



REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E OXIDAÇÃO DO NITROGÊNIO AMONIACAL PRESENTE EM ESGOTO SANITÁRIO POR SISTEMA COMBINADO UASB E BIOFILTRO AERADO SUBMERSO

Ana Paula Cosso Silva Araújo¹; Bruno de Oliveira Freitas².

1. Engenheira Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, email: anapaula.cosso@gmail.com, Londrina-Brasil

2. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

Novas técnicas e pesquisas na área do saneamento devem ser executadas para aprimorar o tratamento de esgoto. Desta forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema combinado, constituído pelo reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) e biofiltro aerado submerso (BFAS), para o tratamento de esgoto sanitário, visando a remoção da matéria orgânica e a ocorrência da nitrificação. O sistema experimental foi construído em policloreto de polivinila (PVC) com uma altura de 1,82 m, 0,15 m de diâmetro, volume do reator UASB de 18 L, do BFAS de 14 L, tempo de detenção hidráulica (TDH) de 7,9 horas e 6,4 horas, respectivamente e vazão de alimentação de 52,56 L/dia. O esgoto sanitário era sintético e o material suporte utilizado no BFAS era constituído por espuma de poliuretano e anel de polipropileno. Nesta pesquisa, obteve-se uma eficiência média na redução da demanda química de oxigênio (DQO) acima de 70%, 6% na remoção de sólidos totais (ST), 66% de sólidos totais voláteis (STV), 47% de sólidos suspensos totais (SST) e 59% de sólidos suspensos voláteis (SSV). O processo de nitrificação foi favorecido, ocorrendo a oxidação de 25% do nitrogênio amoniacal. O material suporte possibilitou a aderência da biomassa, se mostrando uma alternativa para o tratamento de esgoto sanitário em biofiltro. A idade do lodo apresentou grande variação, possivelmente decorrente da oscilação da concentração de STV presente no efluente final. O sistema combinado se mostrou uma boa alternativa para o tratamento de esgoto sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Matéria orgânica, Material suporte, Nitrificação, Sistema combinado.

REMOVAL OF ORGANIC MATTER AND OXIDATION OF AMMONIACAL NITROGEN IN SEWAGE TREATMENT BY COMBINED SYSTEM UASB AND SUBMERGED AERATED BIOFILTER

ABSTRACT

New techniques and research in the area of sanitation must be performed to improve the treatment of sewage. Thus, this study aimed to develop a combined system (upflow anaerobic sludge blanket reactor UASB and submerged aerated biofilter-SAB) for the sewage treatment, to the removal of organic matter and the occurrence of nitrification. The experimental system was constructed with a height of 1.82 m,

0.15 m diameter, UASB reactor volume of 18 L, 14 L for SAB, hydraulic retention time (HRT) 7.9 hours and 6.4 hours, respectively and flow rate of 52.56 L/day. The synthetic sewage was used and the support material in SAB consisted of polyurethane foam and polypropylene ring. In this research, chemical oxygen demand (COD) removal efficiency was above 70%, 6% to removal of total solids (TS), 66% of total volatile solids (TVS), 47% of total suspended solids (TSS) and 59% of volatile suspended solids (VSS). The nitrification process was observed by ammonia oxidation. The support material was shown to be an alternative for the biofilter. The sludge retention time showed large variations, possibly due to the oscillation of the concentration of TVS present in the effluent. The combined system can be considered a feasible alternative to treatment of sewage.

KEYWORDS: Organic matter, Support material, Nitrification, Combined system.

INTRODUÇÃO

A crescente urbanização requer além do desenvolvimento econômico o desenvolvimento social e ambiental, para tanto, faz-se necessário um maior desenvolvimento na área do saneamento básico, uma vez que este está atrelado a questões sociais e ambientais. A partir de 2007 com a implementação do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) da área de saneamento, grandes investimentos têm sido feitos para instalação, revitalização e ampliação dos sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário, porém ainda há uma demanda muito grande nessa área em todo o Brasil.

De acordo com a Pesquisa Nacional do Saneamento Básico referente ao ano de 2008, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), cerca de 55,2% dos municípios brasileiros possuíam sistema de esgotamento sanitário, enquanto que 28,5% dos municípios aplicavam algum tipo de tratamento ao esgoto coletado. Contudo, é necessária a aplicação de sistemas de tratamento adequados para atender às demandas crescentes e as questões econômicas, sociais e ambientais referentes ao saneamento básico.

Para o tratamento de esgoto sanitário, tem-se aplicado sistemas biológicos nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), sendo o reator anaeróbio de manta de lodo UASB muito usado para esta finalidade. Os sistemas anaeróbios apresentam alguns aspectos significativos, como baixo custo de implantação, baixa demanda de energia e área, baixa produção de sólidos e a geração de biogás que pode ser aproveitado como fonte de energia (CHERNICHARO, 1997). De acordo com o mesmo autor, os sistemas de tratamento anaeróbio devem ser aplicados na primeira etapa do tratamento de efluentes, pois, não são capazes de gerar um efluente final com um elevado grau de qualidade e que com frequência não atendem os parâmetros para lançamento de esgoto estabelecidos pela legislação ambiental.

