

INFLUÊNCIA DA CARGA ORGÂNICA NO DESEMPENHO DE REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME PREENCHIDOS COM DIFERENTES MATERIAIS SUPORTE

J. P. BASSIN¹, I. N. DIAS¹, Y. LARANJEIRA², M. DEZOTTI¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Química

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química

E-mail para contato: jbbassin@peq.coppe.ufrj.br; jp@ufrj.br

RESUMO – O tratamento de uma água residuária com alta concentração de matéria orgânica foi investigado em dois reatores de leito móvel com biofilme (MBBR₁ e MBBR₂). O MBBR₁ e o MBBR₂ foram preenchidos, respectivamente, com os suportes Kaldnes K1 e Mutag Biochip. A área superficial para o crescimento do biofilme foi a mesma para os dois reatores. A carga orgânica superficial foi aumentada de 3,2 a 12,8 g DQO/m².d. A remoção de matéria orgânica não foi afetada e a nitrificação mostrou-se bastante estável durante todo o período de operação do reator, independentemente do suporte utilizado. À medida que a carga orgânica foi aumentada, observou-se um aumento na espessura do biofilme e na fração de biomassa em suspensão. Notavelmente, a atividade das bactérias nitrificantes em suspensão foi responsável por mais de 40% da atividade nitrificante total dos reatores. O teor de polissacarídeos e proteínas totais da biomassa aderida aumentou quando o sistema foi submetido ao aumento gradual da DQO.

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, tem se observado um interesse crescente por processos com biofilme para tratamento de águas residuárias. O reator de leito móvel com biofilme (MBBR) é uma tecnologia ambiental em evidência. Os micro-organismos crescem aderidos a materiais plásticos formando filmes microbianos. Esse sistema é favorável para as bactérias cujo crescimento é lento, tais como bactérias nitrificantes, as quais podem ser mantidas no sistema mesmo em condições de alta carga hidráulica e orgânica. Essa última condição favorece o desenvolvimento de micro-organismos heterotróficos de crescimento rápido, podendo ocasionar a redução da atividade nitrificante. A maioria dos trabalhos direcionados ao estudo de sistemas MBBR submetidos a altas cargas orgânicas não avalia o desempenho de nitrificação (Aygun *et al.*, 2008). Além disso, a influência do tipo de material suporte, nessas condições, ainda não foi abordada. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de dois MBBR em termos de remoção de DQO e nitrogênio amoniacal, submetidos ao aumento gradual da relação DQO/N. Os reatores foram preenchidos com diferentes tipos de materiais suporte para observar a influência do material no desempenho global do tratamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Condições Operacionais dos Sistemas MBBR

Os experimentos foram conduzidos em dois sistemas MBBR de escala laboratorial (MBBR₁ e MBBR₂), ambos com volume de 1 L, mantidos em operação por mais de 400 dias. MBBR₁ foi preenchido com suportes do tipo Kaldnes[®] K1, cuja área específica para o crescimento do biofilme era de 500 m²/m³. Por sua vez, o MBBR₂ foi preenchido com suportes do tipo Mutag BiochipTM (área específica de 3000 m²/m³).

No intuito de obter a mesma área específica para o desenvolvimento de biofilme em ambos os reatores, a quantidade de material de suporte utilizada correspondeu a uma fração de volume de 50% e de 8,3% ($V_{\text{suporte}}/V_{\text{reator}}$) para o MBBR₁ e MBBR₂, respectivamente. Os reatores foram inoculados com lodo ativado proveniente de uma estação de tratamento de esgoto doméstico do município do Rio de Janeiro. A alimentação dos reatores foi a mesma, consistindo de meio sintético contendo acetato de sódio como fonte de carbono orgânico e cloreto de amônio como fonte de nitrogênio. A composição do meio de alimentação está descrita na Tabela 1. Uma solução de micronutrientes foi adicionada em uma proporção de 0,5 mL para cada litro de meio preparado. O tempo de retenção hidráulica (TRH) foi fixado em 12 h. Os sistemas MBBR foram submetidos a diferentes razões DQO/N afluente, tal como indicado na Tabela 2.

