

II-131 - AVALIAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO COMPOSTA POR REATOR UASB – FILTRO AERADO SUBMERSO EM URU-SP

Jaqueline Cardoso Ribeiro⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário de Lins – Unilins. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário de Lins – Unilins. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental - Saneamento na Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”.

Gustavo Henrique Ribeiro da Silva⁽²⁾

Engenheiro Civil. Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia de Bauru - Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”.

Sabrina Mariel Corrêa da Silva⁽³⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário de Lins – Unilins. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental - Saneamento na Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Jerônimo, 85 - São Roque - Lins - SP - CEP: 16402-570 - Brasil - Cel: (14) 99657-6687 - e-mail: jack_0811@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na Estação Compacta de Tratamento de Efluente/Esgoto (ECTE) de Uru-SP, a ECTE é composta por reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) seguido de Filtro Aerado Submerso (FAS). Foi realizado um acompanhamento operacional do sistema através de análises físico-químicas com duração de 16 semanas através de coletas semanais de cada etapa do tratamento e coletas mensais do perfil de lodo do reator UASB. Através deste acompanhamento foi possível fazer uma avaliação da eficiência do sistema e estimar diretrizes para o volume e periodicidade de descarte de lodo uma vez que havia um histórico de problemas em relação a Sólidos Sedimentáveis (SS) na ECTE e apresentar sugestões de melhorias para o sistema em relação às questões de projeto, dimensionais e operacionais. Durante a pesquisa, o sistema mostrou-se bastante eficiente principalmente em relação às remoções de Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias) (DBO₅) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) com valores médios de no mínimo 91% e 85% respectivamente. Também acredita-se que o monitoramento contribuiu para uma melhora geral do sistema, pois durante a sua realização foi obtida a Licença de Operação (LO) da ECTE que até então estava sendo operada com uma Licença de Operação a Título Precário (LOTP).

PALAVRAS-CHAVE: ECTE, reator UASB, FAS, avaliação da eficiência, acompanhamento operacional.

INTRODUÇÃO

A seleção do tipo de tratamento que será aplicado em um determinado local é uma questão complexa, pois além da decisão de qual o nível de tratamento mínimo exigido que deve ser alcançado, requer uma análise detalhada das condições e necessidades locais, aplicação de conhecimento científico, julgamento por parte da engenharia baseado em experiências anteriores e consideração da legislação (METCALF & EDDY, 2002).

Segundo dados do Censo realizado pelo IBGE (2010), dos 645 municípios do Estado de São Paulo, 279 possuem até 10 mil habitantes e apenas 124 municípios possuem mais de 50 mil habitantes; a maior parte dos municípios é de pequeno porte e tais municípios não dispõem de grande orçamento para utilidades públicas, devido ao custo de um tratamento de esgoto depender das circunstâncias locais, mostra-se ainda necessário o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis no tratamento de esgoto (ØDEGAARD, 2000).

É clara a importância do saneamento para o desenvolvimento de um país e é necessário que sejam estudadas alternativas principalmente para o tratamento de efluente sanitário, que apresenta baixos índices de atendimento em comparação com o tratamento de água, tais alternativas devem ser sustentáveis e, portanto compatíveis com a realidade local.

As ECTEs podem ser uma ótima alternativa para a implantação de um sistema descentralizado que possa atender pequenas comunidades, no entanto, tais sistemas ainda são pouco utilizados para o tratamento municipal de efluentes sanitários e ainda há pouca experiência com relação à operação de tais sistemas, portanto esta pesquisa visou avaliar a eficiência de uma ECTE e realizar seu acompanhamento operacional e através dos resultados obtidos por meio de análises físico-químicas periódicas, apresentar diretrizes para uma melhor operação deste sistema, proporcionando um efluente final de melhor qualidade.