O acoplamento de um reator anaeróbio em um sistema aeróbio tem por finalidade otimizar o tratamento do efluente anaeróbio através da mineralização da matéria orgânica residual, bem como promover a redução da concentração de nitrogênio amoniacal por meio da ocorrência da nitrificação (ISOLDI et al., 2005).

Com a finalidade de prover uma melhor qualidade ao efluente sanitário, este trabalho teve como objetivo geral estudar o tratamento de esgoto sanitário sintético através de um sistema combinado reator UASB e biofiltro aerado submerso (BFAS) visando à remoção da matéria orgânica e a ocorrência da nitrificação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Londrina. O sistema experimental foi desenvolvido em escala piloto com a combinação das fases anaeróbia (UASB) e aeróbia (BFAS) (figura 1). A zona de decantação do reator UASB foi transformada no BFAS, com a colocação de meio suporte e do sistema de aeração que era constituído por um compressor e um difusor de ar. A vazão de ar introduzido no sistema foi de 1L/min, que foi controlada por um rotômetro.

O reator UASB possuía uma zona de digestão de 1,0 m de altura, 0,15 m de diâmetro, um volume de 18 L e o tempo de detenção hidráulica (TDH) de 7,9 h, enquanto que o BFAS possuía 0,82 m de altura, 0,15 m de diâmetro, volume útil de 14 L e um TDH de 6,4 h. A vazão de alimentação do reator foi de 52,56 L/dia.

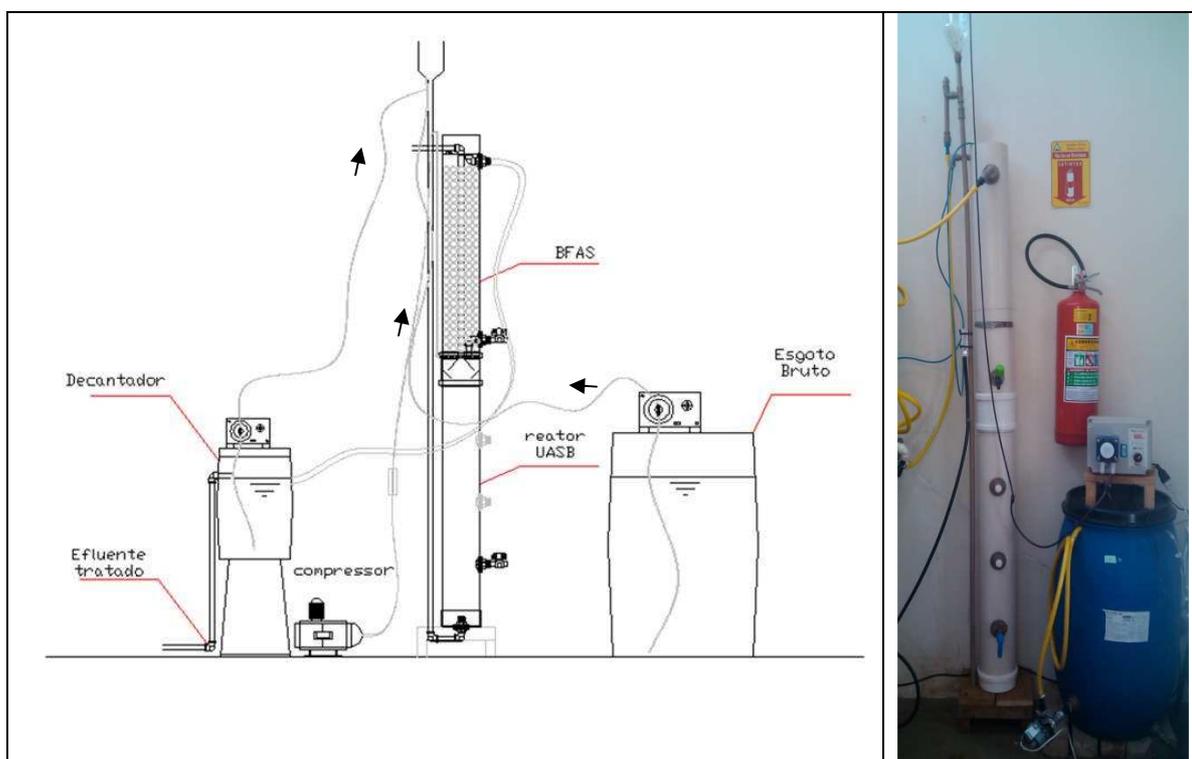


Figura 1. Sistema combinado anaeróbio/aeróbio.

Fonte: Autoria própria

O material suporte utilizado no biofiltro era constituído por espuma de poliuretano com 2 cm de largura, 7,5 cm de comprimento e 1 cm de espessura, sendo envolto por um anel de polipropileno perfurado, com 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura (figura 2) (NAKAGAWA, 2013). O meio suporte foi introduzido na zona de decantação do reator UASB até uma altura equivalente ao volume de 10 L.



FIGURA 2. Materiais utilizados como meio suporte para o BFAS.
Fonte: A autoria própria

O inóculo introduzido no reator UASB foi coletado em uma estação de tratamento de esgoto da Companhia de saneamento do Paraná (SANEPAR), sendo introduzido 15 litros de lodo na zona de reação do reator.

