



II-212 - PÓS-TRATAMENTO DE REATOR UASB POR BAS MULTI-ESTÁGIO EM REGIÕES DE CLIMA SUBTROPICAL

Saulo Varela Della Giustina⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS). Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS).

Luis Alcides Schiavo Miranda

Químico Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Ciência dos Alimentos pela UFSC. Doutor em Biologia Celular e Molecular pela UFRGS. Pós-doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH/UFRGS. Professor do PPGE/UNISINOS.

Rodrigo Bruno Santolin

Graduando em Engenharia Ambiental pela UFRGS. Bolsista de Iniciação Científica

Luiz Olinto Monteggia

Engenheiro Mecânico e Civil pela UFRGS. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH/UFRGS. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Newcastle. Professor adjunto do PPGRHSA/UFRGS.

Endereço⁽¹⁾: Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia – Porto Alegre - RS - CEP: - Brasil - Tel: (51) 3308-6660 - e-mail: saulodella@gmail.com

RESUMO

Este estudo apresenta os resultados obtidos por uma nova configuração de BAS Multi-estágio, composta por câmaras anaeróbia ($V=12,6L$), aeróbia ($V=30L$) e anóxica ($V=26,4L$) em série ($V_{total}=70L$), como pós-tratamento de reator UASB ($V=18,3m^3$) em termos de SS, DQO e DBO₅, em região de clima subtropical (Porto Alegre, RS). Foram testados concomitantemente à nova configuração, três materiais-suporte: tampas e gargalos de garrafa PET ($165 m^2/m^3$), pedra britada n.4 ($50 m^2/m^3$) e anéis Pall 1,5'' ($135 m^2/m^3$), sendo nomeados BAS 1, 2 e 3 respectivamente. A configuração nova de BAS. Foram testados três TDH para os BAS (4,1; 8,2 e 12,3h), e três TAS (21; 12 e 8 $m^3/m^2.d$), sendo o TDH do UASB mantido em 12h. Em termos de DQO total, a associação dos reatores UASB+BAS possibilitou remoções superiores a 90% para os BAS 1 e 3 e 85% para o BAS 2, sendo a remoção independente do TDH aplicado. As cargas orgânicas variaram de 0,45 a 1,6 $kgO_2/m^3.d$ em relação ao volume da câmara aeróbia ($V=30L$). A nova configuração de BAS, aliada a uma rotina de remoção quinzenal do lodo retido na câmara anóxica, possibilitou eficiências de remoção de SS superiores a 80% para os BAS 1 e 3 com relação ao reator UASB, BAS 2 de 44% a 87%. As remoções totais (UASB+BAS) foram superiores a 90% para os BAS 1 e 3 e 85% para o BAS 2. Em termos de remoção de SS, o meio-suporte composto por anéis Pall apresentou os melhores resultados, associados em parte ao índice de vazios deste material.

PALAVRAS-CHAVE: esgoto sanitário, biofiltro aerado submerso, pós-tratamento, remoção de carga orgânica, remoção de Sólidos Suspensos.

INTRODUÇÃO

A geração de esgotos é uma consequência do crescimento urbano, já que é ligada diretamente ao consumo de água potável. A água residuária, pelo seu caráter microbiológico, é perigosa às populações humanas e ao ambiente, necessitando obrigatoriamente de tratamento.

O reator UASB é uma alternativa comprovadamente viável para o tratamento de esgotos domésticos, sendo plenamente aplicável em regiões de clima quente e, do ponto de vista econômico, aplicável para países em desenvolvimento (VIEIRA, 1988). No entanto, o efluente do reator UASB normalmente não alcança os padrões de lançamento em corpos hídricos exigidos pela legislação ambiental, fazendo-se necessária a implantação de uma etapa de tratamento complementar (GONÇALVES *et al*, 1997).

Os processos de crescimento aderido têm provado sua viabilidade em termos de tratamento a nível secundário de águas residuárias, tanto de origem industrial como doméstica. Dentre as modalidades existentes, os



Biofiltros Aerados Submersos (BAS) destacam-se pelas suas qualidades, como pequena necessidade de área em planta, cargas orgânicas aplicáveis muito superiores aos processos biológicos convencionais, alcançando elevadas eficiências de remoção de compostos orgânicos e Sólidos Suspensos (SS) (JANSEN *et al*, 1993).

Gonçalves et al (1997) citam os BAS como uma modalidade aeróbia de crescimento aderido em franco desenvolvimento, podendo constituir-se em uma excelente opção para o pós-tratamento de reatores UASB, devido a sua capacidade de remover os compostos solúveis e reter as partículas em suspensão do efluente anaeróbio. A baixa produção de lodo e reduzido consumo de energia no estágio secundário de tratamento (BAS), aliada às qualidades já mencionadas do reator UASB, são vantagens do sistema UASB+BAS.

Este estudo apresenta os resultados obtidos no tratamento de esgoto sanitário utilizando a associação de um reator UASB e três Biofiltros Aerados Submersos Multi-Estágio (BAS), operados em paralelo. O objetivo principal desse trabalho foi avaliar a eficiência de remoção de matéria orgânica e SS através da associação de câmara anaeróbia, aeróbia e anóxica em série. Também foi dada ênfase à avaliação de diferentes materiais para o empacotamento dos biofiltros, em termos de custos e características básicas, tais como, superfície específica, índice de vazios e peso.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento situou-se na Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em área contígua à Estação de Tratamento de Esgotos São João/Navegantes -DMAE em Porto Alegre – RS, região de característica subtropical. Nesta foram implantadas as três unidades em escala piloto de Biofiltros Aerados Submersos multi-estágio (BAS) e o reator UASB com volume útil de 18,3m³.

O esgoto foi captado por sifonamento a partir do canal de alimentação do sistema de Lodos Ativados que compõe a estação, sendo conduzido a um tanque de recepção para tratamento preliminar através de peneiramento. A este tanque foram ligadas as bombas que alimentaram o reator UASB, cujo efluente foi conduzido aos BAS por bombeamento, conforme figura 1.

O sistema foi composto por um reator UASB e três BAS, construídos em tubos de acrílico com 4 m de altura e 0,15 m de diâmetro. Foram testados, concomitantemente à configuração diferenciada de BAS, três diferentes meios suportes, nomeadamente: tampas e gargalos de garrafa PET (165 m²/m³), pedra britada nº4 (50 m²/m³) e anéis Pall (135 m²/m³), sendo os BAS denominados de BAS 1, 2 e 3 respectivamente. Cada BAS possui uma câmara anaeróbia, aeróbia e anóxica em série, com volumes de 13,6 L; 30 L e 26,4 L respectivamente (figura 2).

O objetivo foi o de comparar um material abundante em usinas de triagem de resíduos sólidos domiciliares (Tampas e gargalos PET), com os materiais comumente empregados no Brasil (pedra britada nº4) e em países com maiores recursos e/ou melhores condições de mercado (anéis Pall). A tabela 1 apresenta as características dos materiais empregados e a área resultante do preenchimento de cada BAS.

Tabela 1: Características dos materiais de Preenchimento empregados em cada BAS

Biofiltro	BAS 1	BAS 2	BAS 3
Material suporte	Tampas e Gargalos PET	Brita Nº4	Anéis Pall 1,5''
Massa esp.(kg/m ³)	200	1650	71
Sup. Esp. (m ² /m ³)	165	50	135
Índice Vazios (%)	75	50	95
Área total/BAS (m ²)*	9,17	2,8	11,2

*Volume útil/BAS=70L.

O período experimental compreendeu 310 dias, no qual foram avaliados três tempos de detenção hidráulica (TDH): 4,1 8,2 e 12,3 h para os BAS, correspondendo a tempos de detenção hidráulica de 1,75, 3,5 e 5,75 h nas câmaras aeróbias de cada BAS, conforme tabela 2. O TDH do reator UASB foi mantido em 12h durante o experimento.

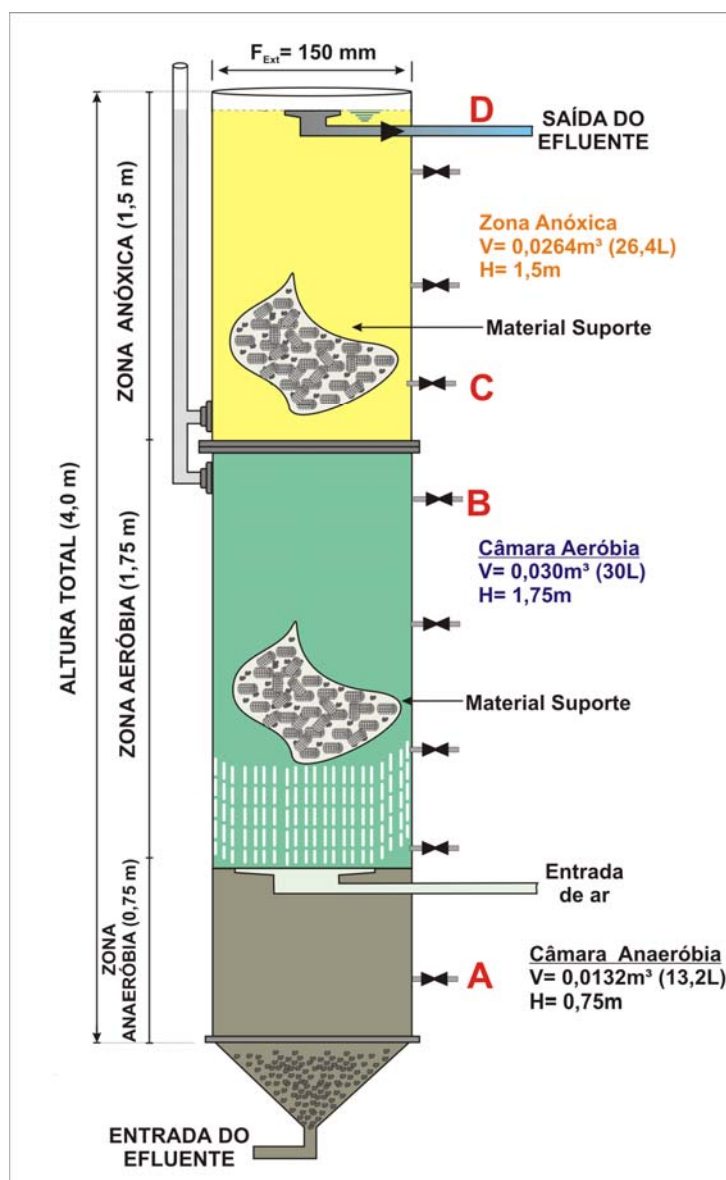


As amostras foram analisadas semanalmente, sendo avaliados os seguintes parâmetros: NTK, NH_3 , pH, ST, SST, SDT, SFT, SVT, Pt, PO_4^{4-} , DQO total, DQO solúvel, DQO decantada, NO_3^- e NO_2^- conforme APHA 2005. Para a DQO decantada, adotou-se o tempo de sedimentação de 60 min, em proveta graduada. As amostras foram coletadas ao final da câmara aeróbia e também na saída da câmara anóxica (saída do BAS). Os BAS não foram expostos a retrolavagens em nenhum momento do período experimental.

Tabela 2 – Regimes Operacionais empregados nos BAS

Etapa	TDH (h)				Vazão (L/h)
	Anaeróbia	Aeróbia	Anóxica	Total	
1	0,77	1,75	1,5	4,1	17,1
2	1,54	3,5	3,1	8,2	8,6
3	2,31	5,25	4,6	12,3	5,7

Figura 1 – Desenho esquemático do BAS Multi-Estágio, destacando-se os pontos de amostragem do efluente



RESULTADOS E DISCUSSÃO

DQO Total

A figura 3 apresenta os dados de DQO total, solúvel e decantada para as etapas 1 a 3, bem como as eficiências totais obtidas para os sistemas experimentais. Nos gráficos pode-se verificar que o reator UASB apresentou boas eficiências de remoção de DQO total ao longo do período experimental, com valor médio de 75,2%. Esse desempenho foi associado às características do esgoto bruto, o qual apresentou uma parcela representativa de sua DQO na forma particulada, conforme tabela 3. Verifica-se para a 1ª etapa, por exemplo, que a concentração de DQO do Esgoto Bruto representa 82% da DQO total e a DQO decantada 18% (de 722 mgO₂/L para 168,1 mgO₂/L). Este comportamento também é verificado nas etapas 2 e 3.

