

TRATAMENTO AERÓBIO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS UTILIZANDO BUCHA VEGETAL (*LUFFA CYLINDRICA*) COMO SUPORTE PARA BIOMASSA IMOBILIZADA

José Tavares de Sousa¹
Clélia de Almeida Agra²
Israel Nunes Henrique³
Danielle Patrício Brasil⁴
Eclésio Cavalcante Santos⁵

RESUMO

Investigou-se o desempenho de um filtro biológico aerado submerso, utilizando bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) como suporte para biomassa imobilizada, na remoção de nitrogênio e material carbonáceo. As cargas volumétricas médias aplicadas foram de 1,7kg DQO. m⁻³ dia⁻¹ e 0,18kg NTK m⁻³ dia⁻¹, respectivamente orgânica e nitrogenada, com tempo de detenção hidráulica de 8 horas. As eficiências médias obtidas na remoção de matéria orgânica, expressa em DQO, sólidos suspensos voláteis e nitrogênio kjeldahl total, foram respectivamente, 90, 94 e 91%, produzindo efluente com 70 mgDQO.L⁻¹, 10 SSV. L⁻¹ e 5 mg NTK. L⁻¹. A área específica da bucha vegetal proporciona ótimas condições para aderência de microrganismos na formação de biofilmes, no entanto, sua propriedade de biodegradabilidade demonstrou vulnerabilidade do material fibroso, carecendo de mais investigação.

Palavras-chave: *Luffa Cylindrica*. Nitrificação. Biofiltro Aerado.

ABSTRACT

The object of this study was to investigate the efficiency of an aerated submersed biological filter, utilizing *Luffa cylindrica* as the support media for the attached biomass, for organic carbon and nitrogen removal. The organic and nitrogen loading rates on the filter were 1.7kg COD m⁻³ d⁻¹ and 0.18kg TKN m⁻³ d⁻¹ respectively with a hydraulic retention time of 8h. Mean removal efficiencies in terms of COD, volatile suspended solids and TKN were 90, 94 and 91% respectively, producing a final effluent of 70mg COD L⁻¹,

¹ Coordenador do Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental – CCT/UEPB.

² Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA UFPB/UEPB.

³ Doutorando em Recursos Naturais – UFCG.

⁴ Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.

⁵ Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.

10mg VSS L⁻¹ and 5mg L⁻¹ TKN. The fibrous nature of the *Luffa* provided excellent conditions for the adherence of the microbial biofilm however the long term ability of this natural and inexpensive support material to withstand biodegradation is still under investigation.

Keywords: *Luffa Cylindrica*. Nitrification. Aerated Biofilter.

INTRODUÇÃO

A utilização de biofiltro aerado com leito filtrante é uma tecnologia que vem sendo consolidada. Essa consiste em um tanque preenchido por material poroso, em que o afluente e o oxigênio adicionados fluem continuamente. O material suporte poroso é imerso pela carga hidráulica aplicada. Na Europa, encontram-se diversas estações de tratamento com biofiltros submersos; cerca de 50 e 10 unidades de pequeno porte são operadas no Japão e na América do Norte, respectivamente, sobretudo, para tratamento de despejos industriais (GONÇALVES *et al.*, 2001).

No sistema de lodos ativados, a biomassa, na forma de floco constituído de bactérias heterotróficas aeróbias, autotróficas nitrificantes, heterotróficas desnitrificantes, filamentosas e protozoários aderidos em uma matriz de polissacarídeos, consegue ser separada no sedimentador. No entanto, nesses últimos anos tem surgido novas gerações de bioreatores que, utilizando material suporte de enchimento de baixa densidade com propriedades para agregar colônias de microrganismos, vêm sendo empregados nos processos de lodos ativados com sucesso (ROLO; ALÉM SOBRINHO, 2003).

Os meios plásticos vêm sendo gradativamente empregados como material suporte para filtro biológico percolador, no entanto, geralmente esse material não tem apresentado grande aderência para a colonização de organismos biológicos.