O esgoto sanitário utilizado era de origem sintética, sua composição foi adaptada da metodologia descrita por TORRES (1992). Os compostos utilizados para o preparo do esgoto são descritos no quadros 1 e 2.

QUADRO 1. Composição do substrato sintético para produção de 1 litro de esgoto com uma DQO de 500 mgO₂/L

Compostos orgânicos	Concentração
Extrato de soja	0,312 g/L
Sacarose	0,07 g/L
Amido comercial	0,114 g/L
Óleo de soja	0,051 ml/L
Detergente	0,114 g/L
Bicarbonato de sódio	0,2 g/L
Solução de sais minerais	5,0 ml/L

Fonte: Adaptado de TORRES (1992).

QUADRO 2. Concentração das soluções de sais minerais usadas na composição do esgoto sanitário sintético

Sais minerais	Concentração
NaCl	0,25 g/L
MgCl ₂ .6H ₂ O	0,007 g/L
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,0045 g/L
KH ₂ PO ₄	0,0264 g/L

Fonte: TORRES (1992).

O cloreto de amônio (NH₄Cl) foi utilizado como fonte de nitrogênio, para se obter uma concentração de nitrogênio amoniacal entre 10 e 20 mg N/L. O esgoto sanitário era preparado todos os dias, sendo armazenado em um Recipiente de plástico, para prover a alimentação do sistema experimental foi utilizada uma bomba dosadora.

O sistema experimental foi monitorado durante 63 dias, sendo dividido em duas etapas. A primeira etapa foi caracterizada pelo funcionamento somente do

reator UASB, sendo que toda a estrutura do reator funcionou como um sistema anaeróbio. Esta etapa teve início no dia 28 de março de 2014 até dia 01 de maio de 2014 (35 dias).

A etapa 2 teve início com o funcionamento do BFAS, a partir da introdução do meio suporte na zona de decantação do reator UASB e funcionamento do sistema de aeração. Esta etapa foi monitorada do dia 02 de maio de 2014 até o dia 29 de maio de 2014 (28 dias).

Para avaliar o desempenho do sistema experimental, foram realizadas as análises físico-químicas descritas no Quadro 3. As análises foram realizadas no esgoto bruto, no efluente do reator UASB e no efluente do BFAS. Todas as análises seguiram as recomendações do STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA, 2012).

QUADRO 3. Parâmetros e métodos utilizados e a frequência das análises

Parâmetro	Método analítico	Frequência	Referência
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	2320 B	1 X semana	STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA, 2012)
Temperatura (°C)	2550 B	3 X semana	
pH	4500 H ⁺ B	1 X semana	
OD (mgO ₂ /L)	4500 O G	3 X semana	
DQO bruta (mg/L)	5220 D	1 X semana	
DQO filtrada (mg/L)	5220 D	1 X semana	
ST (mg/L)	2540	1 X semana	
STV (mg/L)	2540 E	1 X semana	
SST (mg/L)	2540 D	1 X semana	
SSV (mg/L)	2540 E	1 X semana	
N-NH ₃ ⁺ (mg/L)	4500 D	1 X semana	
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	4500 B	1 X semana	

A biomassa aderida no meio suporte foi quantificada, para tanto, foram coletados semanalmente, de forma aleatória, dois meios suportes. Toda a biomassa foi removida tanto da espuma quanto do anel de polipropileno, a quantificação da biomassa foi realizada por meio da metodologia de sólidos totais voláteis descrita por STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA, 2012). A relação da quantidade de biomassa aderida no meio suporte foi obtida pela razão entre o peso da biomassa e o peso do meio suporte.

A partir da análise de biomassa aderida, foi possível estimar a idade do lodo no BFAS, que foi determinada pela relação entre a biomassa total existente no biofiltro (dado extrapolado a partir da análise de biomassa aderida) e a carga/quantidade de biomassa que deixava o sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas para avaliar a redução da matéria orgânica estão descritas na tabela 1.

TABELA 1. Concentração média de DQO e sólidos nas duas etapas do tratamento

Variáveis	Etapa 1			Etapa 2				
	EB	UASB	DP (UASB)	EB	UASB	DP (UASB)	BFAS	DP (BFAS)
DQO total (mg/L)	507	318	26	503	148	69	115	63
DQO filtrada (mg/L)	277	286	47	286	62	31	72	31
ST (mg/L)	723	421	124	460	520	390	434	269
STV (mg/L)	363	192	79	270	113	85	93	77
SST (mg/L)	230	44	24	180	329	389	96	45
SSV (mg/L)	125	22	12	112	71	62	46	11

EB = Esgoto Bruto, DP = Desvio Padrão.

No início do tratamento (etapa 1) o reator UASB não se mostrou eficiente na remoção da matéria orgânica, apresentando uma eficiência média de 37% na remoção da demanda química de oxigênio (DQO) total e um aumento da DQO filtrada. Com relação à remoção de sólidos, o reator UASB apresentou uma eficiência média de 42% na remoção de sólidos totais (ST), 47% de sólidos totais voláteis (STV), 81% de sólidos suspensos totais (SST) e 82% de sólidos suspensos voláteis (SSV).