Tabela 3- Características do Esgoto Bruto e efluente do reator UASB em termos de DQO

Etapa	Ponto	DQO					
		Total		Decantada		Solúvel	
		Média*	DP**	Média	DP	Média	DP
1ª	EB	722	500,5	168,1	40,0	83,6	15,4
	UASB	201,19	76,61	106,6	47,6	54,6	44,2
2ª	EB	462	237,2	144,7	66,7	54,0	42,3
	UASB	127,94	14,9	56,7	20,3	38,0	42,3
3ª	EB	927	396,9	225,8	47,8	118,8	81,8
	UASB	194,12	88,5	90,5	33,6	56,2	81,8

*Em mgO₂/L; ** Desvio-Padrão

Os resultados de remoção de DQO total nos BAS para a 1ª etapa (tabela 4) foram afetados diretamente por elevadas perdas de sólidos na saída da câmara anóxica, resultando em concentrações efluentes superiores às afluentes para os BAS. Ainda sim as eficiências de remoção (em conjunto com o reator UASB) foram positivas nesta etapa devido ao bom desempenho do reator UASB. Em termos de DQO decantada os BAS apresentaram boas eficiências de remoção, obtendo concentrações inferiores a 50 mgO₂/L no 1º período experimental.

Tabela 4- Frações de DQO e eficiências de remoção para os processos avaliados

Etapa	BAS	N	DQO solúvel			DQO decantada			DQO Total		
			C _{efl}	% ef.	% ef.	C _{efl}	% ef.*	% ef.	C _{efl}	% ef.*	% ef.
			(mg/L)	BAS	Total*	(mg/L)	BAS	Total*	(mg/L)	BAS	Total**
1ª	BAS 1	7	28,1	49%	66%	35,9	66%	79%	206,8	-2,8%	71,4%
	BAS 2	7	43,9	20%	48%	48,7	54%	71%	157,4	21,8%	78,2%
	BAS 3	7	26,3	52%	69%	38,6	64%	77%	145,9	27,5%	79,8%
2ª	BAS 1	7	23,3	39%	57%	27,0	75%	84%	45,0	65%	90%
	BAS 2	7	19,8	48%	63%	57,3	46%	66%	94,6	26%	80%
	BAS 3	7	13,1	65%	76%	22,8	79%	86%	42,4	67%	91%
3ª	BAS 1	7	25,5	55%	79%	35,2	67%	79%	39,5	80%	96%
	BAS 2	7	26,1	54%	78%	38,7	64%	77%	55,2	72%	94%
	BAS 3	7	22,4	60%	81%	27,6	74%	84%	36,9	81%	96%