Um ponto interessante desta pesquisa é que o sistema estudado encontra-se em operação e atualmente é responsável pelo tratamento de todo o esgoto gerado em um pequeno município, portanto possui vantagens na fidelidade dos resultados apresentados e tem como parte integrante do estudo todas as variações, influências, dificuldades e problemas que ocorrem em uma ETE real.

Trabalhos acadêmicos deste tipo deveriam ser mais incentivados, pois por mais bem elaborado que um projeto baseado em um sistema de bancada possa estar e mais fiel à realidade, nada substitui a prática no dia-a-dia lidando com as variações que o esgoto doméstico pode apresentar ao longo dos períodos do dia, dias da semana, meses, a influência que o clima, estações do ano e até as interações antropológicas do local podem ter sobre o sistema, isso sem contar os problemas de operação e manutenção ao qual qualquer estação estará sempre sujeita; e pesquisas deste tipo também proporcionam benefícios à comunidade, pois podem apresentar soluções para problemas reais que são de interesse comum de toda a população.

Diante da demanda de alternativas que estejam dentro da realidade das pequenas comunidades, a presente pesquisa foi desenvolvida em parceria com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) que é a empresa responsável pelo tratamento de esgoto do município de Uru-SP.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ECTE possui capacidade de atendimento a uma população de 1.709 habitantes, tratamento de 240.000 L.dia⁻¹ e carga orgânica de 93 kgDBO.dia⁻¹ para final de plano em 2030.

O sistema está em operação desde novembro de 2013 e realiza o lançamento de seu efluente tratado em um corpo hídrico receptor de Classe 2.

O sistema é composto por 2 reatores UASB seguidos de 2 FASs com enchimento estruturado fixo em plástico, denominado *Pall Ring* (Anel Pall), integrado aos filtros aerados há um decantador secundário lamelar e o sistema se utiliza de recirculação de lodo do filtro aerado para o reator UASB para aumento da eficiência que, ocorre 5 vezes ao dia, durante 5 minutos, com uma vazão de 300 L a cada ciclo.

Os reatores UASB e FASs possuem, respectivamente, um volume de 42,67 m³ e 26,75 m³, altura total de 6,10 m e 6,09 m, altura útil de 5,37 m e 5,16 m, tempo de detenção hidráulica (TDH) de 8 e 3,48 horas, volume de meio suporte de 11,00 m³ e ângulo das placas lamelares de 55 a 60° no decantador secundário integrado ao FAS.

Um esquema isométrico da ECTE pode ser visualizado por meio da Figura 1.

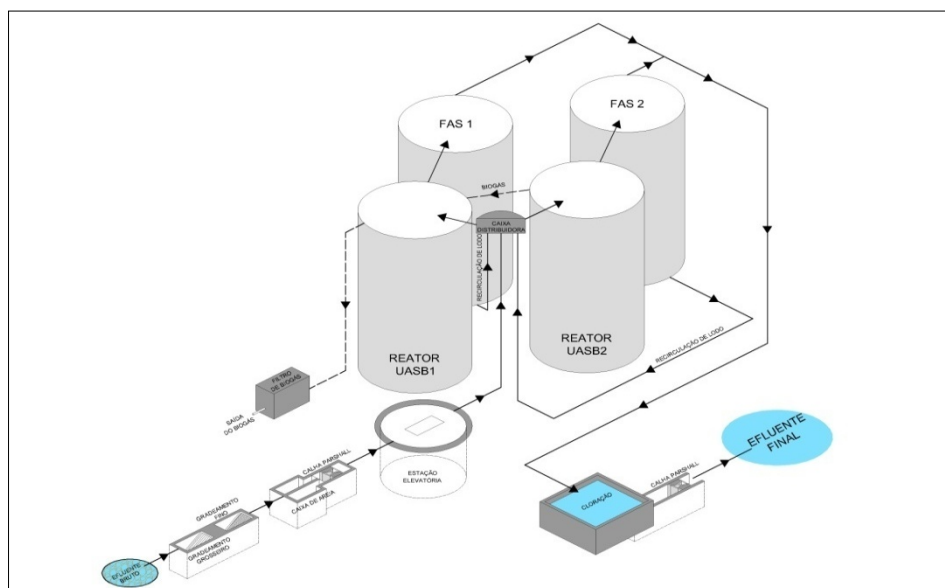


Figura 1 - Esquema isométrico da ECTE.

Para amostragem do lodo há quatro registros, o primeiro a 0,20 m do fundo do reator e os demais espaçados a cada 50 cm a partir do primeiro (0,70; 1,20 e 1,70 m).

O lodo bruto decantado acumula-se dentro dos reatores UASB e era descartado a cada 6 meses, porém, para obtenção de melhores resultados, passou a ser descartado a cada 3 meses. A limpeza dos FASs também era realizada a cada 3 meses com volume de retirada de 14 m³.

O monitoramento foi realizado no reator UASB 2 e FASs 1 e 2 e foi separado em períodos que são compatíveis com as coletas de amostras de lodo da manta do reator UASB e estes foram comparados com uma coleta realizada antes do primeiro descarte de lodo, realizado logo no início do monitoramento do sistema:

- Fase 1 – semana 1 (24/03/15), esta coleta foi realizada antes do descarte de lodo de fundo dos reatores UASB e limpeza dos FASs através da retirada de 14m³ de cada módulo;
- Fase 2 – abrange as semanas 2 (31/03/15), 3 (07/04/15) e 4 (14/04/15);
- Fase 3 – abrange as semanas 5 (22/04/15), 6 (28/04/15), 7 (05/05/15) e 8 (12/05/15);
- Fase 4 – abrange as semanas 9 (19/05/15), 10 (26/05/15), 11 (02/06/15) e 12 (09/06/15);
- Fase 5 – abrange as semanas 13 (23/06/15), 14 (30/06/15), 15 (07/07/15) e 16 (14/07/15).

PONTOS DE COLETA E PARÂMETROS ANALISADOS

Os pontos de coleta foram:

- Ponto 1 (semanalmente) – Entrada UASB 2 (após tratamento preliminar);
- Ponto 2 (semanalmente) – Saída UASB 2/ Entrada FAS 2;
- Ponto 3 (semanalmente) – Saída do FAS 1 e 2 (antes da desinfecção);
- Ponto 4 (mensalmente) – 4 Pontos de amostragem (0,20, 0,70, 1,20 e 1,70 m do fundo do reator UASB 2 respectivamente);

Semanalmente foram analisados os seguintes parâmetros: DBO₅, DQO filtrada, pH, temperatura da amostra e do ambiente, turbidez, cor verdadeira e aparente e a série completa de sólidos (Sólidos em Suspensão Totais (SST), Sólidos em Suspensão Fixos (SSF), Sólidos em Suspensão Voláteis (SSV), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV) e Sólidos Sedimentáveis (SS)), todas as análises foram realizadas de acordo com as metodologias contidas no *Standard Methods* (RICE *et al.*, 2012).

Os parâmetros analisados mensalmente para os pontos de amostragem de lodo foram: série completa de sólidos.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos neste estudo serão detalhados a seguir.

EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO DO REATOR UASB, FAS E TOTAL DO SISTEMA

As eficiências de remoção para os parâmetros analisados do efluente com exceção da série de sólidos estão apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Valores médios e desvios-padrão de eficiência de remoção dos parâmetros analisados do reator UASB durante as 16 semanas de monitoramento.

Parâmetros	Total (16 semanas)		Fase 1	Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
	M ± dp			M ± dp		M ± dp		M ± dp		M ± dp	
DBO ₅ (%)	73	12	65	72	3	81	1	81	3	59	3
DQO (%)	71	8	67	72	7	69	10	76	6	66	6
Turbidez (%)	72	15	53	78	5	69	22	77	7	70	7
Cor aparente (%)	73	9	66	74	7	78	4	73	3	70	3
Cor verdadeira (%)	44	12	38	44	10	39	12	47	10	46	10

Tabela 2 - Valores médios e desvios-padrão de eficiência de remoção dos parâmetros analisados do FAS durante as 16 semanas de monitoramento.

Parâmetros	Total (16 semanas)		Fase 1	Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
	M ± dp			M ± dp		M ± dp		M ± dp		M ± dp	
DBO ₅ (%)	51	23	7	28	16	50	14	54	10	77	11
DQO (%)	35	69	-220	67	3	53	7	44	16	48	4
Turbidez (%)	76	18	49	52	8	72	12	86	2	93	2
Cor aparente (%)	68	15	38	54	9	64	7	76	6	84	6
Cor verdadeira (%)	40	11	24	44	4	45	9	39	16	38	11

Tabela 3 - Valores médios e desvios-padrão de eficiência de remoção dos parâmetros analisados do sistema total durante as 16 semanas de monitoramento.

Parâmetros	Total (16 semanas)		Fase 1	Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
	M ± dp			M ± dp		M ± dp		M ± dp		M ± dp	
DBO ₅ (%)	87	7	67	80	3	91	3	91	3	91	4
DQO (%)	81	23	-5	91	2	85	5	87	1	83	4
Turbidez (%)	93	8	76	89	4	90	11	97	1	98	1
Cor aparente (%)	92	5	79	88	3	92	3	94	2	96	2
Cor verdadeira (%)	67	7	53	69	6	67	10	69	6	66	5

Até a realização do descarte, na Fase 1, ao invés de ocorrer remoção de DQO no FAS houve um aumento da concentração de 389,5 mg.L⁻¹ no reator UASB para 1.247,0 mg.L⁻¹ no FAS, provavelmente pelo carreamento de lodo dos reatores UASB para os FASs. Após o descarte, o FAS apresentou eficiência de remoção de DQO de no mínimo 44% e o sistema total de 83%. Ramos (2008) afirma que os resultados encontrados em seu estudo corroboraram a necessidade de serem realizados descartes programados de lodo em reatores UASB, minimizando a perda de sólidos no efluente e impactos negativos em relação às remoções de DQO. Todos os parâmetros, tanto do reator UASB 2 quanto dos FASs, apresentaram melhora significativa após a realização do descarte.

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS NO SISTEMA

Eficiências de remoção para sólidos estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Todos os parâmetros do reator UASB apresentaram uma grande melhora após a limpeza, o que explica uma queda com relação à eficiência de remoção de ST no FAS, uma vez que a maior parte dos sólidos foi removida pela etapa anaeróbia do tratamento.

Tabela 4 - Valores médios e desvios-padrão de remoção de ST do efluente em cada etapa do tratamento.

Remoção de ST (%)											
Etapas do tratamento	Total (16 semanas)		Fase 1	Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
	M ± dp			M ± dp		M ± dp		M ± dp		M ± dp	
Reator UASB	45	13	33	32	13	52	9	48	4	46	4
FAS	18	17	21	14	16	19	30	10	11	25	11
Total do sistema	54	16	47	40	21	60	21	54	8	61	10

Tabela 5 - Valores médios e desvios-padrão de remoção de SST do efluente em cada etapa do tratamento.

Eficiência de remoção de SST (%)											
Fases do tratamento	Total (16 semanas)		Fase 1	Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
	M ± dp			M ± dp		M ± dp		M ± dp		M ± dp	
Reator UASB	76	14	69	68	21	86	9	80	6	72	6
FAS	74	25	56	46	47	75	3	82	11	93	2
Total do sistema	94	6	87	86	11	96	2	97	1	98	1

Devido a vários problemas na operação do sistema durante o estudo, no geral os resultados com relação aos ST e STV foram bastante inconclusivos, no entanto foi possível observar que com exceção das Fases 1 e 2, ou seja, antes da limpeza e quando ocorreu a estabilização do sistema após a mesma, houve uma tendência de aumento de concentração nos sólidos em suspensão principalmente no reator UASB que coincidiu com a identificação visual de arraste de sólidos deste para o FAS a partir da semana 10 (durante a Fase 4), quando também foi identificado um problema no timer que aciona a bomba de recirculação de lodo do reator UASB para o FAS.

Segundo Khan *et al.* (2011), os SST do efluente da maioria dos sistemas anaeróbios, inclusive UASB, tem sido relatados com uma variação de 50 a 100 mg.L⁻¹ e neste estudo, a partir da semana 3, foram obtidos valores abaixo de 100 mg.L⁻¹ até a semana 10. No entanto a eficiência de remoção do sistema para SST e SSV foi de 73 a 99% e 80 a 100%, respectivamente, bem acima da eficiência média obtida por Araújo e Freitas (2014) em um sistema de configuração semelhante ao sistema estudado, que apresentou eficiências médias de 47% para SST e 59% para SSV.

Com relação aos sólidos sedimentáveis (SS), houve melhora significativa, pois na Fase 1 ao invés de haver remoção no FAS, houve um aumento na sua concentração e a partir da fase 3 e passou a apresentar eficiência média de 92%, isso mostra que estava havendo arraste de lodo no filtro e a necessidade de descarte.

PERFIL DA MANTA DE LODO DO REATOR UASB

Embora existam várias metodologias para se avaliar a quantidade e a atividade da biomassa presente no reator anaeróbio, na maioria das vezes estas são sofisticadas e não são viáveis para serem adotadas como parâmetro de controle e monitoramento de reatores que operam em escala plena. Geralmente nos sistemas que possuem lodo em suspensão que é o caso dos reatores UASB desta ECTE, a concentração de lodo geralmente não é uniforme, tornando necessária a amostragem de lodo em vários pontos ao longo da manta de lodo do reator UASB, portanto os valores obtidos nos 4 pontos de amostragem estão apresentados nas Figuras 2, 3, 4, 5 e 6.

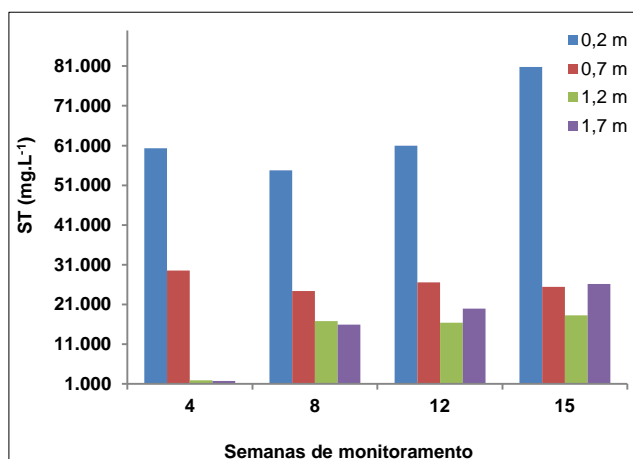


Figura 2 - Valores de ST das amostras de lodo do reator UASB.

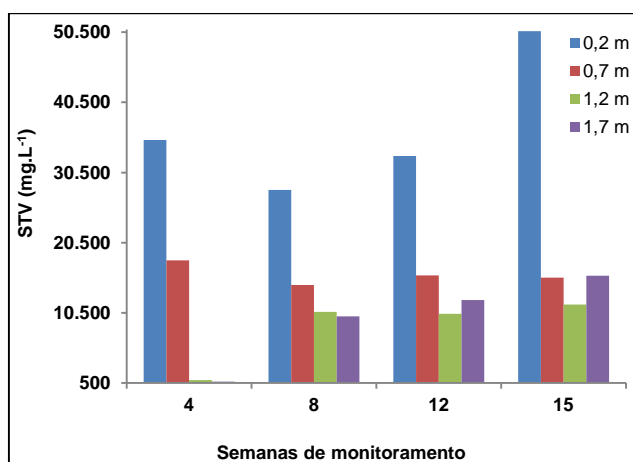


Figura 3 - Valores de STV das amostras de lodo do reator UASB.