Na segunda etapa do tratamento, a eficiência do reator UASB na remoção da matéria orgânica se apresentou mais significativa, obtendo uma eficiência média na remoção de DQO total de 71% e 78% de DQO filtrada. O BFAS não foi eficiente na remoção da matéria orgânica. Apresentando remoção de DQO total de 22% e o aumento da DQO filtrada. Porém, a eficiência do sistema como um todo, considerando o reator UASB e o BFAS, foi em média 77% na remoção da DQO total e 75% na remoção da DQO filtrada. O desempenho do reator combinado pode ser verificado na figura 3.

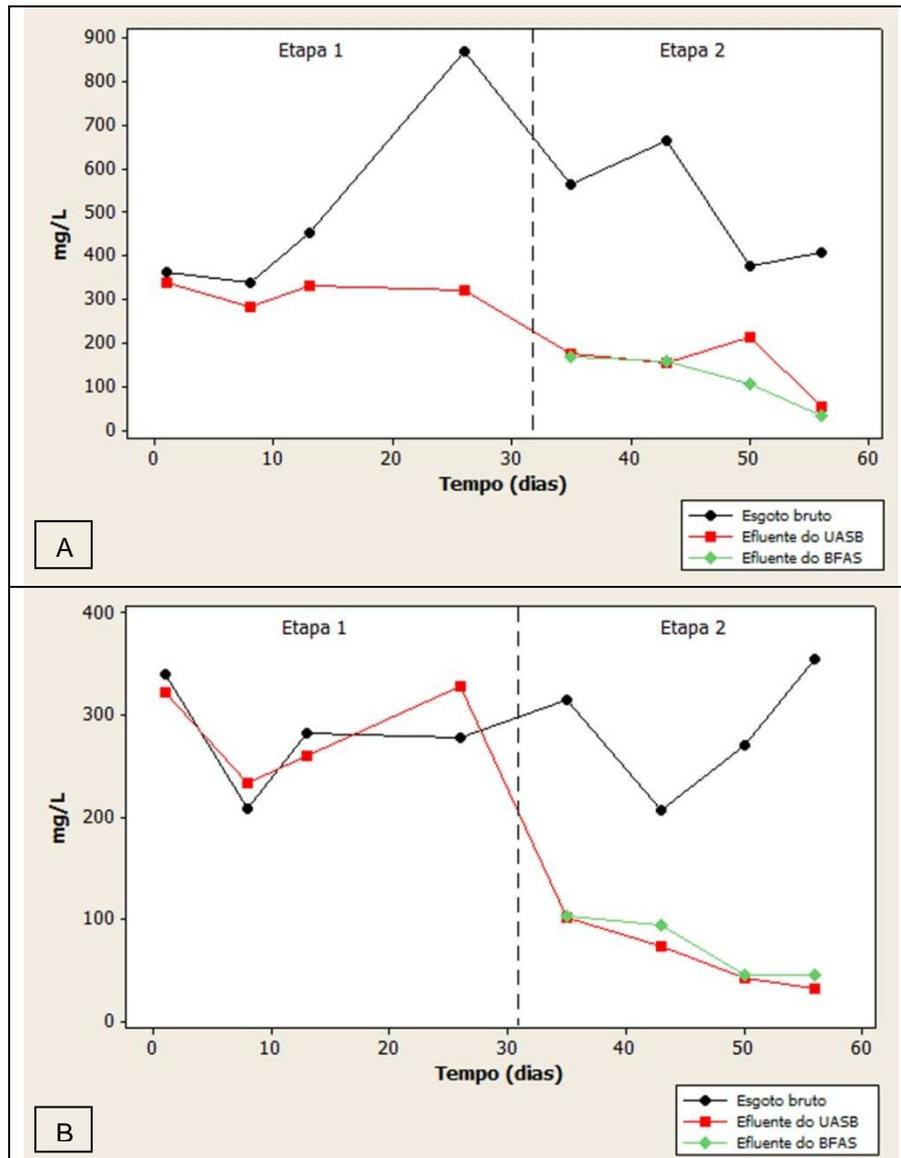


FIGURA 3. Variação da concentração A) DQO total. B) DQO filtrada.
Fonte: Autoria própria

Com relação à remoção de sólidos, ocorreu o aumento da concentração de ST no efluente do reator UASB, possivelmente em decorrência do arraste de biomassa da zona de digestão do reator, influenciando também no aumento dos SST. Porém, o reator apresentou uma eficiência média de remoção de STV de 58% e 37% de SSV. O BFAS assim como na redução da DQO, não foi eficiente na remoção de sólidos. Apresentando um desempenho médio para ST de 17%, 1% de STV, 71% de SST e 35% de SSV. Com relação a eficiência global do sistema obteve-se 6% na remoção de ST, 66% de STV, 47% de SST e 59% de SSV. A concentração de sólidos tanto no efluente do BFAS quanto no efluente do reator UASB não apresentaram uma diferença significativa, como pode ser verificado nas figuras 4 e 5.