Tabela 1 – Composição do meio sintético utilizado para alimentação dos reatores.

Composto	Concentração (g/L)
KH ₂ PO ₄	0,222
MgSO ₄	0,053
NaCl	0,2225
NaHCO ₃	0,9
NaAc.3H ₂ O ^a	1,0284
NH ₄ Cl	0,29

^a Quantidade de NaAc.3H₂O foi variada de acordo com o regime operacional.

Tabela 2 – Condições operacionais dos sistemas de leito móvel com biofilme.

Regime operacional	DQO _{entrada} (mg/L)	Amônia _{entrada} (mg/L)	Razão DQO/N	Tempo operacional (dias)
1	400	100	4	112
2	800	100	8	114
3	1200	100	12	144
4	1600	100	16	78 ^a

^a Reatores em operação no Regime 4.

Testes adicionais foram realizados para avaliar a atividade nitrificante da biomassa em suspensão e compará-la com a atividade nitrificante total (biomassa em suspensão e aderida). Nos experimentos para avaliar a atividade nitrificante total, um pulso de uma solução concentrada de amônio foi adicionado a cada reator, e a concentração de amônio foi medida ao longo do tempo. Com o objetivo de avaliar somente a atividade nitrificante da biomassa em suspensão, o mesmo teste foi realizado retirando-se todos os suportes de cada reator.

2.2. Metodologias Analíticas

Demanda química de oxigênio (DQO) e amônio foram quantificados de acordo com Standard Methods (APHA, 2005). Sólidos aderidos totais (SAT) e sólidos aderidos voláteis (SAV) foram quantificados conforme descrito por Bassin *et al.* (2012). Teor de polissacarídeos totais foi medido de acordo com Dubois *et al.* (1956), enquanto que a concentração de proteína total foi determinada pelo ensaio de Bradford (Bradford *et al.*, 1976).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção do início da operação (primeiros 40 dias), período no qual os suportes estavam sendo colonizados por micro-organismos (estágio formação do biofilme), a remoção de DQO observada foi superior a 90% em ambos os sistemas, inclusive na condição de maior carga orgânica superficial (12,8 g DQO/m².d), aplicada no quarto regime de operação (Figura 1a). Durante o período de partida, que se estendeu até o 30º dia de operação, a remoção de amônio foi ligeiramente superior no reator preenchido com suporte Kaldnes K1 (MBBR₁) em comparação com a obtida no reator contendo os suportes Mutag (MBBR₂). No entanto, a partir do 40º dia de operação, remoção completa de amônio foi obtida em ambos os reatores (Figura 1b), apesar do aumento gradual da DQO afluente ao longo dos regimes 1 a 4. Esses resultados indicam que os índices de nitrificação foram mantidos constantes, a despeito do aumento gradual da carga orgânica aplicada. Além disso, os diferentes suportes utilizados em cada sistema não apresentaram influência no desempenho do sistema.

A quantidade de suporte adicionada em cada reator foi escolhida de modo a se obter a mesma área específica teórica para o crescimento do biofilme em ambos os reatores. Diante desse fato, esperava-se que as concentrações de biomassa fossem semelhantes nos dois reatores. Entretanto, a quantidade de biomassa presente no MBBR₁ (cerca de 5 gSAV/L, em média) foi cerca de quatro vezes maior do que no MBBR₂. Esse resultado sugere que a área específica para a formação do biofilme, comumente fornecida pelos fabricantes dos suportes, deve ser usada com cautela, uma vez que o teor de biomassa em um sistema MBBR não depende apenas da área teórica disponível para deposição de biofilme no suporte, mas também da configuração do suporte. Com base nos experimentos, a configuração do suporte Kaldnes K1 permitiu a obtenção de uma maior quantidade de biomassa no interior do sistema. No entanto, mesmo apresentando menor concentração de sólidos,

o desempenho do MBBR₂ foi similar ao do MBBR₁ em termos de remoção de matéria orgânica e amônio.

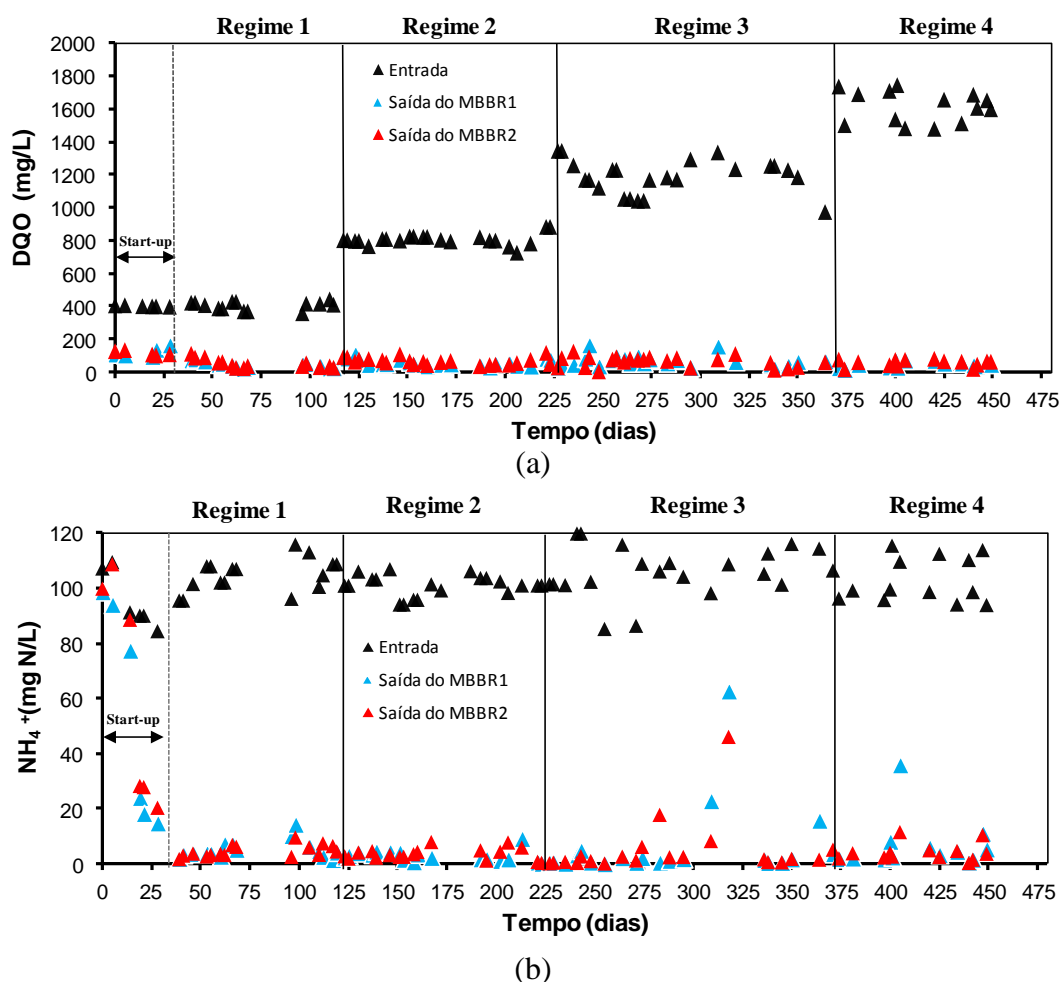


Figura 1 – Perfis de DQO (a) e amônio (b) obtidos durante todos os regimes operacionais do MBBR₁ e MBBR₂. A etapa de start-up refere-se ao período de formação do biofilme.