A agregação de colônias de microrganismos em suporte inerte é uma técnica recomendada para manter maior quantidade de biomassa destinada à remoção de material carbonáceo e nutrientes. Algumas características tais como: elevada área superficial, resistência à abrasão, leveza e superfície de aderência são exigidas na seleção do material suporte o qual deve ser inerte e nunca rapidamente biodegradável.

A *Luffa cylindrica*, bucha vegetal originária da Ásia e África, é cultivada, atualmente, em quase todo o território brasileiro. Segundo Ogbonna *et al.*, (1996) a bucha vegetal contém os seguintes constituintes: aminoácidos, ácidos orgânicos, ferro, galactonas, sacarídeos, taninos, xilona e xilose. Essa bucha vem sendo pesquisada para sorção de óleo cru de petróleo (Annunciado *et al.*, 2005); na imobilização de células de leveduras do gênero *saccharomyces* em matriz alternativas para a obtenção de xarope de açúcar invertido (Poças *et al.*, 2004) remoção de metais pesados a exemplo de níquel (AKHTAR, *et al.*, 2003) entre outros.

Em que pesam tais considerações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de um sistema de filtro aerado submerso com biomassa imobilizada e material de enchimento tipicamente vegetal, *Luffa cylindrica* com grande área superficial, com o propósito de produzir efluente com características adequadas aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e monitorado durante o período de outubro de 2007 a março de 2008, na Estação de Tratamento Biológico de Esgotos – EXTRABES -, localizada em área pertencente à

Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba – CAGEPA-, no município de Campina Grande – PB, com coordenadas geográficas de 07° 13' S e 35° 52' W e altitude de 550 m, onde está instalado o grupo de pesquisa do Programa de Saneamento Básico – PROSAB.

O efluente a ser tratado, esgoto sanitário predominantemente doméstico proveniente da rede coletora de esgotos da CAGEPA, do emissário que traz os esgotos do centro da cidade de Campina Grande-PB, Brasil, foi bombeado através de conjunto moto-bomba do poço de visita para um tanque de armazenamento de capacidade de 1m³. Deste tanque de armazenamento, os esgotos foram encaminhados por gravidade até um tanque de equalização, através de bomba de pulso a qual alimentava o sistema. O reator de fluxo contínuo foi construído de acrílico transparente, com dimensões de 10x10x50cm, manteve-se 10 cm de borda livre, proporcionando, desta forma, um volume útil de 4 litros. O efluente produzido era decantado por um período de uma hora em um decantador, conforme Figura 1.

Foram realizadas semanalmente análises do afluente e efluente do reator aeróbio totalizando 50 determinações, obedecendo às normas analíticas do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA, 1998), excetuando-se a alcalinidade total que seguiu o método Kapp (1984) *apud* Buchauer (1998). As variáveis analisadas durante todo o monitoramento foram: pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), alcalinidade, nitrogênio kjeldahl total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, sólidos e suas frações.