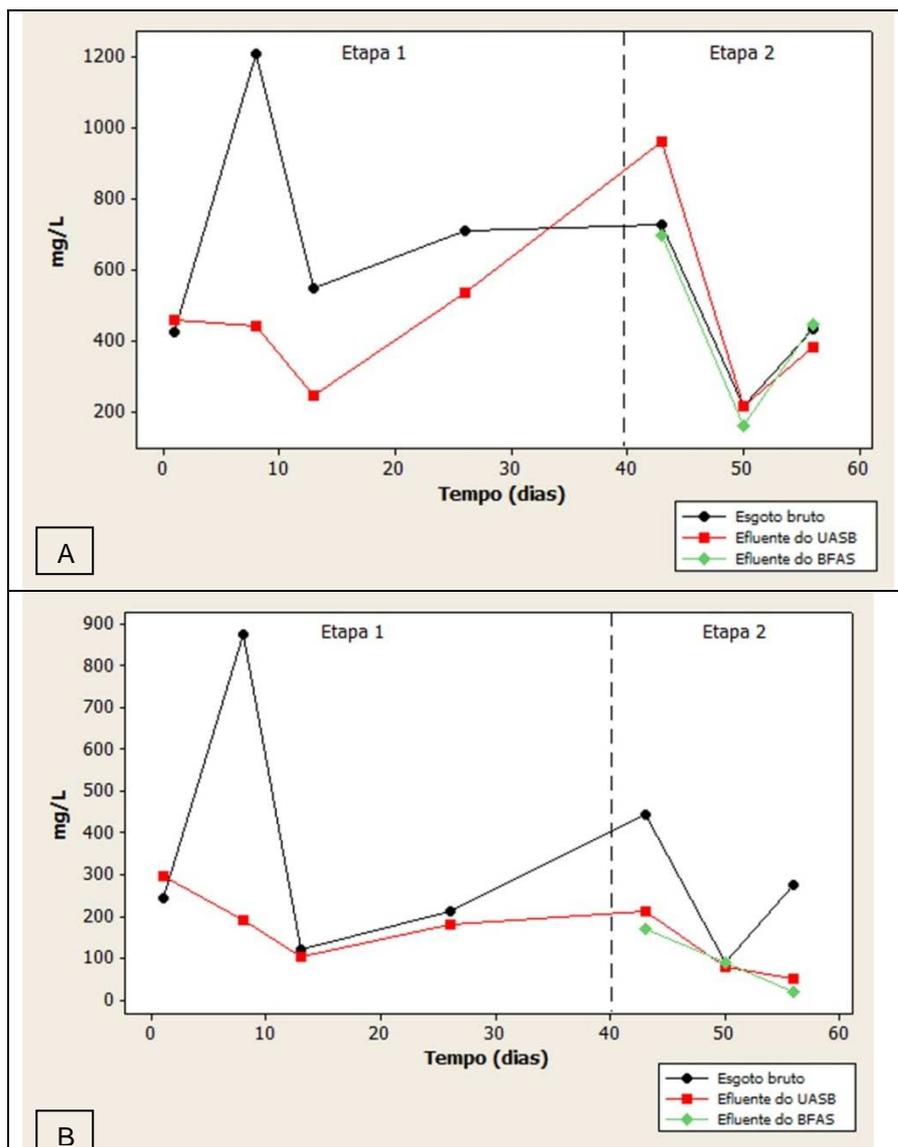


FIGURA 4. Variação da concentração A) ST. B) STV.
 Fonte: Autoria própria

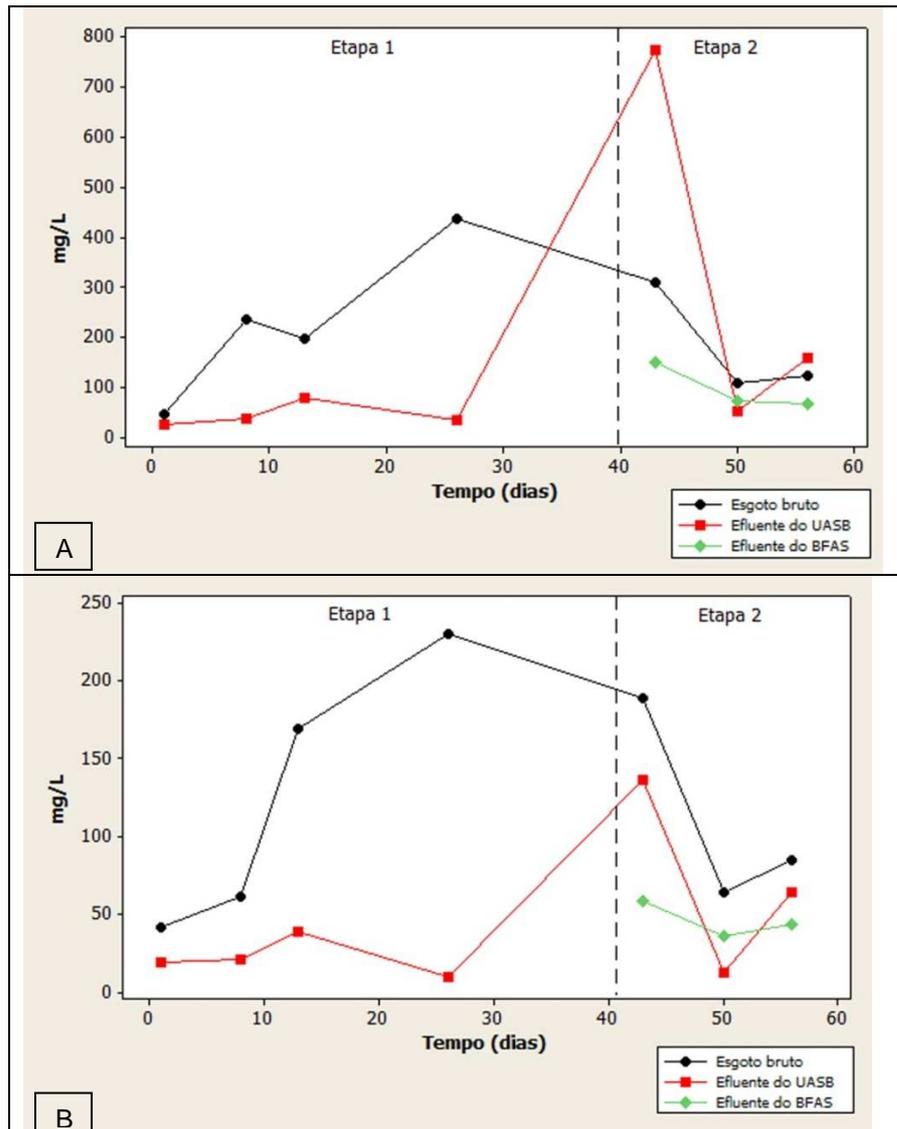


FIGURA 5. Variação da concentração A) SST. B) SSV.
 Fonte: Autoria própria

Segundo JORDÃO & PESSÔA (2011), a eficiência média dos reatores UASB na remoção de DQO deve estar na ordem de 65%. Apenas na segunda etapa do tratamento se obteve uma eficiência superior a esta. A baixa eficiência no início do tratamento deve estar relacionada com o processo de adaptação do lodo ao esgoto utilizado.

Com relação aos sólidos, segundo JORDÃO & PESSÔA (2011), a concentração média final de SST no efluente do reator UASB deve ser em torno de 80 mg/L, na primeira etapa do experimento este parâmetro foi atendido, bem como na segunda etapa, na qual o funcionamento do biofiltro possibilitou a manutenção deste parâmetro por meio da remoção de SST.

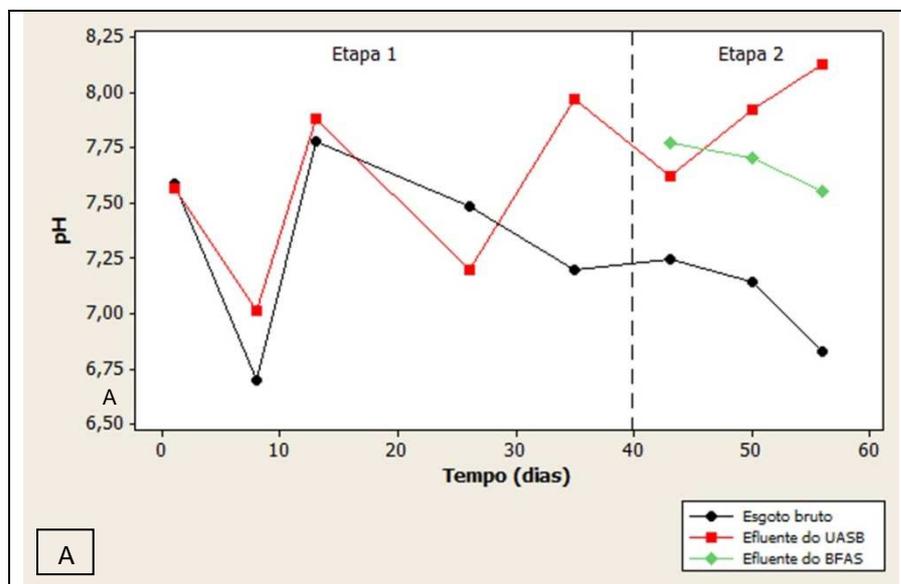
Na tabela 2 estão descritos os valores médios dos parâmetros monitorados para verificar a ocorrência do processo de nitrificação.

