

II-458 – PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO CONSORCIADO COM LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO (LAS) POR BIOFILTRO AERADO SUBMERSO MULTI-ESTÁGIO (BAS) VISANDO A NITRIFICAÇÃO DO NITROGÊNIO AMONIAICAL

Maura Sayuri Robrigues Kimura⁽¹⁾

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Mestranda em Engenharia Civil- Área: Gerenciamento de Resíduos, pela universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Luis Alcides Schiavo Miranda⁽²⁾

Químico Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestre em Ciências dos Alimentos-Área: Biotecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Doutor em Ciências-Área: Biotecnologia Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Pós-Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS).

Endereço⁽²⁾: Laboratório de Saneamento Ambiental- Sala 6B216 - Unisinos. Av. Unisinos, 950 – São Leopoldo – Rio Grande do Sul - RS - CEP: 93022-000 - Brasil - Tel: (51) 35901122 – Ramal: 1783 - e-mail: lalcides@unisinos.br

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos têm como uma das maneiras de disposição tecnicamente adequadas os aterros sanitários, os quais geram lixiviado de aterro sanitário (LAS). Os tratamentos de águas residuárias por sistemas biológicos anaeróbios são comumente aplicados, mas normalmente não atingem todos os padrões para emissão em corpos hídricos exigidos pela legislação brasileira. Os Biofiltros Aerados Submersos (BAS) apresentam-se como boa opção para o pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por alcançarem alta eficiência na remoção de compostos orgânicos e nitrogênio total, residuais do processo anaeróbio. Este trabalho objetiva avaliar o tratamento consorciado de esgoto doméstico e LAS utilizando o BAS como unidade de pós-tratamento, visando a nitrificação do nitrogênio amoniacal. Foram avaliadas três unidades de BAS, com diferentes tipos de meio suporte (tampas e gargalos de garrafa PET, brita nº 4 e anéis Pall), que tratam o efluente de um reator anaeróbio tipo Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (DAFA), o qual é alimentado com a mistura de esgoto doméstico e LAS (9:1 v/v). Como resultados observou-se que o BAS 2 que contém brita nº4 obteve melhor eficiência na nitrificação, alcançando 34,5%. Observou-se também que comparando as médias de entrada e saída dos três BAS, houve diferença significativa, indicando a ocorrência de desamonificação no sistema. Também foi realizada a análise estatística para verificação da existência de relação interna, entre os BAS. Estes apontam que não há relações entre os parâmetros comparados que sejam comuns entre os três BAS.

PALAVRAS-CHAVE: Biofiltro Aerado Submerso Multi-estágio (BAS), Pós-tratamento, Esgoto doméstico, Lixiviado de Aterro Sanitário (LAS), Nitrificação.

INTRODUÇÃO

A grande produção de esgotos e resíduos sólidos urbanos (RSU) são algumas das consequências do crescimento populacional. As águas residuárias se dispostas sem tratamento adequado podem causar o comprometimento dos corpos hídricos, provocando desequilíbrio nos sistemas biológicos.

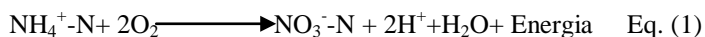
Aterro sanitário é um dos métodos tecnicamente adequados de disposição para os RSU. Neste sistema é produzido um efluente (LAS) a partir da percolação da precipitação pluviométrica através da massa de resíduos aterrada, e da biodegradação da matéria orgânica presente nos resíduos. Este é caracterizado pela elevada concentração de matéria orgânica carbonácea e nitrogenada e se não tratado adequadamente, pode causar a poluição principalmente do solo e águas, inviabilizando a sustentabilidade dos ecossistemas com os quais entra em contato.

Assim como os efluentes sanitários e industriais, a presença de nitrogênio amoniacal (NA) no lixiviado leva ao decréscimo da concentração de OD quando lançado em corpos hídricos, devido a nitrificação deste no meio

natural. Neste caso, será exercida a demanda bioquímica nitrogenada no corpo receptor (DELLA GIUSTINA, 2009).

Segundo Reichert e Cotrim (2000) o tratamento anaeróbio é uma boa alternativa para o tratamento inicial de lixiviado por remover altas concentrações de matéria orgânica, e conforme Chen et al. (2007) apresentam baixo custo de operação e um balanço energético positivo, devido a geração de biogás. Porém, um pós-tratamento se faz necessário para atingir padrões de lançamento, principalmente a remoção das formas nitrogenadas, que não são removidas em processos anaeróbios.

Em processos de tratamento com crescimento em meio fixo, um biofilme constituído de microrganismos, material particulado e polímeros extracelulares aderem-se e cobrem o meio suporte, o qual pode ser plástico, pedra ou outro material (METCALF e EDDY, 2003). As condições ótimas para os microrganismos relevantes ao processo podem ser mantidas independentemente dos tempos de detenção hidráulicos (TDH) (MOORE et al., 2001). Desta forma permitem o desenvolvimento de microrganismos com baixa velocidade de crescimento, tais como as bactérias nitrificantes. Estas realizam a nitrificação, que é o termo utilizado para descrever o processo no qual o nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$) é oxidado a nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) e de nitrito a nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) (METCALF e EDDY, 2003). Abaixo é demonstrada a equação global da nitrificação conforme Von Sperling (2002):



Jansen et al. (1993) afirmam que os processos de crescimento aderido têm provado sua eficiência em termos de tratamento a nível secundário de águas residuárias, tanto de origem industrial como doméstica. Dentre as modalidades existentes, os BAS destacam-se pelas suas qualidades, como pequena necessidade de área em planta, cargas orgânicas aplicáveis muito superiores aos processos biológicos comuns, e alcançam elevadas eficiências na remoção de compostos orgânicos e sólidos suspensos, e segundo Wang et al. (2006) alcançam também alta eficiência na remoção de nitrogênio total.

Tendo em vista que o lixiviado é um efluente de difícil tratamento, a associação do lixiviado de aterro sanitário (LAS) ao esgoto doméstico para tratamento conjunto visa utilizar o potencial das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) que tem capacidade de realizar este processo mesmo que não tenham sido projetadas para este fim, e minimizam os custos de implantação e operação do aterro (FACCHIN et al. 2001). Uma das vantagens do tratamento conjugado está no fato de que a mistura funciona como uma diluição do LAS no esgoto, minimizando possíveis efeitos tóxicos.

No presente trabalho objetiva-se estudar a eficiência da nitrificação em três BAS com diferentes meios-suportes, assim como avaliar a relação entre a nitrificação o consumo de alcalinidade e a relação DBO/DQO no pós-tratamento de esgoto doméstico consorciado com LAS.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema experimental foi construído na ETE da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) em Canoas/RS. Foram instalados três Biofiltros Aerados Submersos Multi-estágio alimentados com efluente pré-tratado (90% esgoto doméstico e 10% LAS) por um reator anaeróbio tipo DAFA. Os BAS atuam como etapa terciária de tratamento.

Apesar de Boyle e Ham (1974) recomendarem até 5% de lixiviado bruto para que não ocorra alteração na qualidade do efluente final, neste experimento optou-se por utilizar 10% de LAS na mistura com o esgoto doméstico devido ao fato de que o lixiviado utilizado já sofre um processo de tratamento por um sistema composto de quatro lagoas, sendo uma anaeróbia, uma facultativa, e duas de maturação no próprio aterro sanitário, além do tratamento no DAFA experimental, antes de alimentar os BAS.

O sistema experimental está em operação desde novembro de 2009. No entanto neste trabalho será considerado o período de janeiro a abril de 2010 somando um total de onze semanas de monitoramento. O período anterior foi parte de outras pesquisas, que objetivaram avaliar as condições operacionais dos BAS durante a etapa de partida do sistema.

Cada um dos BAS contém um meio suporte diferente para crescimento do biofilme, o BAS 1 contém tampas e gargalos de garrafas PET (Politereftalato de Etila), o BAS 2 brita nº 4 e o BAS 3 contém anéis Pall. Os reatores foram construídos em acrílico de forma tubular, com diâmetro interno de 150 mm e altura útil de 4000 mm.

Os reatores são compostos por três câmaras em série: anaeróbia, aeróbia e anóxica; visando promover a nitrificação e desnitrificação. Neste trabalho foi avaliada apenas a etapa de nitrificação. Nas câmaras aeróbias o ar é injetado em co-corrente e a vazão controlada por rotâmetros. Esta zona possui a função de remover DBO e promover a nitrificação do NA.

