

ESTUDO DO DESEMPENHO DO REATOR DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR) NA REMOÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DE EFLUENTE HOSPITALAR

A. M. SOARES¹, B. V. da ROSA², F. L. CARVALHO², D. D. da SILVEIRA³, J. Z. NICOLODI²

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos.

² Universidade Federal de Santa Maria, Aluno(a) do Curso de Engenharia Química.

³ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Química.

E-mail para contato: brbvgs@hotmail.com

RESUMO: O reator de leito móvel com biofilme (MBBR) consiste em um tratamento biológico onde os microrganismos crescem aderidos ao meio suporte móvel na forma de biofilme. O estudo avalia o desempenho do MBBR na remoção de carga orgânica a partir de efluentes hospitalares oriundos do Hospital Universitário de Santa Maria, utilizando suportes do tipo *Kaldnes* K3, na razão de enchimento de 60%, movimentando-se livremente devido à aeração presente durante 100 dias de operação após aclimação do reator, com vazão de entrada de 1 L/h. Os parâmetros avaliados foram Demanda Biológica de Oxigênio ao quinto dia (DBO₅) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). A análise preliminar dos dados mostrou que a tecnologia é promissora para o tratamento de efluente hospitalar, sendo a eficiência média de remoção de DBO₅ e DQO foi de 76,36% e 69,54%, respectivamente. A análise dos resultados utilizando o modelo de Monod para crescimento biológico mostrou boa aproximação por regressão linear.

1. INTRODUÇÃO

Até meados do século XX, as estações de tratamento de esgotos limitavam-se a um conjunto de técnicas e processos clássicos e convencionais de lodos ativados, lagoas de estabilização e filtros biológicos percoladores. O desenvolvimento tecnológico, todavia, motivou o surgimento e a adaptação dos processos de tratamento, levando ao aparecimento de novas variantes destes processos de tratamento.

No final da década de 1980, na Noruega, surgiram o reator de leito móvel com biofilme. O histórico de desenvolvimento da tecnologia confirma a motivação pelo seu emprego, considerando que sua origem foi devida à necessidade de recuperação de 70% das estações de tratamento de esgotos de pequeno porte existentes na Noruega, que se encontravam sobrecarregadas e com limitado desempenho operacional (ØDEGAARD, 1994; RUSTEN, 1994).

Os efluentes provenientes de hospitais são caracterizados por conter resquícios de medicamentos, elevado número de microrganismos e poluentes diversos, que se descartados sem tratamento, podem contaminar a fauna e a flora, além de trazer riscos para os moradores da região.

O processo de tratamento utilizando o reator MBBR procurou reunir as melhores características dos processos de lodos ativados incrementando às melhores características do processo com biofiltros. Ao contrário da maioria dos reatores com biofilme, o MBBR utiliza todo o volume reacional do reator para crescimento de biomassa. O reator também se caracteriza por apresentar maior facilidade operacional. Ao contrário do sistema convencional de lodo ativado, o MBBR não necessita de reciclo de lodo. Com isso, o crescimento de biomassa se dá sobre o suporte imerso no volume reacional (RUSTEN, *et al.*, 2006).

O presente estudo avaliou a eficiência de uma unidade experimental em escala de bancada do reator MBBR na remoção de carga orgânica do efluente hospitalar em análise, usando suportes do tipo *Kaldnes*® K3.

2. METODOLOGIA

No estudo realizado, para o tratamento do efluente hospitalar, utilizou-se um reator MBBR de formato retangular, feito de acrílico e com as seguintes medidas 12 cm de largura, 12 cm de comprimento e 40 cm de altura e está representado na Figura 1, tendo como volume útil 4,099 litros.

Figura 1 - Reator de Leito Móvel com Biofilme.