TABELA 2. Valores médios do monitoramento da ocorrência da nitrificação

Variáveis	Etapa 1			Etapa 2				
	EB	UASB	DP UASB	EB	UASB	DP (UASB)	BFAS	DP (BFAS)
pH	7,3	7,52	0,4	7,07	7,89	0,3	7,67	0,1
OD (mgO ₂ /L)	ND	ND	-	ND	ND	-	6,16	1
Alcalinidade (mg de CaCO ₃ /L)	159	195	60	138	132	63	153	35
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	ND	ND	-	20	ND	-	15	2
Nitrito (mgNO ₂ ⁻ /L)	ND	ND	-	ND	ND	-	0,02	0,02
Temperatura (°C)	ND	ND	-	ND	ND	-	26	3

EB = Esgoto Bruto, DP = Desvio Padrão, ND = Não Determinado.

O pH e a alcalinidade no decorrer das duas etapas do tratamento não apresentaram diferenças significativas, como pode ser observado na figura 6. O pH se manteve na faixa de 7 tanto no esgoto bruto quanto nos efluentes no reator UASB e do BFAS, porém foi observado uma pequena queda do pH no BFAS o que foi entendido como um indicio da nitrificação. A alcalinidade do efluente do UASB e do BFAS se mantiveram muito próximas durante a segunda etapa do tratamento, não evidenciando a nitrificação.