A espessura do biofilme nos dois sistemas foi maior na condição de maior carga orgânica aplicada (regime 4). A Figura 2 ilustra a biomassa imobilizada nos suportes Kaldnes K1 e Mutag Biochip no regime 4. Como pode ser observado, os diferentes suportes estiveram completamente saturados com a biomassa, levando a uma taxa de desprendimento de biofilme mais elevada e aumentando a quantidade de biomassa suspensa. A quantidade de sólidos presentes no efluente aumentou consideravelmente em ambos os reatores com o aumento gradual da DQO ao longo dos

regimes. A concentração de biomassa suspensa nos reatores no regime 4 foi cerca de 6 vezes maior que no regime 1 para ambos os sistemas MBBR.



Figura 2 – Biofilme aderido ao suporte Kaldnes K1 – MBBR₁ (a) e Mutag Biochip – MBBR₂ (b) no regime 4.

A atividade das bactérias nitrificantes em suspensão é muitas vezes negligenciada nos estudos que relatam a operação dos sistemas MBBR. De fato, a concentração de biomassa suspensa é reduzida nesses sistemas, os quais geralmente são operados em baixos TRH. Nessas condições, pouca biomassa suspensa é mantida. Nesse trabalho, no entanto, o TRH de 12 h imposto aos reatores juntamente com as altas cargas orgânicas aplicadas possibilitaram a manutenção de quantidade significativa de biomassa em suspensão, oriunda do desprendimento do biofilme. Nesse contexto, avaliou-se a atividade nitrificante da biomassa suspensa em experimentos nos quais todos os suportes foram retirados do sistema.

Foi observado que a atividade de nitrificação da biomassa em suspensão correspondeu a índices superiores a 50% da atividade nitrificante total (biomassa suspensa + biofilme) em ambos os reatores nos regimes 3 e 4. Esse resultado evidencia a importância de se levar em conta a fração de biomassa em suspensão para se estimar a capacidade de tratamento do biorreator, especialmente quando a taxa de desprendimento do biofilme é elevada.

As concentrações de polissacarídeos (PS) e proteínas (PT) totais no biofilme do MBBR₁ foram maiores do que no MBBR₂. Este resultado, em particular, está diretamente relacionado com a maior concentração de biomassa encontrado no primeiro reator. No MBBR₁, preenchido com o suporte Kaldnes K1, as concentrações de PS e PT observadas aumentaram substancialmente com o aumento da carga orgânica. Por outro lado, no MBBR₂, as concentrações de PS e PT não variaram muito.

4. CONCLUSÕES

Dois sistemas MBBR preenchidos com diferentes materiais suporte foram submetidos ao aumento gradual da carga orgânica. O desempenho de ambos os sistemas no que tange à remoção de matéria orgânica e nitrificação foi muito satisfatório, independentemente do material suporte utilizado. Foi evidenciado que o percentual de nitrificação obtido por meio da fração de biomassa suspensa pode ser relevante em sistemas MBBR, especialmente nos casos em que ocorrer desprendimento significativo do biofilme.

6. REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA, 2005.

AYGUN, A.; NAS, B.; BERKTAY, A. Influence of high organic loading rates on COD removal and sludge production in moving bed biofilm reactor. *Environ. Sci.*, v. 25(9), pp.1311-1316, 2008.

BASSIN, J. P.; KLEEREBEZEM, R.; ROSADO, A. S.. VAN LOOSDRECHT, M. C. M.; DEZOTTI, M. Effect of different operational conditions on biofilm development, nitrification, and nitrifying microbial population in moving-bed biofilm reactors. *Environ. Sci. Technol.*, v. 46(3), pp. 1546–1555, 2012.

BRADFORD, M. M. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Anal. Biochem.* v. 72(1-2), pp. 248–254, 1976.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* v. 28(3), pp.350-356, 1956.