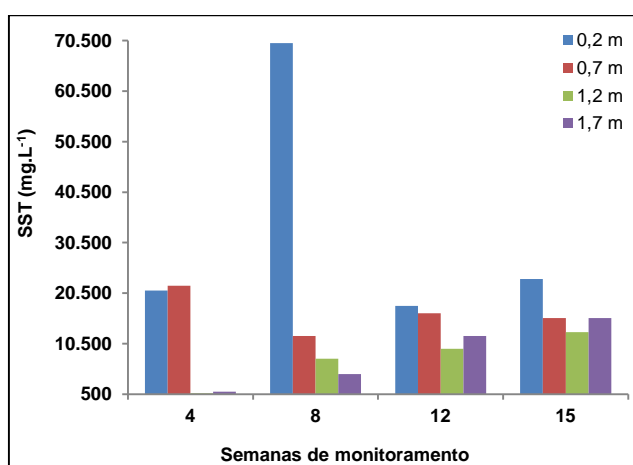


Figura 4 - Valores de SST das amostras de lodo do reator UASB.

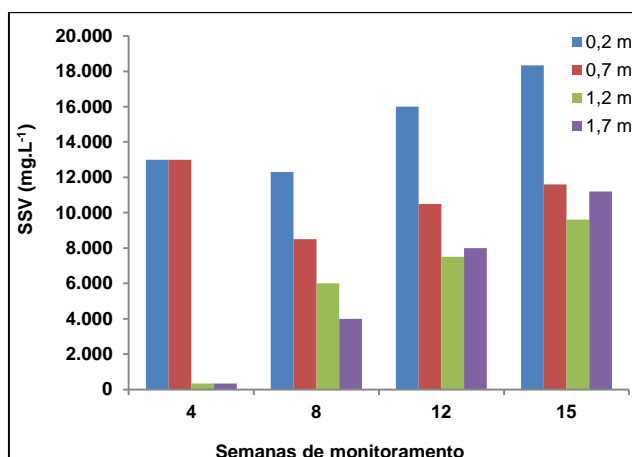


Figura 5 - Valores de SSV das amostras de lodo do reator UASB.

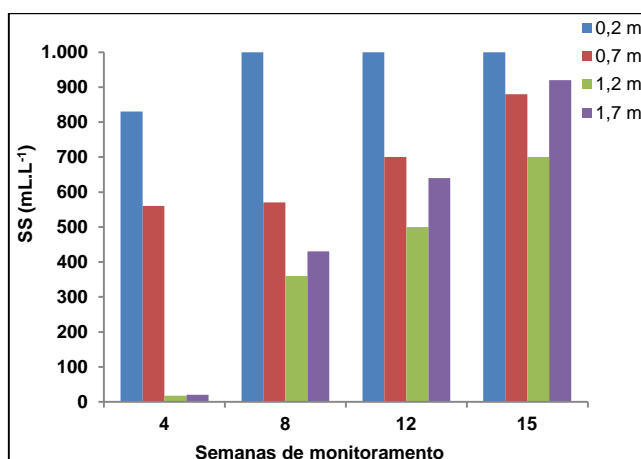


Figura 6 - Valores de SS das amostras de lodo do reator UASB.

Comparando as análises realizadas ao longo do monitoramento, é possível verificar que no 1º mês houve uma maior dispersão na parte superior da zona de digestão do reator e ao longo do monitoramento as concentrações de sólidos aumentaram significativamente nas zonas superiores (1,2 e 1,7 m), enquanto nas zonas inferiores não foi tão significativa (0,2 e 0,7 m). No entanto, a manta de lodo apresentou um comportamento incomum com relação aos ST a partir da semana 8 para as alturas de 0,7 e 1,2 m, pois como pode ser observado na Figura 2 ao invés de haver um aumento progressivo da concentração conforme esperado, para altura de 0,7 m houve uma queda da semana 4 para a 8 e da 12 para 15, enquanto para a altura de 1,2 m houve uma queda da semana 8 para a 12. Também pôde ser observada uma concentração incomum na manta a partir da semana 12, não só para ST, mas também para SST e SS, estes parâmetros apresentaram menor concentração na altura de 1,2 m do que para a altura de 1,7 m conforme era esperado. Em seu estudo, Ramos (2008) verificou certa coerência no tocante às determinações para sólidos totais e voláteis, houve um decréscimo nos valores encontrados à medida que a manta de lodo se ascendia, indicando uma maior dispersão na parte superior da zona de digestão do reator.