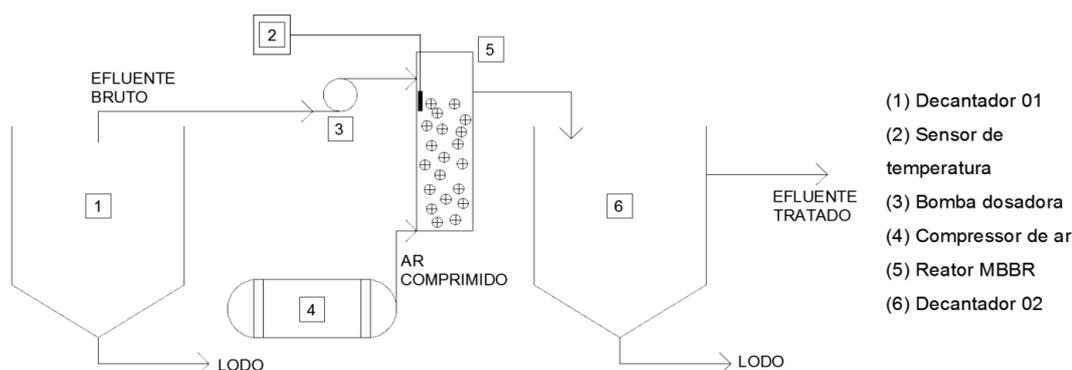


Os suportes utilizados para aderir o biofilme foram do tipo *Kalness* K3. Esses suportes possuem diâmetro nominal de 25 mm, comprimento nominal de 12 mm e uma densidade mássica de 100 kg/m³.

Os suportes adotados melhoram o desempenho hidrodinâmico, a transferência de oxigênio e a capacidade de aplicação de altas cargas orgânicas por volume de material suporte (REIS, 2007).

A coleta de efluente no HUSM era realizada três vezes por semana, e este armazenado em um recipiente de 50 litros que era bombeado para o reator por uma bomba peristáltica da marca Provitec, Série DM 5000. A vazão de entrada do efluente era de 1 L/h, com Tempo de Detenção Hidráulica para o tratamento do efluente de 4,099h. A aeração do reator, responsável por fornecer oxigênio e promover a agitação ao sistema, era feita com um compressor, atuando durante 100 dias de operação após a partida do reator. A Figura 2 indica o fluxograma do processo em questão.

Figura 2 - Fluxograma de funcionamento do MBBR.



Para a aclimação do biofilme, utilizou-se lodo gerado por outro tratamento biológico: o processo de lodo ativado de uma estação de tratamento de esgoto da própria cidade. O lodo e o efluente eram misturados em uma razão de 50% em um regime de batelada e eram alimentados diariamente no reator MBBR. Este processo de aclimação durou 90 dias. Após, o sistema iniciou a operação contínua.

Após a entrada do reator em processo contínuo, iniciaram-se as análises, que teve como base o *standard methods*. O teste de DQO, utilizado para medir a quantidade de oxigênio dissolvido em meio ácido para degradar a matéria orgânica e também estimar a demanda oxidante residual de matéria orgânica no esgoto, teve como objeto de oxidação o dicromato de potássio, um forte oxidante químico.

Em muitos casos, o resultado da DQO dá uma boa estimativa de valor para a DBO, quando relacionadas. A estabilização completa, nas análises de DBO, demora, na prática, vários dias. Todavia, após 5 dias 67 a 75% da DBO é satisfeita para a maioria dos esgotos domésticos (MACEDO, 2006). Neste estudo utilizou-se um período de tempo de incubação de cinco dias, onde obtemos a DBO₅.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos experimentalmente nos 100 dias de operação do sistema MMBR, de DBO₅ e DQO do efluente bruto, na entrada do reator MBBR, e do tratado, na saída do reator MBBR, estão apresentados nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Resultados obtidos após análises de DQO feitas com o afluente e o efluente.