* Em relação ao reator UASB, **Sistema UASB+BAS

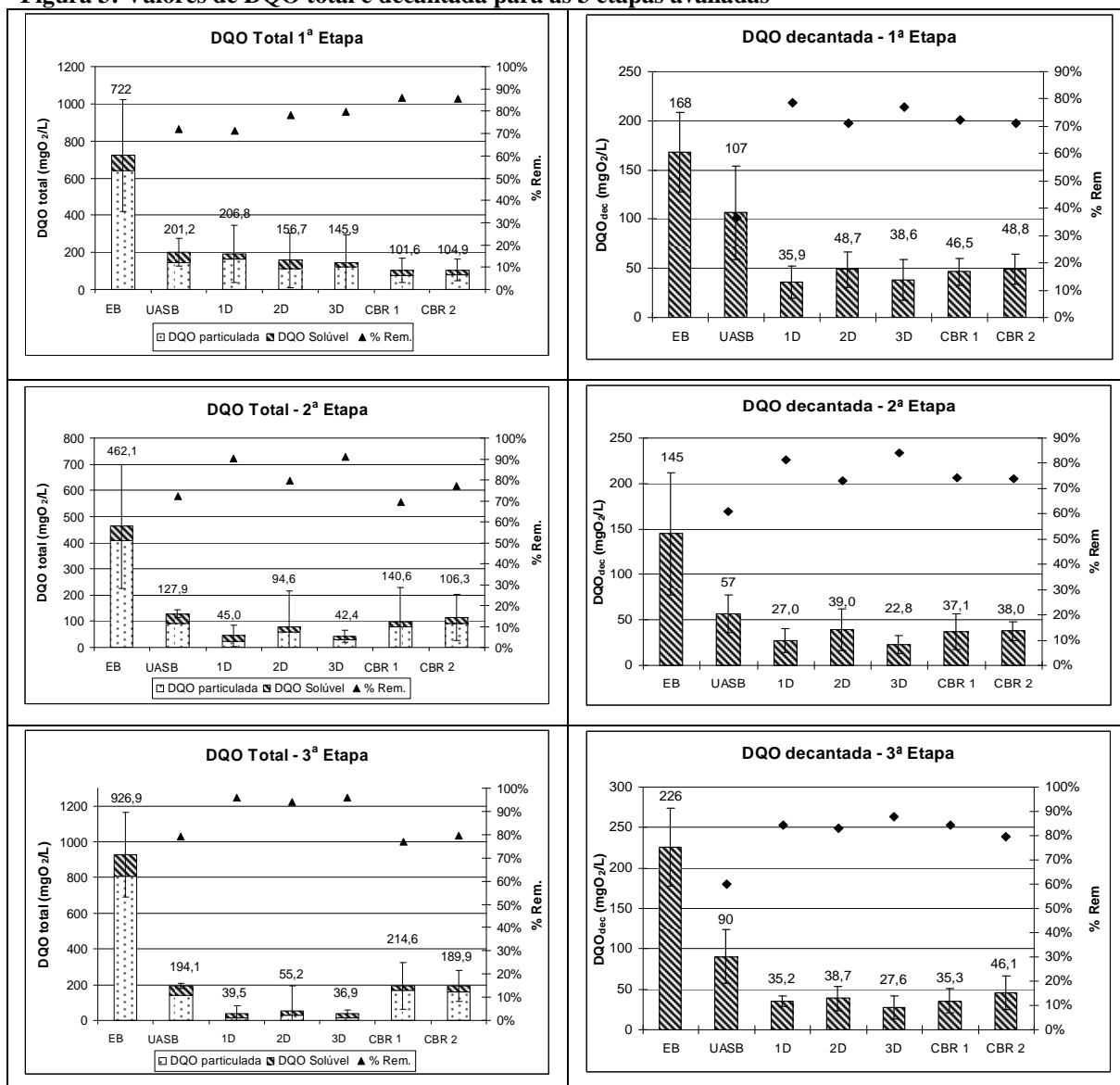
A 2ª etapa, configurada pelo aumento do TDH de 4,1h para 8,2h, apresentou uma resposta positiva da implantação da rotina de remoção de lodo da câmara anóxica. Como resultado, concentrações de DQO total inferiores a 50 mgO₂/L foram obtidas para os BAS 1 e 3. Pode-se através desta análise, constatar que a câmara anóxica atuou de maneira eficiente na sedimentação da biomassa suspensa nos interstícios dos BAS. O BAS 2 continuou a apresentar perdas regulares de lodo, com concentrações efluentes de DQO total superiores às dos outros biofiltros, ainda que não significativas.

A 3ª etapa, onde o TDH foi elevado de 8,2h para 12,3h, não propiciou ganhos significativos em termos de eficiência de remoção total para os BAS 1 e 3. O BAS 2 apresentou eficiência de 71,5%, sendo superior às verificadas nas etapas anteriores (etapa 1 e 2) e sendo associada à melhora das características de sedimentação da biomassa intersticial deste BAS.



Os melhores desempenhos observados nos BAS 1 e 3 em comparação ao do BAS 2 quando considerada a DQO total efluente destes pode estar associado ao maior índice de vazios dos materiais de recheio dos BAS 1 e 3 (75% e 95% para tampas e gargalos de garrafa PET e anéis *Pall* respectivamente). Esta característica interferiu na capacidade de retenção de sólidos na câmara anóxica dos BAS, a qual serviu como sedimentador da biomassa suspensa originada da câmara aeróbia. Neste caso, a menor eficiência de DQO total pelo BAS 2 foi provavelmente associada ao material suporte.

Figura 3: Valores de DQO total e decantada para as 3 etapas avaliadas



Em termos de DQO decantada, não foram verificadas diferenças estatísticas entre os valores nas 3 etapas avaliadas, obtendo-se já a partir da 1ª etapa, concentrações médias de 50 mgO₂/L. Verifica-se desta forma que variações no TDH não influenciaram de forma determinante a eficiência dos sistemas relativamente a DQO.

A análise dos dados apresentados na figura 3 em termos de concentrações efluentes de DQO decantada e os padrões exigidos pela legislação ambiental permite observar que os padrões são atendidos com margem a partir da 1ª etapa, sugerindo que os BAS poderiam operar com um TDH menor do que os testados para a obtenção de resultados satisfatórios em termos de remoção de DQO Total.