Acredita-se que altas vazões de entrada temporárias, não dimensionadas para o projeto podem ter causado uma ascensão temporária da manta de lodo, pois de acordo com Chernicharo (2007), o lodo mais pesado, denso e com melhores características de sedimentação normalmente se desenvolve no fundo do reator e apresenta uma concentração de sólidos totais da ordem de 40 a 100 gST.L⁻¹, ou seja 4% a 10%, e acima do leito de lodo desenvolve-se a zona de crescimento bacteriano mais disperso onde os sólidos apresentam velocidades de sedimentação mais baixas, denominada manta de lodo e a concentração nesta zona geralmente varia entre 15 a

30 gST.L⁻¹, ou seja 1,5 a 3%. A partir disto, é possível afirmar que apenas a altura de 0,2 apresentou um lodo mais pesado com concentração acima de 4% desde a semana 4.

Aisse *et al.* (2000) monitoraram um reator anaeróbio de leito fluidizado, acompanhando o perfil de sólidos no interior do reator e assim como neste estudo, ao longo de 18 meses de experimento, não foi observada uma evolução sempre crescente na altura da manta de lodo, havendo “involução” em certos períodos, inclusive no peso dos sólidos, sem se atribuir uma causa possível exata para o fenômeno.

Acredita-se que o retorno de lodo do FAS para o reator UASB não influenciou na falta de diminuição progressiva da concentração de sólidos ao longo da manta de lodo do reator UASB, pois Pontes e Chernicharo (2009) observaram que o retorno do lodo aeróbio não afetou negativamente o desempenho de um reator UASB e filtro biológico percolador. Ao contrário, boa parte dos resultados obtidos, indicaram menores concentrações efluentes durante as fases em que se praticou o retorno do lodo tanto para os reatores UASB quanto para filtros. Muito embora as diferenças de concentrações e eficiências entre as fases com e sem retorno de lodo não tenham sido confirmadas estatisticamente.

Uma fração elevada de material biodegradável no lodo não somente é indicativa de um sistema sobrecarregado, como também pode causar grandes problemas na separação sólido-líquido do lodo de descarte. Com base em experiência ainda muito limitada, Van Haandel e Lettinga (1994) sugerem que a fração de sólidos biodegradáveis em lodo anaeróbio deve ser mantida abaixo de 3% e neste estudo tal concentração para STV só foi ultrapassada na semana 15 para a altura de 0,2 m, a concentração apresentou-se em torno de 5%, o que sugere que provavelmente seja necessário realizar outro descarte de lodo, apesar do lodo ainda não estar com a densidade citada por Chernicharo (2007). Outro indício de que o período de intervalo entre os descartes de lodo seja de aproximadamente 4 meses foi a queda de eficiência de remoção de todos os parâmetros que foi observada da Fase 4 para a Fase 5 no reator UASB.

Para a solução de tal problema de irregularidade na concentração de sólidos ao longo da manta de lodo do reator seria ideal realizar o descarte preferencialmente na parte superior do leito de lodo. No entanto, tal descarte não é possível por enquanto, pois só há uma válvula de descarte de lodo no fundo do reator, considerando o pequeno volume do reator, o descarte de lodo em outras alturas poderia ser feito no próprio sistema de amostragem de lodo, porém tal manobra não é possível atualmente, pois o bucal da tubulação de amostragem é incompatível com o bucal do caminhão vacal que faz a coleta e transporte do lodo descartado, no entanto, está sendo construído um leito de secagem ao lado dos módulos de tratamento e o lodo proveniente da cuba de amostragem de lodo será diretamente encaminhado para este leito, o que possibilitará a realização de tal procedimento.

A instalação de um ponto de descarte de lodo na parte superior do leito, a uma altura aproximada de 2,00 m, além da válvula já existente a 0,20 m do fundo do reator UASB traria benefícios para o seu desempenho, pois seria possível realizar o descarte retirando uma parte do lodo de fundo que pode apresentar alta concentração de material inerte, tal como areia, e outra parte do lodo presente na camada superior da manta, que permitiria a eliminação do lodo menos concentrado e com piores condições de sedimentabilidade, prevenindo possíveis problemas de arraste de sólidos para a próxima etapa de tratamento.

CONCLUSÕES

O sistema se mostrou bastante eficiente principalmente em relação às remoções de DBO e DQO com valores médios acima dos usuais para esse tipo de tratamento de no mínimo 91% e 85% respectivamente. Houve uma queda na eficiência de remoção da maior parte dos parâmetros da Fase 4 para a 5, principalmente no reator UASB o que indica que o intervalo entre os descartes de lodo do mesmo para seu bom funcionamento seja de aproximadamente 4 meses. Acredita-se que o monitoramento contribuiu para uma melhora geral do sistema, pois durante o presente trabalho foi obtida a Licença de Operação (LO) da ECTE que até então estava sendo operada com uma Licença de Operação a Título Precário (LOTP), o que mostra que tratamentos descentralizados, tais como ECTEs são boas alternativas para pequenos municípios e podem atender os padrões de eficiência exigidos pela legislação desde que sejam feitos um acompanhamento operacional e manutenção mínimos para o bom funcionamento do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. METCALF & EDDY. *Wastewater engineering treatment and reuse*. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1819p, 2002.
2. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações básicas dos municípios**. 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/download/mapa_e_municipios.php?lang=&uf=sp>. Acesso em: 28 maio 2015.
3. ØDEGAARD, H. Advanced Compact Wastewater Treatment Based on Precoagulation and moving Bed Biofilm Processes. *Water Science & Technology*. Vol. 42, No. 12, pp 33-48, 2000.
4. RICE, E.W., *et al.* (Eds.) *Standard methods for the examination of water and waste water 22nd Edition*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2012.
5. RAMOS, Ricardo Augusto. Avaliação da Influência da operação de descarte de lodo no desempenho de reatores UASB em estações de tratamento de esgoto no Distrito Federal. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
6. ARAÚJO, Ana Paula Cosso Silva; FREITAS, Bruno de Oliveira. Remoção de matéria orgânica e oxidação do nitrogênio amoniacal presente em esgoto sanitário por sistema combinado UASB e biofiltro aerado submerso. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v. 10, n. 19, p.1642-1655, 01 dez. 2014.
7. KHAN, Abid Ali *et al.* Sustainable options of post treatment of UASB effluent treating sewage: a review. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, n. 12, p. 1232-1251, 2011.
8. CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios*. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2007. 379 p.
9. AISSE, M. M., *et al.* (2000). "Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios: Monitoramento de reatores tipo RALF". *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo – coletânea de trabalhos técnicos*, ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, Brasil, 348p.
10. PONTES, Patrícia Procópio; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Efeito do retorno de lodo aeróbio sobre as características da biomassa presente em reatores UASB tratando esgoto sanitário. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro , v. 14, n. 2, p. 223-234, June 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000200010&lng=en&nrm=iso>. access on 28 Jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000200010>.
11. VAN HAANDEL, A., Leeting, G. (1994). *Anaerobic Sewage Treatment: A Practical Guide for Regions with Hot Climates*. John Wiley & Sons, Inc., Chichester, U.K pp.226.