Em virtude da dificuldade de manter uma boa rotina operacional, os BAS foram operados em regime contínuo de alimentação com vazão e TDH diferentes entre si, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Vazão e TDH em cada um dos BAS.

Reator	Vazão	TDH
BAS 1	0,32 m ³ /dia	5,3 h
BAS 2	0,24 m ³ /dia	6,8 h
BAS 3	0,38 m ³ /dia	4,4 h

A amostragem foi realizada semanalmente na entrada (Ponto A) de cada BAS e na saída da câmara anóxica (Ponto C). A Figura 1 demonstra esquematicamente o Biofiltro Aerado Submerso Multi-estágio e seus pontos de coleta.

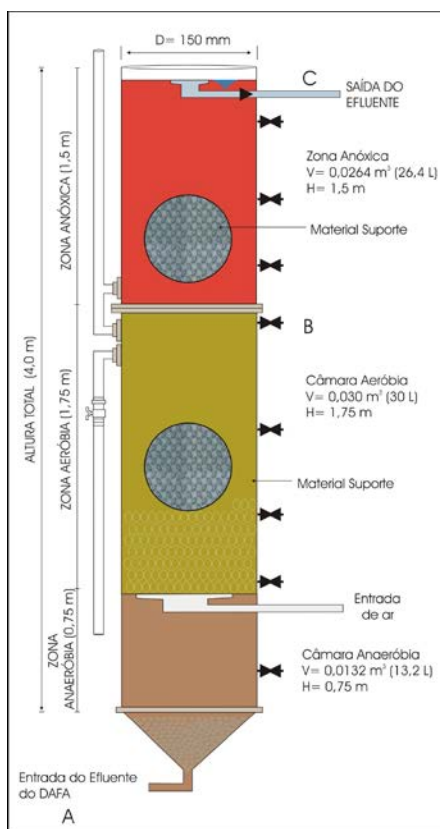


Figura 1: Esquema ilustrativo dos BAS.
Fonte: Adaptado de Della Giustina (2009).

Os seguintes parâmetros foram analisados semanalmente: NA, DQO, OD, alcalinidade, pH, temperatura; com exceção da DBO que foi analisada quinzenalmente. As análises laboratoriais foram realizadas conforme APHA (1995). Através da análise de variância (ANOVA) testou-se a eficiência de remoção do NA e DBO no efluente

dos BAS. Diferenças entre os parâmetros medidos na entrada e saída dos BAS foram analisadas através do teste T. Todas as análises foram executadas utilizando o programa estatístico Systat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os BAS apresentaram baixa eficiência quanto à nitrificação, sendo a eficiência global de nitrificação para os BAS 1, BAS 2 e BAS 3 de 23,7%, 34,5% e 20,6%, respectivamente. Verificou-se uma diferença significativa com relação às concentrações médias de entrada e saída de NA em todos BAS, o que significa que parte do NA foi nitrificado, uma vez que a perda por *stripping* não é possível nestas condições. Os resultados demonstram que houve desamonificação em cada BAS, uma vez foi observado médias de entrada e saída estatisticamente diferentes (BAS1 ($t=4,520$, $gl=10$, $p=0,01$); BAS2 ($t=3,564$, $gl=10$, $p=0,003$); BAS3 ($t=4,249$, $gl=10$, $p=0,001$). Entretanto, do ponto de vista operacional a eficiência na redução de NA não foi a esperada.

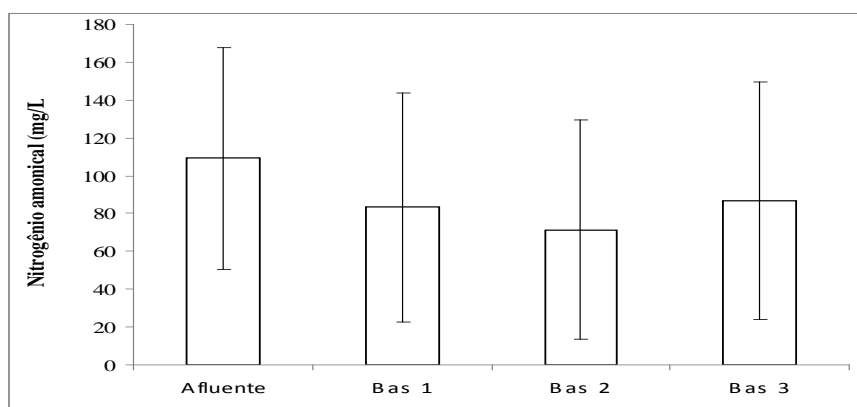


Figura 2. Valores médios de nitrogênio amoniacal afluente e efluente em cada BAS.

As médias de redução de NA na saída dos três BAS não apresentaram diferenças significativas entre si conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2: Análise ANOVA para a comparação das médias de saída quanto ao NA.

Fonte	SQ	GL	SS	F	P
Pontos	1436.293	2	718.147	1.039	0.368
Erro	18666.481	27	691.351		

É preciso considerar que os BAS estavam operando com TDH diferentes entre si, em função de que cada meio suporte possui uma superfície específica e um índice de vazios diferente, o que leva a TDH diferente em cada reator. Este aspecto pode ter sido causador desta diferença na eficiência da nitrificação, pois o BAS 2 que obteve melhores resultados, no que tange a nitrificação, trabalhava com o TDH maior.

Para Della Giustina (2009), que estudou o mesmo sistema de tratamento, porém tratando somente o esgoto doméstico, obteve maior taxa de nitrificação no meio suporte que possuía maior área superficial, neste caso o anel Pall e Rodrigues Victória (2006) afirma que o plástico tem sido utilizado como material suporte com bons resultados para tratamento de esgoto sanitário. A grande vantagem desse suporte é possuir altos índices de vazios, e, portanto, a superfície específica é maior em relação a brita nº 4. No entanto, neste trabalho se pode observar que no período monitorado o BAS 2, contendo brita nº4, obteve um desempenho nitrificante levemente superior aos demais BAS, como mostra a Figura 2. Com base nos resultados obtidos podemos inferir que para efluentes com baixo teor de DBO prontamente biodegradável, como o caso estudado, o TDH parece ser um parâmetro mais importante do que a área específica superficial e índices de vazios, no que tange ao desempenho da biomassa nitrificadora.

A baixa eficiência dos BAS quanto a nitrificação pode ser decorrente da carência de matéria orgânica facilmente biodegradável no afluente aos BAS, como pode ser observado quando verificamos a existência de uma baixa relação DBO/DQO afluente a cada BAS onde os valores se encontraram entre 0,07 e 0,27.

É importante retomar que o afluente aos BAS é um efluente de um reator anaeróbico que recebe esgoto doméstico bruto, com acréscimo de 10% de LAS pré-tratado em um sistema de lagoas australianas no próprio aterro. Também se verifica que há grande similaridade entre as razões DBO/DQO efluente entre cada um dos BAS, bem como entre estes e o valor de entrada (afluente) dos biofiltros, conforme demonstra a Figura 3.

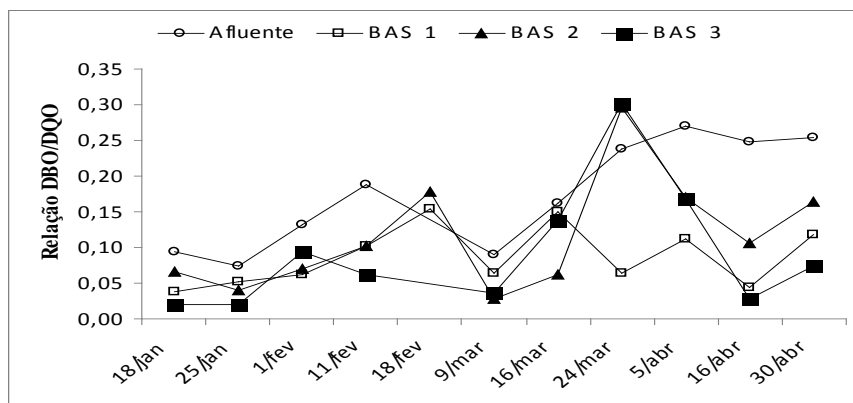


Figura 3. Relação DBO/DQO afluente e efluente de cada BAS.

A baixa relação DBO/DQO provavelmente colaborou para ocorrência de um processo nitrificante pouco expressivo. A adição de uma fonte externa de carbono poderá diminuir a ocorrência deste efeito, a medida que irá suprir com carbono prontamente biodegradável as necessidades da biomassa nitrificadora, a qual é sabidamente de crescimento mais lento que os organismos heterotróficos, portanto o residual de carbono afluente é imediatamente utilizado por estes. Neste caso ocorre a falta de carbono para a biomassa nitrificadora.

Os resultados demonstram que na ausência de uma fonte de carbono rapidamente biodegradável, a utilização deste tipo de reator deve ser com critérios específicos de operação, ou deve-se buscar outras alternativas de tratamento para este tipo de efluente. Por exemplo, considerar um tratamento físico-químico ou processo oxidativo avançado visando melhorar a razão de biodegradabilidade, a medida que processos oxidativos permitem clivar moléculas pouco ou não biodegradáveis em substâncias de melhor assimilação biológica.

Estas observações nos levam a concluir que a matéria orgânica residual do reator anaeróbico é de difícil biodegradabilidade, e após passar pela câmara aeróbia dos BAS torna-se ainda mais recalcitrante, tornando praticamente impossível sua remoção por via biológica.

Os BAS apresentaram baixos consumo de alcalinidade, o que pode ter relação com a pequena nitrificação observada. Entretanto, segundo Gujer (1984) e Siegrist e Gujer (1987) apud Rodriguez Victoria (2006), não existe um consenso sobre os valores a partir dos quais a alcalinidade começa a ser limitante para a nitrificação, porém alguns relatos indicam que valores menores de 100 mg/L de CaCO_3 podem inibir o processo. Os dados de alcalinidade apresentados na Figura 4 demonstram que em todos os BAS os valores de entrada e saída são similares, e estão acima das necessidades apontadas pela literatura para que os processos de nitrificação e desnitrificação ocorram, no entanto a desnitrificação não foi avaliada neste trabalho.

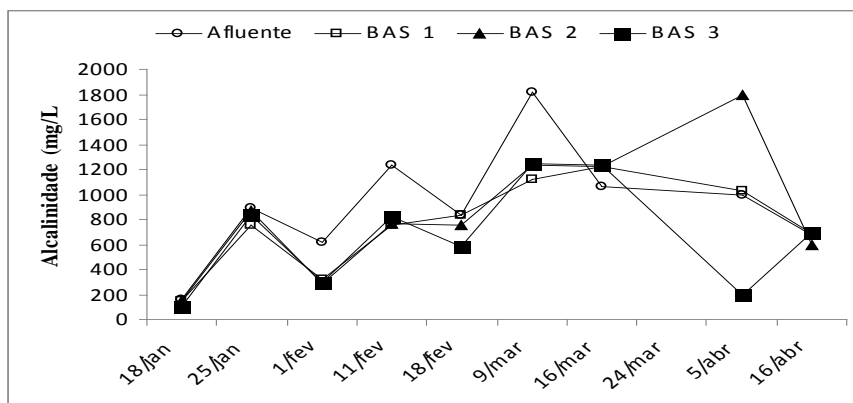


Figura 4: Consumo de alcalinidade durante o período monitorado.

No período monitorado, verificou-se que os BAS não funcionaram como etapa complementar na remoção de matéria orgânica carbonácea (DQO). Este comportamento era esperado considerando-se que este efluente passa anteriormente por um sistema de tratamento anaeróbio, onde a matéria orgânica carbonácea prontamente biodegradável é removida e a matéria residual pode ser considerada recalcitrante. Contudo, os níveis de DQO durante o monitoramento do sistema mantiveram-se, com poucas exceções, dentro dos padrões exigidos pelo Conesma nº 128/2006, onde a quantidade máxima de lançamento de DQO em corpos hídricos é de 400 mg O₂/L, sendo que a concentração efluente máxima durante o período monitorado chegou a 574 mg O₂/L, como demonstrado na figura 5. Porém os bons resultados na remoção de DQO podem ser atribuídos principalmente à boa eficiência do DAFA.

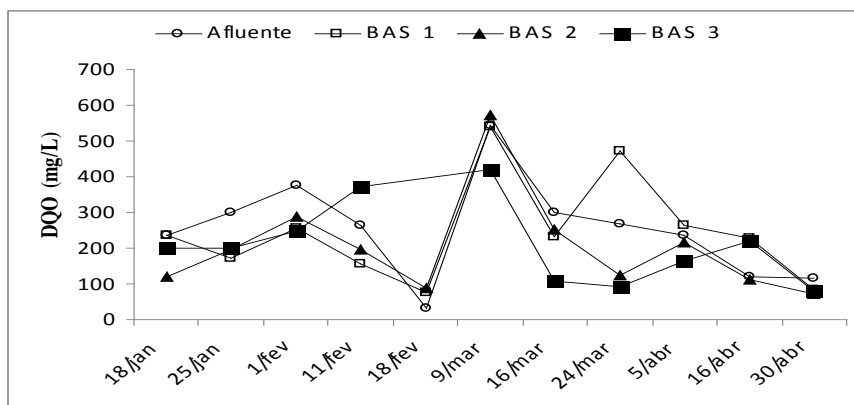


Figura 5: Comportamento da DQO af luente e efluente durante o período monitorado.

Apesar de estarem tratando um efluente com baixas taxas de compostos orgânicos biodegradáveis, os BAS removeram uma considerável quantidade de DBO residual como apresentado na Figura 6. Uma avaliação geral do desempenho do sistema levando em consideração resolução Conesma nº 128/2006 mostra que o efluente produzido pelos BAS atenderia o padrão de lançamento.

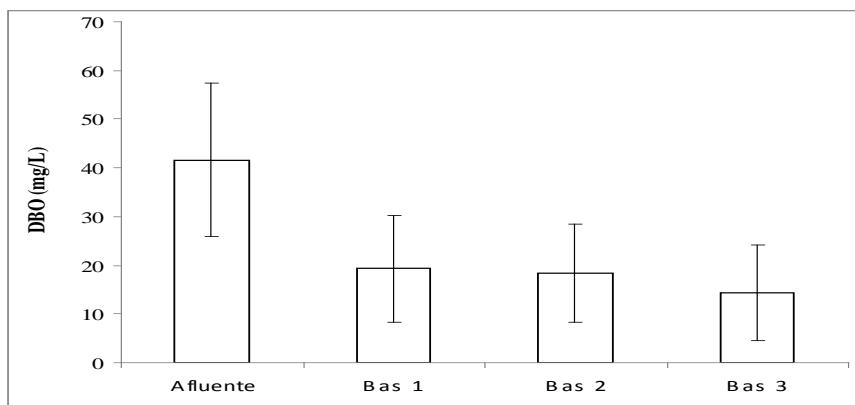


Figura 6: Médias de entrada e saída da concentração de DBO para os BAS.

Apesar da constatação da possibilidade de remoção deste material residual, as médias de saída não demonstraram diferenças significativas, como pode se observar na Tabela 3.

Tabela 3: Análise ANOVA para a comparação das médias de saída dos BAS quanto a DBO.

Fonte	SQ	GL	SS	F	P
Ponto	156.061	2	78.03	1.156	0.328
Erro	2025.273	30	67.509		

Foi realizado o teste estatístico de Correlação de Pearson para verificar se os parâmetros NA, OD, pH, DBO, DQO, temperatura e alcalinidade estavam relacionados. As únicas correlações encontradas foram para o BAS 2, onde observou-se correlação negativa (-0,72) entre a remoção de NA e o pH, ou seja quanto maior a redução de NA maior será a tendência de decréscimo do pH, visto a nitrificação consumir alcalinidade.

Verificou-se também correlação positiva (0,67) entre a redução de NA e a presença de DBO. Esta observação apenas ratifica informações da literatura onde se verifica a necessidade de carbono biodegradável para que ocorra a nitrificação, e posteriormente a desnitrificação. Da mesma forma observou-se correlação positiva (0,78) entre a presença de OD e a remoção de DQO; e no BAS 1 observou-se apenas correlação positiva (0,69) entre a redução de NA e a remoção de DQO.

Ao contrário do que apresentam alguns autores como Gonçalves et al (1997) que tratou esgoto bruto com um reator anaeróbio e utilizou o BAS como unidade de pós tratamento, nesta pesquisa pode-se observar que a maioria dos parâmetros mais importantes, por exemplo, a remoção de nutrientes, a serem considerados em um sistema de tratamento não foram atendidos. Deste modo é possível concluir que adição de LAS pode estar inibindo o processo pela falta de matéria orgânica prontamente biodegradável, mais do que pela presença de substâncias tóxicas que possam estar presentes no LAS.

CONCLUSÕES

Os desempenhos dos BAS como etapa de pós-tratamento do esgoto doméstico combinado com LAS foi pouco eficiente quanto a nitrificação do nitrogênio amoniacal;

A baixa eficiência dos BAS provavelmente está relacionada a baixa relação DBO/DQO afluente ao sistema, ou seja fala de DBO rapidamente biodegradável;

O BAS 2, demonstrou melhor desempenho na nitrificação com 34,5% de eficiência, enquanto o BAS 1 e 3 apresentaram 23,7% e 20,6% respectivamente, e não apresentam diferenças significativas entre as médias dos valores de NA efluentes do sistema;

No tratamento de efluentes recalcitrantes utilizando BAS, o TDH parece ser um parâmetro de projeto mais importante do que a área superficial específica e o índice de vazios do meio suporte;

O sistema apresentou dificuldades em atender padrões de lançamento com alimentação consorciada entre LAS/esgoto doméstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19ª ed. Washington, **APHA/WEF/AWWA**, 1995. 1400p.
2. BOYLE, W.C., HAM, R.K. Biological treatability of landfill leachate. *Journal of water pollution Control Federation*, Washington. V. 46, nº5, p. 860-872. 1974.
3. CHEN, S.;LING, J.; BLANCHETON, J.P. *Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors*. *Aquacultural engineering*. v. 34, p. 179-197, 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. DELLA GIUSTINA, S. V. *Remoção Biológica de Nitrogênio utilizando Biofiltro Aerado Submerso Multi-Estágio*. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
6. FACCHIN, J.M.J., COLOMBO, M.C.R., COTRIM, S.L.S., REICHERT, G.A., 2001. Avaliação do tratamento combinado de esgoto e lixiviado de aterro sanitário na ETE Lami (Porto Alegre) após o primeiro ano de operação. In: *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia sanitária ambiental*.
7. GONÇALVES, R. F.; ARAÚJO, V. L. ; CHERNICHARO, C. A. Tratamento Secundário deEsgoto Sanitário Através da Associação em Série de Reatores UASB e Biofiltros Aerados Submersos. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, Foz do Iguaçu, 1997. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 1997. p. 450-61.
8. GUJER, W. (1984). Operation experience whit plastic media tertiary trickling filter for nitrifications. *Water science and technology*. v.16, p.201-208.
9. 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.

10. METCALF & EDDY INC. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. Ed.4. New York, EUA: McGraw-Hill Company, 2003. 1824 p.
11. MOORE, R., QUARMBY, J.; STEPHENSON, T. The effects of media size on the performance of biological aerated filters. **Water Research**, v.35, n.10, p. 2514-2522, 2001.
12. REICHERT, G.A.; COTRIM, S.L.S. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário realizado em filtro anaeróbio em leito de brita construído sob aterro: avaliação de desempenho. *XXVII congresso interamericano de engenharia sanitária e ambiental*. Porto Alegre-RS. 2000.
13. RODRÍGUES VICTORIA, J. A. *Filtro biológico aeróbio-anóxico para a remoção de nitrogênio de efluentes de reatores UASB*. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.
14. SIEGRIST, H.; GUJER, W (1987). Demonstration of mass transfer and pH effects in a nitrifying biofilm. *Water research*. V. 21, n.12, p1481-1487.
15. WANG, C.; LI, J.; WANG, B.; ZHANG, G. *Development of an empirical model for domestic wastewater treatment by biological aerated filter*. *Process Biochemistry*, Volume 41, 2006, p. 778-782
16. WISZNIEWSKI, J., ROBERT, D., GORSKA-SURMACZ, J., MIKSCH, K., WEBWE, J.V., *Landfill leachate treatment methods: A review*, *Environ Chem Lett*, 2006
17. VON SPERLING, M., *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodos Ativados*, DESA, UFMG, 2ª edição ampliada, 2002, 428 p.