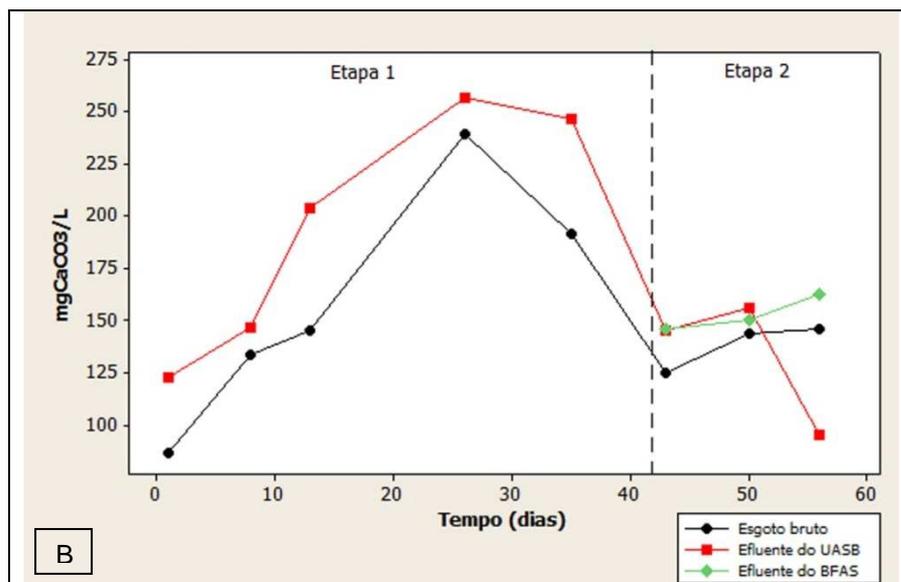
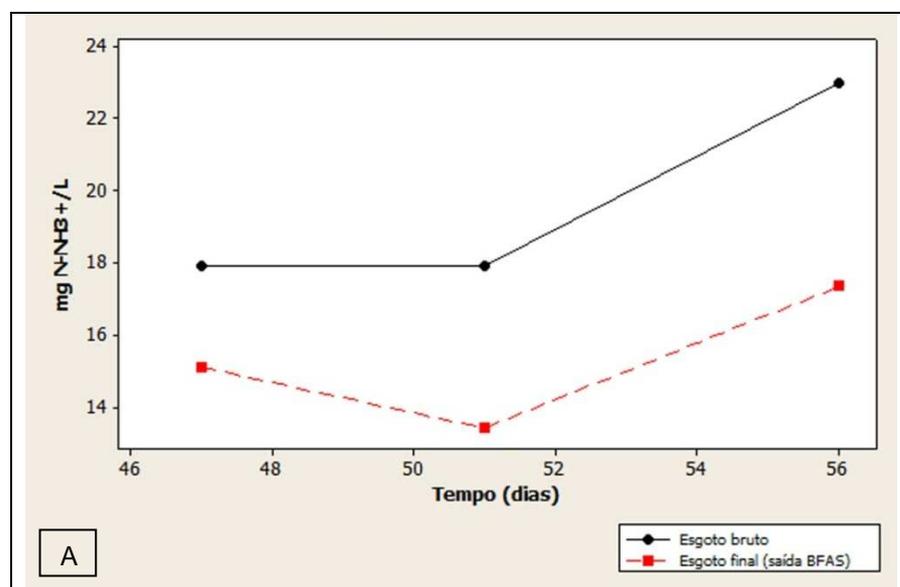


FIGURA 6. Variação A) pH. B) Alcalinidade.

Fonte: Autoria própria

A concentração média de oxigênio dissolvido (OD) no BFAS foi de 6,16 mgO₂/L, estando acima do determinado por METCALF & EDDY (2003) que seria na ordem de 4,3 mgO₂/L, para a ocorrência da nitrificação, mas vale ressaltar que não foi detectado nenhum problema por causa da concentração de oxigênio do experimento. A ocorrência do processo de nitrificação só pôde ser confirmada devida à oxidação de 25 % do nitrogênio amoniacal e pela presença de nitrito no efluente do BFAS (figura 7).



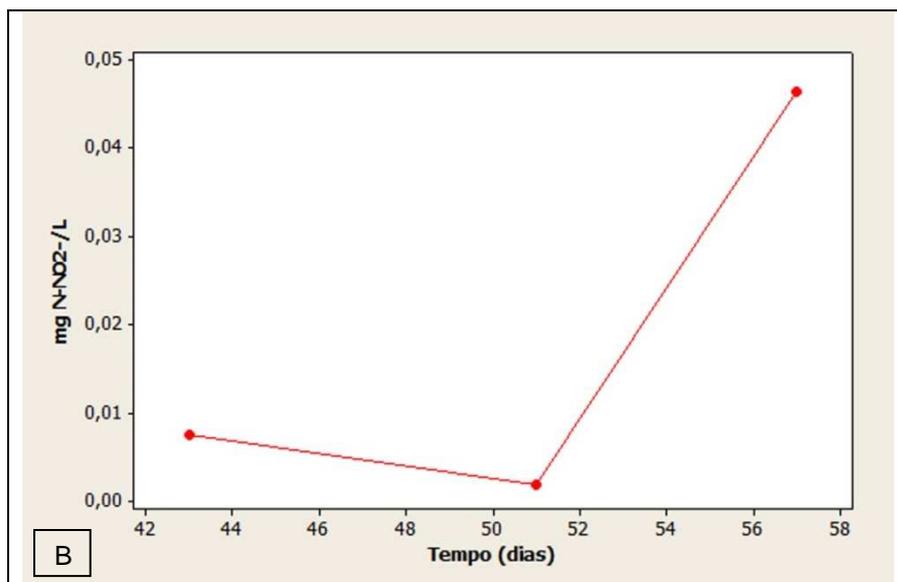


FIGURA 7. Variação da concentração A) Nitrogênio amoniacal. B) Nitrito.
Fonte: Autoria própria