À exceção da 1ª etapa, na qual houve interferência dos SS nos resultados, as eficiências de remoção de DQO total dos sistemas UASB+BAS 1 e BAS 3 foram superiores a 90%.

Hirakawa et al (2002) operando BAS como pós-tratamento de reator UASB obtiveram eficiências de remoção de DQO total entre 80% a 90% para o sistema UASB+BAS, corroborando com os valores de remoção de DQO total para os BAS 1 e 3 a partir da 2ª etapa do experimento.

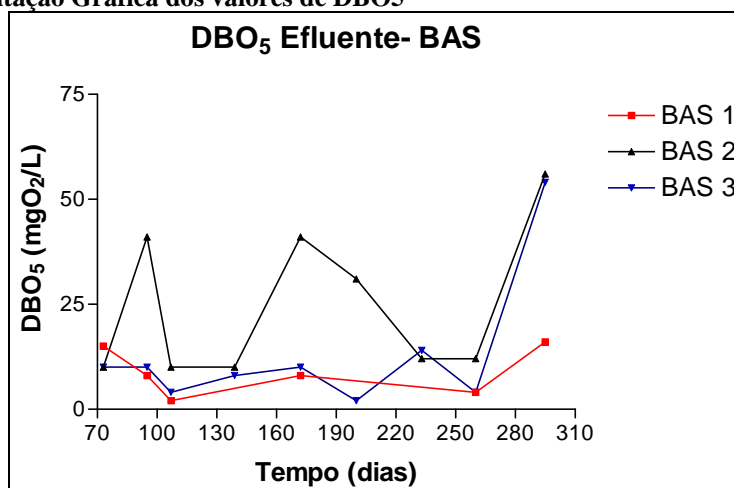
Um comparativo entre os dados obtidos pelos BAS e a legislação ambiental vigente no Estado do Rio Grande do Sul (Res. CONSEMA 128/2006) aponta para um atendimento total dos padrões de emissão a partir da 2ª etapa do experimento, já que esta legislação estipula para a pior situação (vazão superior a 10.000 m³/d) um valor limite de 150 mgO₂/L para DQO total. Em termos de DQO decantada os sistemas de BAS atenderam os padrões de lançamento nas três etapas analisadas.

Os bons resultados obtidos pelos BAS estão possivelmente relacionados ao baixo conteúdo de matéria orgânica biodegradável no efluente após tratamento pelo reator UASB, bem como às elevadas eficiências inerentes a sistemas aeróbios na remoção de matéria orgânica.

DBO₅ efluente

Os valores de DBO₅ para o efluente dos BAS são apresentados na figura 5.34. A análise dos dados aponta para baixas concentrações efluentes de DBO₅ para os BAS 1 e 3, os quais apresentaram valores médios de 4,2±4,05 mgO₂/L e 7,7±4,05 mgO₂/L respectivamente. O BAS 2 apresentou concentração efluente de 20,88±14,27 mgO₂/L, podendo estar associado a perdas de biomassa por este BAS. O cálculo das médias não considerou o valor correspondente ao 300º dia do experimento, o qual sofreu alteração devido à dosagem de acetato de sódio na câmara anóxica dos BAS. A figura 5 também apresenta graficamente os valores de relação DBO₅/DQOt para os BAS. Os valores da relação DBO₅/DQO para BAS 1 e 3 foram sempre inferiores aos observados para o BAS 2

Figura 5- Representação Gráfica dos valores de DBO₅



O comparativo dos valores obtidos e o estabelecido como padrão mais restritivo pela Resolução CONSEMA no 128/2006 do Estado do RS, de $DBO_5 \leq 40$ mgO₂/L para $Q > 10.000$ m³/d, aponta para o atendimento pleno dos BAS mesmo para o BAS 2, o qual apresentou a maior concentração efluente, excluindo-se desta avaliação o último ponto do gráfico (300º dia).

Taxa de aplicação superficial e efeito na remoção de SS

Os BAS foram operados a uma Taxa de Aplicação Superficial (TAS) de 23 m³/m².d ao longo da 1ª Etapa, taxa esta próxima à de 20 m³/m².dia, comumente verificada em BAS (BARBOSA, 2006). A avaliação da influência da TAS sobre a remoção de SS pelos BAS sofreu interferência na 1ª etapa pela perda de sólidos acumulados na câmara anóxica.

Aisse & Sobrinho (2000) operaram um sistema UASB+BAS no tratamento de esgoto sanitário, com o BAS sendo operado com TAS de 30 m³/m².dia. Os pesquisadores obtiveram eficiência de remoção de 83% de SS e efluente com concentração média de 26 mg/l após decantação.



Tabela 6- Concentrações de SS para os Sistemas UASB+BAS

Etapa	Biofiltro	Sólidos Suspensos (mg/L)		Eficiência de remoção	
		Média	DP	% BAS/CBR*	% Ef. Total**
1	BAS 1	403,1	634,9	-318%	32%
	BAS 2	128,7	82,0	-33%	78%
	BAS 3	67,0	72,1	31%	89%
	UASB	96,4	54,9	-	84%
	EB	591,6	630,8	-	-
2	BAS 1	25,3	12,7	88%	97%
	BAS 2	120,7	111,9	44%	87%
	BAS 3	85,1	87,2	60%	91%
	UASB	214,0	97,2	-	77%
	EB	943,7	893,1	-	-
3	BAS 1	17,3	12,7	81%	98%
	BAS 2	48,7	41,0	48%	94%
	BAS 3	18,7	22,9	80%	98%
	UASB	93,0	51,3	-	89%
	EB	813,1	567,3	-	-

* Em relação ao reator UASB; ** Sistemas UASB+BAS

A redução da TAS de 23 para 12 m³/m².d na 2ª etapa do experimento e a implantação simultânea de uma rotina de remoção de sólidos da câmara anóxica dos BAS impossibilitou a interpretação clara do efeito da redução da TAS sobre a eficiência de remoção de sólidos pelo BAS e pela câmara anóxica. Foram observadas eficiências conjuntas com o reator UASB variando de 87% (BAS 2) a 97% (BAS 1 e 3), sem a presença de decantador secundário. As eficiências dos BAS com relação ao efluente do reator UASB na 2ª etapa foram de 88% e 87% para os BAS 1 e 3 respectivamente, com concentrações efluentes de 25,3 e 28 mgSS/L respectivamente. No BAS 2 a concentração efluente foi de 120 mgSS/L e eficiência de 44% com relação ao reator UASB devido a perdas regulares de lodo.

Os resultados obtidos para a 2ª etapa são similares aos obtidos por Gálvez *et al* (2003), o qual operou um biofiltro com TAS muito inferiores às observadas para os BAS no experimento em questão (0,35–1,59 m³/m².h), obtendo um efluente com concentração média de SS e eficiência similares (SS < 35 mg/L) e eficiência de remoção superior a 80%.

A redução da TAS de 12 para 8 m³/m².h na 3ª etapa não interferiu significativamente na remoção de SS dos BAS. Desta forma, as elevadas eficiências de remoção de SS pelos BAS parecem estar associadas principalmente à rotina de remoção de lodos do que a TAS empregada nos BAS. As eficiências em relação ao reator UASB na 3ª etapa foram superiores a 80% para os BAS 1 e 3, à exceção do BAS 2 (44%), com eficiências totais (UASB+BAS) superiores a 90% para os BAS. Nesta fase foram obtidas concentrações médias efluentes de 17 e 18 mgSS/L para os BAS 1 e 3, respectivamente.

Perfil de Sólidos Totais

O perfil de concentrações médias de Sólidos Totais, observadas para os BAS, são apresentadas na tabela 7. Verificam-se grandes concentrações de ST para os pontos A (câmara anaeróbia) e C (entrada da câmara pós-anóxica) para todos os BAS. Para o ponto A, o comportamento é justificado pelo acúmulo de lodo perdido pelo reator UASB, bem como de biomassa desprendida do meio suporte dos próprios BAS.

As elevadas concentrações de lodo para o ponto C são explicadas pela colocação de uma flange cega para a separação da câmara aeróbia (ponto B) e da entrada da câmara pós-anóxica (ponto C), a fim de reduzir-se o efeito do oxigênio presente nas bolhas provenientes da zona aeróbia. Isto possibilitou uma zona de tranquilidade para o fluxo, ocasionando a sedimentação da biomassa em suspensão proveniente da zona aeróbia e fazendo com que a zona pós-anóxica operasse como um sedimentador. O ponto D representa a saída dos BAS.