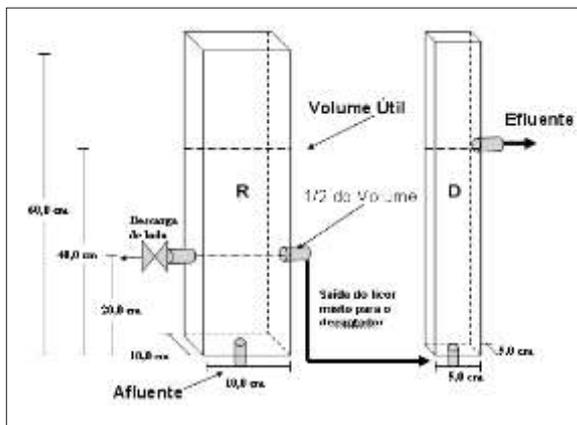


Figura 1 - Reator aeróbio seguido de decantador

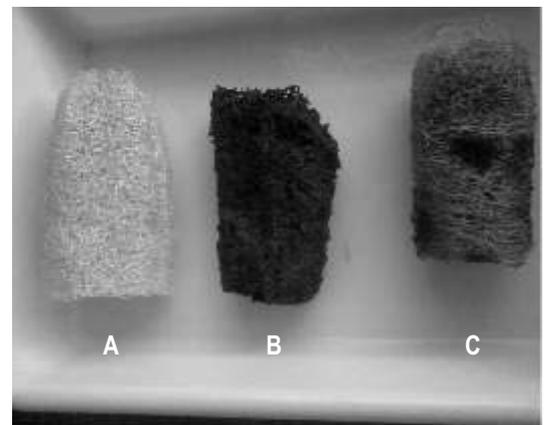


Figura 2 - Material de suporte, *luffa cylindrica*

O reator com biomassa aderida funcionou durante vinte e cinco semanas com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 8 horas e tempo de retenção celular (TRC) de 10 dias. O material suporte utilizado, a bucha vegetal (*luffa cylindrica*), sem epiderme, foi o meio suporte submerso utilizado no leito do reator aerado a qual apresenta uma área superficial específica, variando de 850 a 1000 m². m⁻³, parâmetro importante para o desenvolvimento da formação de biofilme, sendo cortada em dois pedaços, de diâmetro de 3 a 3,5 cm e 5cm de comprimento. Esse material na configuração supracitada apresenta alta área superficial e ocupa baixo volume no reator, mantendo um volume ocupado de 8%.

Conforme se pode observar na Figura 2, a letra A refere-se à metade de uma bucha vegetal, sem epiderme ainda não utilizada. A letra B corresponde à metade de uma bucha após 30 dias sendo utilizada como suporte no filtro aeróbio, enquanto que a letra C refere-se ao mesmo material, após a aplicação de fluxo no sentido contrário a vazão de alimentação.

Para a estimativa da biomassa aderida ao material suporte, ao final de cada condição experimental, foram coletadas as amostras do material suporte. A extração foi através de processo de compressão manual com auxílio de água destilada e todos os sólidos desprendidos foram colocados em cápsula de porcelana. Em seguida, foram determinados os sólidos segundo métodos preconizados pelo Standard Methods Examination of Water & Wastewater (1998). De posse do volume e da densidade do material suporte utilizado no experimento, foi possível estimar a quantidade de sólidos suspensos voláteis por grama de material suporte ou por litro de esgoto tratado.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

CRESCIMENTO DO BIOFILME

As substâncias poliméricas extracelulares, tais como: proteínas, polissacarídeos, lipídeos e ácidos nucleicos, têm função definida em sistemas de tratamento biológico, para lodo ativado convencional. Essas substâncias são responsáveis pela estabilidade mecânica dos focos, enquanto, para reatores com biofilmes elas são as facilitadoras da adesão do material biológico ao suporte. De fato, a complexidade das características dos biofilmes é devido a diversos fatores: a constituição do material suporte, a natureza do substrato e a diversidade das espécies microbiológicas envolvidas no processo (FLEMMING; WINGLINDER, 2001).

Analisando-se o comportamento do reator de leito submerso, observa-se que o processo metabólico durante a oxidação do material orgânico ocorre no interior do biofilme, no entanto, o transporte do substrato (esgotos) se dá por difusão, realizando-se de início na interface e, em seguida, atingindo todo o material suporte e o biofilme aderido. A concentração de oxigênio dissolvido no meio líquido manteve-se bem diferente daquela dentro do biofilme. Observou-se que à medida que cresce a biomassa ocorre uma diminuição da passagem do oxigênio entre as camadas internas juntas ao meio suporte, e com o aumento do tempo de operação, maior formação de biofilme consequentemente dificulta a distribuição do oxigênio, ocorrendo assim zonas anóxicas, propiciando a desnitrificação, muito embora em baixas proporções.

No processo de nitrificação, os organismos envolvidos são autotróficos, utilizam carbono inorgânico apresentando baixa velocidade de crescimento, exigindo, portanto, alto tempo de retenção celular (Barnes e Bliss, 1983) com sensibilidade a substâncias inibidoras e choque de cargas (GRUNDITZ; DALHAMMAR, 2001; REGINATTO et al., 2007). Dessa forma, a formação do biofilme é muito importante para selecionar esses organismos que têm crescimento lento

Em termos de eficiência, apesar de carecer de mais estudos, a bucha vegetal *Iuffa cylindrica* apresentou maior vantagem com relação à área superficial específica ($850 \text{ a } 1000 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$), índice de vazios (%) e massa específica ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) quando comparada com os meios suportes tais como: pedra britada, escoaria de alto forno, polietileno e material PET (Polietileno Tereftalato), citados pelos autores (METCALF; EDDY, 2003; JORDÃO; PESSÓA, 2005; SOUSA et al., 2005; WOLFF et al., 2005).

Um fator limitante, que pode determinar a velocidade de conversão da biomassa em processos aeróbios, é a velocidade de transferência de oxigênio. Durante o período experimental a taxa de consumo de oxigênio variou de 38 a 52 $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, mas, a disponibilidade de oxigênio para a biomassa depende da sua solubilidade no meio, da transferência de massa e da velocidade com que o oxigênio dissolvido é consumido pela biomassa. Para uma adequada operação recomenda-se uma concentração média de oxigênio acima de 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (METCALF; EDDY, 2003).

REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA E SÓLIDOS SUSPENSOS

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios, máximo, mínimos e desvios padrões da DQO bruta e filtrada e dos sólidos suspensos totais e voláteis afluentes e efluentes de 25 determinações, obtidas para cada parâmetro, durante o período experimental. Nas Figuras 3 e 4, estão apresentados, respectivamente, a eficiência de remoção de material carbonáceo expresso em DQO e de sólidos suspensos voláteis.

Tabela 1 - Valores médios, máximo, mínimos e desvios dos parâmetros afluentes e efluentes

	Afluente				Efluente			
	DQO Bruta	DQO Filtrada	SST	SSV	DQO	DQOf	SST	SSV
	mg.L ⁻¹							
Máximo	620	320	450	340	81	60	260	18
Mínimo	491	160	112	98	45	23	64	1
Média	565	280	247	195	70	30	133	10
Desvio padrão	189	50	197	97	18	10	60	9

As cargas volumétricas médias aplicadas foram 1,7 kg DQO. m⁻³ dia⁻¹ e 0,18 kg NTK. m⁻³ dia⁻¹, respectivamente, cargas orgânicas e de nitrogênio total kjeldahl, estes valores são superiores aos encontrados por Wolff et al. (2005), que monitoraram um reator similar com meio suporte de polietileno de baixa densidade.

A DQO afluente e efluente do esgoto tratado foi o parâmetro utilizado para a determinação da eficiência de remoção de matéria orgânica, conforme Tabela 1. A taxa de aplicação superficial da matéria variou de 1 a 2,5 gDQO.m⁻².dia⁻¹.

A eficiência de remoção da matéria carbonácea expressa em DQO afluente e efluente manteve-se na média de 90%, conforme Figura 3. Esses valores de eficiência são superiores a outras investigações nas quais foram usados outros materiais suporte a exemplo de PET (SOUSA et al., 2005).