Na tabela 3 estão descritas a quantidade de biomassa aderida ao material suporte e a idade do lodo no decorrer do período de monitoramento.

TABELA 3. Concentração de biomassa aderida por grama de material suporte e idade do lodo

Espuma de poliuretano (g/g)	Anel de polipropileno (g/g)	Material suporte total (g/g)	Idade do lodo (dia)
0,0573	0,0071	0,0643	4
0,0396	0,0003	0,039	4
0,0727	0,0069	0,0796	44
0,0523	0,0122	0,0646	18
0,0661	0,0002	0,0664	7
0,0848	0,0066	0,0914	18
0,1034	0,0130	0,1164	16
0,15	0,01	0,16	6
0,19	0,01	0,2	18

A concentração média total de biomassa aderida no meio suporte foi de 0,0981 grama de biomassa por grama de material suporte. Ao longo do experimento verificou-se o aumento da quantidade de biomassa aderida ao material suporte, indicando que o material utilizado possui boas características para a aderência da biomassa, favorecendo a formação do biofilme.

A idade do lodo apresentou uma significativa variação ao longo do período de análise (figura 8), isto pode estar relacionado com a variação da concentração de sólidos voláteis no efluente final.

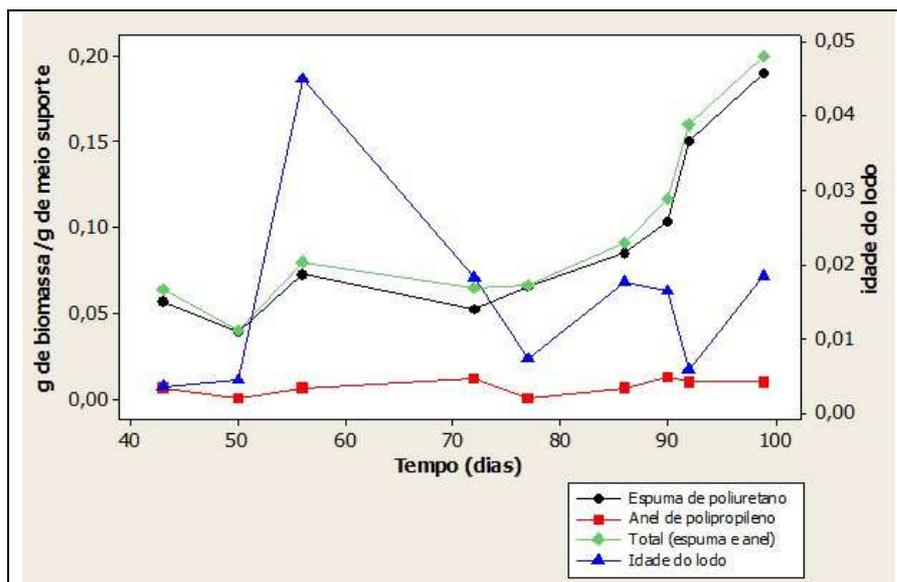


FIGURA 8. Variação da concentração de biomassa aderida ao material suporte e idade do lodo.

Fonte: Autoria própria

CONCLUSÕES

Com a realização desta pesquisa foi possível verificar a remoção satisfatória da matéria orgânica, com redução da DQO acima de 70%. Obteve-se 6% na remoção de ST, 66% de STV, 47% de SST e 59% de SSV. O sistema combinado também favoreceu a ocorrência da nitrificação, onde 25% do nitrogênio amoniacal presente no efluente foi oxidado.

O material utilizado como meio suporte possibilitou a aderência da biomassa, assim como, o favorecimento do processo de nitrificação.

O sistema combinado pode ser uma alternativa às estações de tratamento que visam uma nova configuração de layout ou a otimização de sistemas de tratamento de esgoto existentes.

REFERÊNCIAS

APHA – AWWA – WPCF. “**Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater.**” American Public Health Association 22ª Edition, Washington DC. 2012

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 380p. 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico.** 219p. 2010.

ISOLDI, L. A.; KOETZ, P. R.; ISOLDI, L. A.. **Pós-tratamento de efluente nitrificado da parboilização de arroz utilizando desnitrificação em reator UASB.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. v.10, n. 4. p. 271-277. Out/dez 2005.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgoto doméstico.** 6º ed. ABES Rio de Janeiro. 994p. 2011.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. 4. Ed., Mc Graw Hill. New York, 2003.

NAKAGAWA, D. H. **Análise da eficiência de reatores em bateladas sequenciais com e sem adição de micro-organismos eficientes no tratamento de esgoto sanitário**. 2013. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, Paraná.

TORRES, P. **Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo.