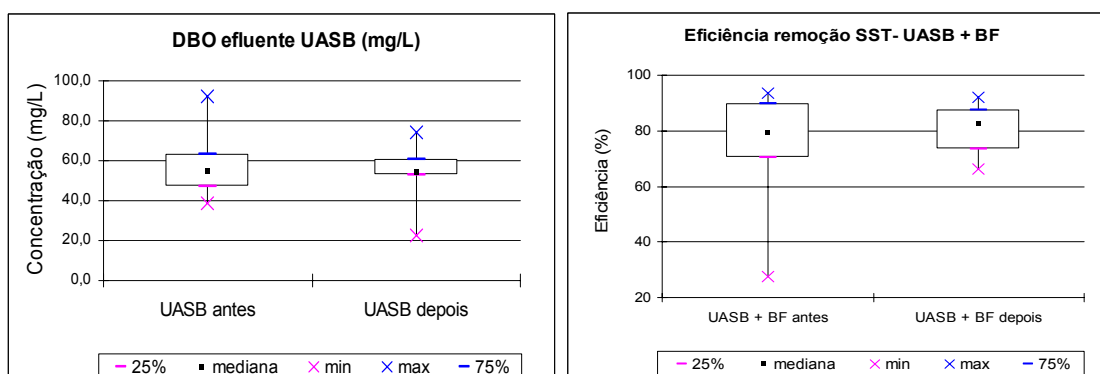


Figura 6: Concentrações de DBO e remoção de SST antes e após o descarte de 8m³ de lodo

De posse do coeficiente Y e dos valores de DQO afluente ao UASB, calculou-se a produção diária de lodo (P_{lodo}) no sistema e a frequência de descarte do lodo excedente (Tabela 3).

A frequência adequada de descarte a fim de armazenar o lodo produzido no leito de secagem, com volume útil de 2,4 m³ variaria entre 4 e 7 dias.

Tabela 2: Balanço de sólidos no reator UASB e cálculo dos valores de coeficiente de produção de sólidos (Y)

DATA	DQO (mg/L)	Sólidos no sistema		Sólidos perdidos no efluente		Descarte de lodo		Y ⁽¹⁾	
		ST (Kg)	STV (Kg)	ST(Kg/d)	STV(Kg/d)	ST (Kg)	STV (Kg)	ST	STV
09/05	835	1.198	587	49,9	16,0				
16/05	811	1.153	599	98,9	26,9			0,70	0,24
25/05	711	899	630	47,7	10,7			0,50	0,25
29/05	611	1.362	690	47,3	13,8	152	76	2,09	0,35
06/06	784	1.243	630	42,7	20,8			0,60	0,23
12/06	956	1.545	790	46,8	12,4			0,93	0,42
20/06	713	1.241	632	44,2	12,2			0,08	-0,08
26/06	720	1.086	584	52,1	13,5			0,26	0,06
30/06	680	1.092	549	38,6	8,2	123	43	0,57	0,03
11/07	616	1.223	643	52,9	15,1			0,90	0,31
18/07	690	1.101	584	47,5	17,0			0,43	0,10
26/07	715	1.046	567	44,2	17,6			0,47	0,18
03/08	1.040	1.186	617	40,9	7,6	126	68	0,58	0,18
09/08	900	1.408	714	44,2	17,6			0,89	0,35
Média	770	1199	630	49,8	15,0	133	62	0,69	0,20
Mín.	611	899	549	38,6	7,6	123	43	0,08	-0,08
Máx.	1040	1545	790	98,9	26,9	152	76	2,09	0,42

NOTA: Y: Coeficiente de produção de biomassa (kg /kg DQO_{aplicada}).

Tabela 3: Determinação da produção, volume de lodo e frequência de descarte

DATA	DQO (mg/L)	Y		Conc. lodo (%)	P lodo		Volume de lodo		Frequência descarte lodo (dias)	
		KgST/ KgDQO _{aplic.}	KgSTV/ KgDQO _{aplic.}		Y x DQO _{apl}		γ = 1020 Kg/m ³		ST	STV
					KgST/d	KgSTV/d	m ³ (ST)/d	m ³ (STV)/d		
09/05	835									
16/05	811	0,70	0,24	5,01	65,64	22,24	1,28	0,84	1,87	2,86
25/05	711	0,50	0,25	3,90	41,12	20,39	1,03	0,73	2,32	3,29
29/05	611	2,09	0,35	5,92	147,14	24,55	2,44	0,80	0,98	2,99
06/06	784	0,60	0,23	5,40	53,73	21,11	0,98	0,76	2,46	3,18
12/06	956	0,93	0,42	6,71	102,41	46,55	1,50	1,33	1,60	1,80
20/06	713	0,08	-0,08	5,39	6,28	0,00	0,11	0,00	21,01	-
26/06	720	0,26	0,06	4,72	21,88	4,67	0,45	0,18	5,28	13,28
30/06	680	0,57	0,03	4,75	44,59	2,05	0,92	0,08	2,61	28,52
11/07	616	0,90	0,31	5,31	63,66	22,27	1,17	0,78	2,04	3,07
18/07	690	0,43	0,10	4,78	33,75	7,87	0,69	0,30	3,47	7,89
26/07	715	0,47	0,18	4,54	38,67	15,02	0,83	0,60	2,88	4,01
03/08	1.040	0,58	0,18	5,15	69,81	21,95	1,33	0,80	1,81	2,99
09/08	900	0,89	0,35	6,12	91,68	36,56	1,47	1,16	1,63	2,08
Média	770	0,69	0,20	5,21	60,03	18,87	1,09	0,64	3,84	6,33
Mín.	611	0,08	-0,08	3,90	6,28	0,00	0,11	0,00	0,98	1,80
Máx.	1040	2,09	0,42	6,71	147,14	46,55	2,44	1,33	21,01	28,52

Higienização do lodo

Nas Tabelas 4 a 6 são apresentados os resultados dos experimentos de caleação do lodo sob distintas condições de mistura de cal e teores de unidade em torno de 70%. Em todos os casos observa-se já uma considerável redução de organismos patogênicos (ovos de helmintos) e indicadores (coliformes) durante a permanência do lodo no leito de secagem, seguida de um intenso decaimento após a caleação. Os melhores resultados foram obtidos com aplicação de cal a 30% do peso seco de lodo: decorridos 40 dias de estocagem após a caleação o lodo já atendia as especificações da legislação brasileira para lodo Classe A: < 10³ coliformes termotolerantes / g MS e < 1 ovo de helmintos / 4g ST.¹

Tabela 4: Valores de pH e contagens de coliformes totais, *E.coli*, ovos de helmintos antes e depois de caleação (lodo com 74% de umidade e aplicação de cal a 30% do peso seco)

Data	Dias	pH	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Ovos de helmintos
			(NMP/g MS)		(ovos/g MS)
Antes da caleação					
5/5/2006	0	6,5	1,44 x 10 ⁹	6,48 x 10 ⁷	952
10/5/2006	5	6,1	1,44 x 10 ⁹	2,16 x 10 ⁸	225
17/5/2006	20	7,6	1,44 x 10 ⁸	6,48 x 10 ⁶	182
Pós-caleação					
23/5/2006	0	13,1	6,30 x 10 ⁷	1,62 x 10 ⁶	26
2/6/2006	10	12,1	3,24 x 10 ²	1,62 x 10 ²	5,65
12/6/2006	20	12,4	1,98 x 10 ²	1,62 x 10 ¹	1,61
2/7/2006	40	8,1	1,44 x 10 ⁴	4,05 x 10 ¹	1,46
22/7/2006	60	7,6	1,44 x 10 ⁴	1,17 x 10 ³	1,41
21/8/2006	90	8,0	1,49 x 10 ⁴	9,00 x 10 ¹	2,00

Tabela 5: Valores de pH e contagens de coliformes totais, *E.coli*, ovos de helmintos antes e depois de caleação (lodo com 72% de umidade e aplicação de cal a 40% do peso seco)

Data	Dias	pH	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Ovos de helmintos
			(NMP/g MS)		(ovos/g MS)
Antes da caleação					
1/6/2006	0	6,5	1,44 x 10 ⁸	7,02 x 10 ⁵	401
6/6/2006	5	7,3	1,44 x 10 ⁹	2,07 x 10 ⁶	166
12/6/2006	11	8,0	2,16 x 10 ⁷	2,97 x 10 ⁶	128
Pós-caleação					
20/6/2006	0	12,8	1,62 x 10 ⁵	1,62 x 10 ⁵	29
30/6/2006	10	12,8	1,62 x 10 ³	1,62 x 10 ³	13
10/7/2006	20	12,3	7,02 x 10 ²	1,62 x 10 ²	1
30/7/2006	40	11,9	1,44 x 10 ⁴	1,53 x 10 ²	2
19/8/2006	60	12,2	1,80 x 10 ²	9,00 x 10 ¹	1

¹. Lodo Classe A: apto a ser utilizado para quaisquer culturas, exceto pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo assim como culturas inundadas. À época da elaboração deste trabalho a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente já se encontrava aprovada, porém seu texto definitivo ainda não tinha sido publicado no Diário Oficial da União; portanto tomou-se como referência a Proposta de Resolução de 26 de outubro de 2005.

Tabela 6: Valores de pH e contagens de coliformes totais, *E.coli*, ovos de helmintos antes e depois de caleação (lodo com 73% de umidade e aplicação de cal a 50% do peso seco)

Data	Dias	pH	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Ovos de helmintos
			(NMP/g MS)		(ovos/g MS)
Antes da caleação					
3/5/2005	2	6,8	$1,44 \times 10^8$	$1,80 \times 10^5$	435
11/5/2005	10	6,8	$1,44 \times 10^8$	$3,60 \times 10^5$	300
21/5/2005	20	6,5	$1,44 \times 10^8$	$9,90 \times 10^5$	108
25/6/2005	55	5,2	$1,80 \times 10^5$	$1,62 \times 10^5$	50
Pós-caleação					
7/7/2005	0	12,5	$1,44 \times 10^4$	$1,44 \times 10^4$	7
17/7/2005	10	12,0	$1,44 \times 10^2$	$1,44 \times 10^2$	3
17/8/2005	40	11,7	$7,02 \times 10^2$	$7,02 \times 10^2$	ND ⁽¹⁾
7/9/2005	60	12,2	$6,30 \times 10^0$	0,9	ND
7/10/2005	90	8,6	$3,24 \times 10^1$	0,9	ND

NOTA: (1) ND: não detectado

Caracterização química do lodo

Os lotes de lodo higienizados por caleação e secagem em estufa foram submetidos à caracterização química, para a verificação do potencial agrônomo (nutrientes) e tóxico (metais). Todas as amostras analisadas revelaram teores de metais pesados (zinco, cobre, cádmio, chumbo, níquel e cromo) bem inferiores aos limites fixados pela Resolução CONAMA (Tabela 7). Não foram analisados os elementos arsênio, mercúrio, molibdênio e selênio, mas presume-se que os mesmos estejam também abaixo dos limites aceitáveis, dada a origem dos esgotos e do lodo - esgoto doméstico de pequena comunidade.

Tabela 7: Metais pesados presentes no lodo (ppm)

Lodo	Zn	Cu	Cr	Pb	Ni	Cd
-----ppm-----						
Cal 30%	803	273	44	30	26	0,5
Cal 40%	729	190	34	22	23	0,7
Cal 50%	545	149	43	14	16	0,3

Percebe-se que a caleação interfere diretamente nos teores de nutrientes, sendo que quanto maior a dose de cal menores os teores de N, P, S e carbono orgânico e, naturalmente, maiores os teores de Ca (Tabela 8).

Tabela 8: Caracterização agrônoma do lodo (nutrientes)

Lodo	N	P	K	Ca	Mg	S	CO ⁽¹⁾	C/N
	-----%-----							
Lodo Cal 30%	1,54	0,59	1,2	9,11	0,23	1,43	7,02	4,55
Lodo Cal 40%	1,96	0,56	0,06	10,93	0,19	1,34	7,02	3,58
Lodo Cal 50%	1,26	0,39	0,12	24,4	0,34	0,89	5,25	4,22
Estufa agrícola	3,33	0,91	0,18	1,84	0,19	1,53	9,98	2,99

NOTA: CO = carbono orgânico.

CONCLUSÕES

Este estudo de caso, em uma ETE de pequeno porte, evidencia a importância do planejamento e controle da produção de lodo, com destaque para as operações de descarte, seus efeitos sobre o sistema de tratamento e a possibilidade de produção contínua de biossólidos, com potencial de aproveitamento agrícola. Haja vistas as grandes variações das quantidades de biomassa produzida,

as rotinas de descarte devem ser permanentemente atualizadas de acordo com o adequado monitoramento do sistema.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa no âmbito do PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, financiado e gerenciado pela FINEP. Os autores agradecem o apoio, aporte de recursos e de bolsas de pesquisa concedidas pelo CNPq e UFV/CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V. (Coordenador). Resíduos sólidos de saneamento: processamento, reciclagem e disposição final; Rio de Janeiro: ABES, RimA, 2001. 282p (Projeto Prosab).
2. CHERNICHARO C. A. L. *Reatores anaeróbios*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 1997, 246 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).
3. GONÇALVES, R. F.; CHERNICHARO, C.A.L.; ANDRADE NETO, C.O.; ALEM SOBRINHO, P.; KATO, M.T.; COSTA, R.H.R.; AIISE, M.M.; ZAIAT, M. *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme*. In: CHERNICHARO, C.A.L. (Coord.) *Pós-tratamento de reatores anaeróbios*. Belo Horizonte: [s.n.], 2001. 544 p. (Projeto PROSAB).
4. SILVA, A. L. B.; ANDRADE, M. C. F. E.; LOUSADA, A. G.; CASSINI, S. T. A.; GONÇALVES, R. F. Comportamento da biomassa metanogênica de lodo do reator UASB tratando esgoto sanitário e lodo de descarte de biofiltros aerados submersos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXII. Campo Grande - MS, 2005. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2005 (CD ROM).