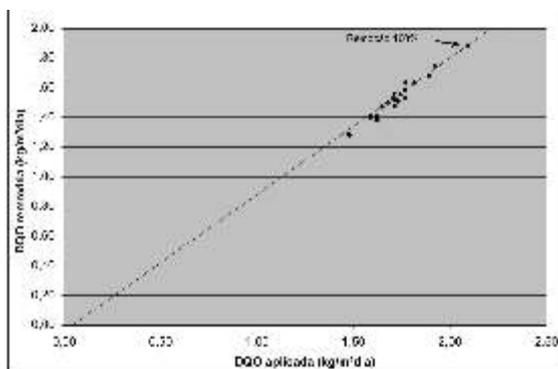


Figura 3 - Valores de DQO afluentes e efluentes, durante o período de operação

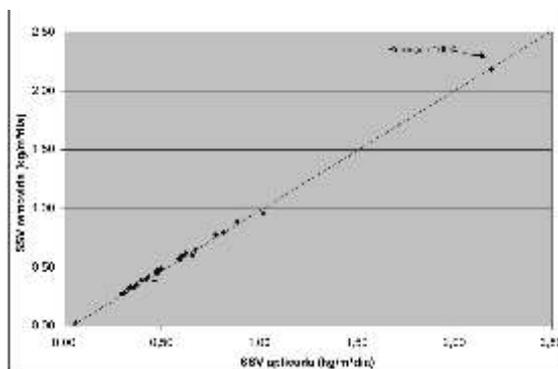


Figura 4 - Valores de SSV afluentes e efluentes, durante o período de operação

Pelos resultados apresentados nas Figuras 3 e 4, observa-se que a eficiência de remoção foi elevada, o efluente oriundo do reator de biomassa imobilizada contém DQO na média de $70\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$ e sólidos suspensos voláteis em torno de 10mgSSV.L^{-1} (Tabela 1). Esses valores, em termos de eficiência de remoção, superaram os valores apresentados por Sousa et al. (2008), Rolo e Além Sobrinho (2003), tratando esgotos sanitário em sistemas similares, no entanto, utilizavam garrafas PET como meio suporte.

A eficiência de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis foi considerável, o reator manteve uma eficiência média de 90 e 91%, respectivamente.

pH E ALCALINIDADE

O comportamento dos parâmetros ambientais tais como: alcalinidade e pH que têm influência no desenvolvimento do processo de nitrificação estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

Observa-se, na Figura 5, que houve consumo de alcalinidade, confirmando o processo de nitrificação, inclusive, a eficiência de remoção de nitrogênio total e amoniacal foi de 91%. Mesmo ocorrendo diminuição da alcalinidade o valor do pH apresentou um decaimento consideravelmente baixo, esse comportamento deve-se provavelmente ao tamponamento do sistema favorecido pela alta alcalinidade presente na água de abastecimento da cidade de Campina Grande – Paraíba.

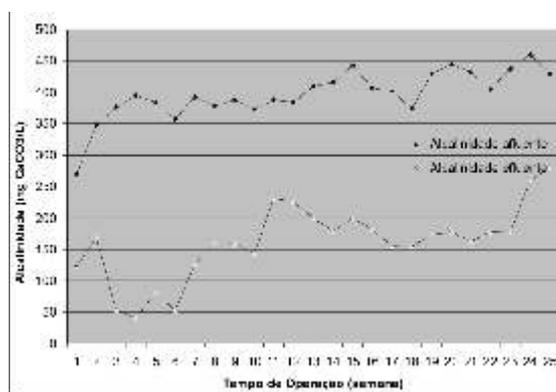


Figura 5 - Valores de alcalinidade afluentes e efluentes, durante 25 semanas de operação

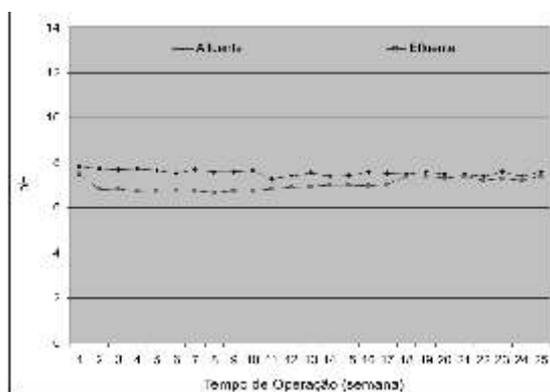


Figura 6 - Valores de pH afluentes e efluentes, durante 25 semanas de operação

O pH do esgoto bruto durante o período experimental variou de 7,2 a 7,5. Essa variação tem relação direta com a alcalinidade, fato que se atribuiu, principalmente, ao sistema carbônico e à atividade das espécies CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , H^+ (LEOWENTHAL; MARAIS, 1986).

Os dados da Figura 5 revelam que ocorreu consumo de alcalinidade durante o processo de nitrificação, a concentração média do afluente do reator era 390 e caiu para $120\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$. Como se pode verificar na Figura 5, em alguns momentos a alcalinidade manteve-se próxima de $35\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$, valor esse, limite para o pH decrescer bruscamente (VAN HAANDEL; MARAIS, 1999).

Observando-se a Figura 6, constata-se que durante o processo de nitrificação ocorreu variação entre o pH afluente e efluente. A diminuição do pH efluente, deveu-se basicamente a dois fatores: consumo de alcalinidade e aumento da acidez devido à liberação do dióxido de carbono na oxidação da

amônia. Cada g de N-NH₄ oxidada durante o processo de nitrificação consome 7,14g CaCO₃ de alcalinidade.

REMOÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios e suas medidas de dispersões das formas de nitrogênio total kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato. Nas Figuras 7 e 8, respectivamente, estão apresentados a eficiência de carga removida em função da carga aplicada (kg . m⁻³ dia⁻¹), tanto para nitrogênio total kjeldahl quanto para nitrogênio amoniacal.

Tabela 2 - Valores médios, máximo, mínimos e desvios dos parâmetros afluentes e efluentes

	Afluente				Efluente			
	N-NTK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃	N-NTK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃
	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹
Máximo	87,8	69,0	-	-	7,2	6,0	3,9	32,0
Mínimo	39,4	31,0	-	-	0,9	0,8	0,06	11,0
Média	59,4	48,0	-	-	4,8	4,0	1,8	25,0
Desvio padrão	7,5	6,5	-	-	3,5	2,1	1,5	3,0

Conforme se observa na Tabela 2, a concentração de nitrogênio total kjeldahl afluente manteve-se na média de 59,4 mg N-NTK. L⁻¹, no entanto, o efluente produzido permaneceu com valor médio inferior 5 mg N-NTK. L⁻¹ e N-NH₄⁺. L⁻¹, apresentando uma eficiência de remoção 91%, conforme Figuras 7 e 8.

A nitrificação autotrófica é influenciada pelo pH, pela relação C/N, temperatura, concentração de amônia e oxigênio dissolvido. Observa-se nas Tabela 1 e 2 que a relação DQO/NTK manteve-se na média de 9,5; valor esse compatível com o processo que favorece a oxidação da matéria orgânica e a nitrificação (METCALF; EDDY, 2003).

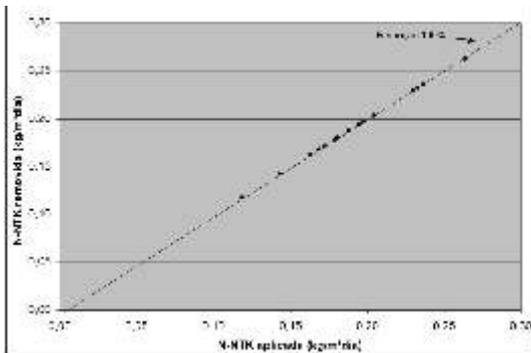


Figura 7 - Valores de nitrogênio total kjeldahl afluentes e efluentes, durante 25 semanas de operação

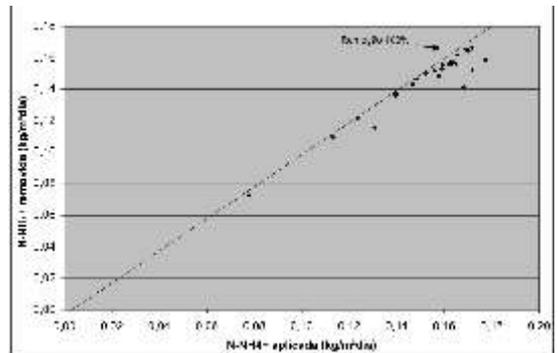


Figura 8 - Valores de nitrogênio afluentes e efluentes, durante 25 semanas de operação

CONCLUSÕES

O Filtro biológico aeróbio submerso com *Luffa cylindrica* como material suporte apresentou alta eficiência de remoção de sólidos suspensos voláteis, demanda química de oxigênio e foi eficiente no processo de nitrificação. O efluente final produzido apresentou concentração média de nitrogênio amoniacal inferior a $5 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$.

A escolha do material suporte depende das características do efluente a ser tratado e dos objetivos do processo. Durante o período experimental, observou-se que a bucha vegetal apresenta porosidade de diâmetro médio de 5 mm, facilitando a colmatação do suporte pelo flocos de biomassa. Essa realidade exigia uma manutenção periódica; a cada 30 dias era aplicado fluxo contra a corrente para eliminar parte do lodo agregado no leito de bucha. Essa operação não afetava o desempenho e nem a eficiência de remoção do sistema.

A *Luffa cylindrica*, vulgarmente conhecida como bucha, apresenta alta área específica e proporciona ótimas condições para aderência de microrganismos na formação de biofilmes, no entanto, sua propriedade de biodegradabilidade demonstrou vulnerabilidade do material fibroso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, EXTRABES, CAGEPA e PROSAB.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR N.; IQBAL J.; IQBAL M. Microalgal-luffa sponge immobilized disc: a new efficient biosorbent for the removal of Ni(II) from aqueous solution. **Letters in Applied Microbiology**, 2003, 37: 149-153.
- ALÉM SOBRINHO, P. Estudo dos fatores que influem no desempenho do processo de lodos ativados: determinação de parâmetros de projeto para esgotos predominantemente domésticos. **Revista DAE**, 1983, 132: 49-85.
- APHA. AWWA. WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17. ed. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., 1995.
- ANNUNCIADO, T. R.; SYDENSTRICKER, T. H. D.; AMICO, S. C. Avaliação da capacidade de sorção de óleo cru de diferentes fibras vegetais. In: 3. Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. 2005. **Anais...** Curitiba.
- BUCHAUER, K. A. Comparison of two simple titration procedure to determine volatile fatty acids in effluents to wastewater and sludge treatment process. **Water S. A.**, 1998, 24 (1): 49-56.
- BARNES, D.; BLISS, P. J. **Biological control of nitrogen in wastewater treatment**. E. & F. N. Spon. 327 p. London. 1983.
- FLEMMING, H. C.; WINGLINDER, J. Relevance of microbial extracellular polymeric substances (EPS). Parte I: Structural and ecological aspects. **Water Science and Technology**, 2001, 43 (6) :1- 8.
- GONÇALVES, R. F. et al. Pós-tratamento de efluente de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. In: **Pós-tratamento de efluente de reatores anaeróbios**. C. A. L. Chernicharo (Coord.). Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, ABES, p.171-278, 2001.

GRUNDITZ, C.; DALHAMMAR, G. Development of nitrification inhibition assays using pure cultures of Nitrossomonas and Nitrobacter. **Water Research**, 2001, 53(2): 433-440.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4. Edição. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

LOEWENTHAL, R. E.; MARAIS, G. V. R. Carbonate chemistry of aquatic. Systems: Theory and application. **Ann Arbor Science Publishers**, Michigan, USA, 1986.

METCALF & EDDY. INC. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4. Ed. New York, McGraw - Hill Book, 2003.

OGBONNA, J. C.; TOMIYAMA, S.; TANAKA, H. Development of a method for immobilization of nonflocculating cells in loofa (*Luffa cylindrica*) sponge. **Process Biochemistry**, 1996, 31.

POÇAS, E. C., BUZATO, J. B., CELLIGO, M. A. P. C.; CAMILIOS NETO, D. **Aplicação de Bucha Vegetal (*Luffa Cylindrica*) como Suporte para Produção de Xarope de Açúcar Invertido** **Ciências Exatas e Tecnológicas**, 2004, 25 (1): 53-58.

REGINATTO V.; LIMA, A.; SCHMIDELL, W., NINOW, L. L.; SOARES, H. M. Aclimação da microbiota nitrificante para o tratamento de efluente de indústria frigorífica. **Revista Saúde e Ambiente**, 2007, 8 (1): 32- 38.

ROLO, M. C.; ALEM SOBRIMNHO, P. Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando filtro biológico aerado submerso com enchimento alternativo In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais**. 2003. Natal: ABES, p.1-8.

VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G. V. R. **O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicação para projeto e operação**. Universidade Federal da Paraíba, 1999, Campina Grande, Epgraf.

WOLFF, D. B.; CHAVEZ, J. C. O.; PAUL, E., COSTA, R. H. R. Remoção da poluição orgânica e nitrogenada de esgoto urbano em reator hibrido operando em baixa temperatura. In: 23^a. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** 2005. Campo Grande: ABES, p. 1-7.