Tabela 7- Comportamento dos ST ao longo dos BAS

Biofiltro	Ponto*							
	A		B		C		D	
	média (mg/L)	DP*	média (mg/L)	DP	média (mg/L)	DP	média (mg/L)	DP
BAS 1	14385,8	8753,7	818,7	308,8	6998,3	5773,7	494,4	293,3
BAS 2	14799,6	6923,1	936,9	543,3	6156,9	3813,9	418,6	116,8
BAS 3	24109,3	5276,0	822,1	434,7	8265,7	5199,0	409,4	73,3

* Conforme figura 1. *Desvio-padrão

CONCLUSÕES

Remoção de DQO

As elevadas eficiências obtidas pelo reator UASB possibilitaram eficiências totais de remoção (UASB+BAS) superiores a 90% para os BAS 1 e 3 e de 85% para o BAS 2 ao longo de todo o período experimental.

A implantação de uma rotina de remoção de lodo acumulado na câmara anóxica contribuiu para a redução da interferência de perda de lodo nos valores de DQO total.

As eficiências de remoção de DQO decantada nos BAS diferenciam estatísticas entre si ao longo das três etapas experimentais. Os valores foram inferiores a 50 mgO₂/L para o período experimental, atendendo plenamente os padrões exigidos pela legislação ambiental.

Em termos de DBO₅, os BAS 1 e 3 apresentaram os melhores resultados, com valores médios de 4,2±4,05 mgO₂/L e 7,7±4,05 mgO₂/L respectivamente. O BAS 2 apresentou concentração efluente de 20,88±14,27 mgO₂/L, podendo estar associado à perdas de biomassa.

Os BAS 1, 2 e 3 apresentaram relações DBO₅/DQO_t de 0,11; 0,52 e 0,28 respectivamente ao longo de todo o período experimental, mostrando um elevado grau de estabilização do efluente já a partir da 1ª etapa do experimento para os BAS, o que permite concluir que, para a remoção de DQO somente, estes poderiam operar em TDH menores do que os testados no presente experimento.

Remoção de SS

A implantação da rotina quinzenal de remoção de lodo da câmara anóxica contribuiu positivamente para a remoção de SS nos BAS. As eficiências foram superiores a 80% para os BAS 1 e 3 com relação ao reator UASB, seguidos pelo BAS 2, o qual obteve eficiências variando de 44% a 87% devido a perdas de lodo. As remoções totais (UASB+BAS) foram superiores a 90% para os BAS 1 e 3 e 85% para o BAS 2.

A conformação empregada de BAS, quando utilizados materiais com elevados índices de vazios (tampas e gargalos de garrafas PET e anéis *Pall*), possibilitou elevadas remoções de SS, tornando desnecessário uso o decantador secundário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M.M.; SOBRINHO, P.A. Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para o tratamento de esgoto sanitário. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: Coletânea de Trabalhos Técnicos. Carlos Augusto Lemos Chernicharo (Coordenador). Belo Horizonte, p. 119-34, 2000.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th. Ed. Washington, D.C.: American Public Health Association. 2005.
3. BARBOSA, S.A. Avaliação de biofiltro aerado submerso no pós-tratamento de efluente de tanque séptico. 2006. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.



4. CONSEMA- CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL- Resolução No128/2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.
5. GÁLVEZ, J.M.; GÓMEZ,M.A.; HONTORIA, E.; GOZÁLEZ-LÓPEZ, L. Influence of hydraulic loading and air flow rate on urban wastewater nitrogen removal with a submerged fixed-film reactor. *Journal of Hazardous Materials*, v. 101, p. 219–229, 2003.
6. GONÇALVES, R.F.; ARAÚJO, V.L.; CHERNICHARO, C.A. Tratamento secundário de esgoto doméstico sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, Foz do Iguaçu, 1997. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 1997. p. 450-61.
7. HIRAKAWA, C.; PIVELI, R.P.; SOBRINHO, P.A. Biofiltro aerado submerso aplicado ao pós-tratamento de efluente de reator UASB – estudo em escala piloto com esgoto sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.7, n.1-2, p.82-94, 2002.
8. JANSEN, J. la Cour; JEPSEN, S.-E.; DAHLGREN LAURSEN, K. Carbon utilization in denitrifying biofilters. *Water Science and Technology*. v. 29, n.10-11, p.101-109, 1993.
9. VIEIRA, S.M.M. Anaerobic treatment of domestic wastewater in Brazil: research and full-scale experience. *Advanced Water Pollution Control*, n.5, pp.185-186, 1988.