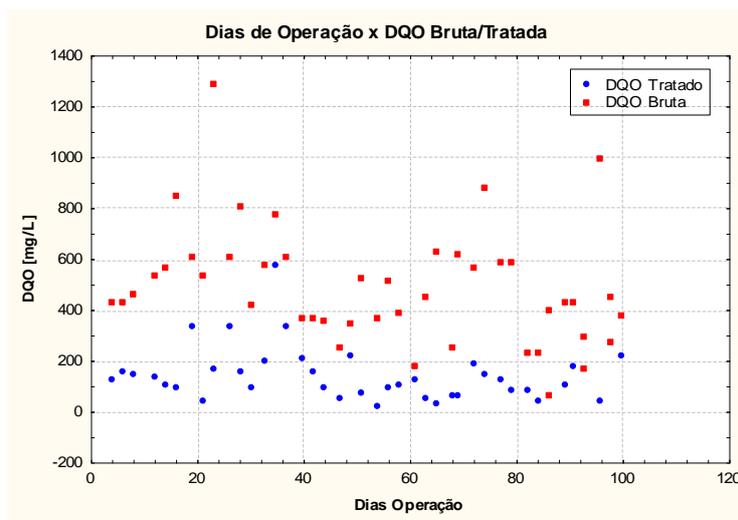
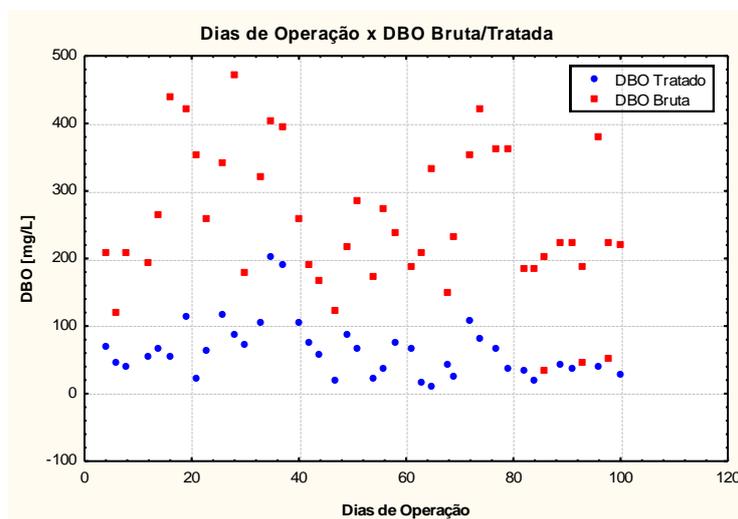


Figura 4 - Resultados obtidos após análises de DBO₅ feitas com o afluente e o efluente.



O cálculo da eficiência de remoção foi efetuado pela Equação 1,

$$Eficiência\ de\ Remoção(\%) = 100 - \left[\left(\frac{C_{ef}}{C_{af}} \right) * 100 \right] \quad (1)$$

onde C_{ef} e C_{af} são as concentrações dos parâmetros analisados do efluente e do afluentes, respectivamente.

Na tabela 01 estão apresentados os valores médios obtidos de DBO_5 e DQO do efluente bruto e tratado, assim como o valor da eficiência de remoção, na fase de operação após a aclimação do reator MBBR.

Tabela 1. Valores médios obtidos de DBO_5 e DQO.

Parâmetro	Média afluyente (mg/L)	Média efluente (mg/L)	Rendimento (%)
DBO_5	264,57	61,83	76,36
DQO	511,4	143,4	69,54

As eficiências de remoção obtidas são comparáveis a rendimentos em outros trabalhos, tais como Andreottola et al. (2004), Pinho (2007), Oliveira (2008), entre outros.

Na sequência, efetuou-se um balanço de massa no volume de controle em análise, conforme a Equação 2 abaixo,

$$E = S + A + R \quad (2)$$

onde E e S representam a carga orgânica do efluente relativo a entrada e a saída, respectivamente, A representa o acúmulo de matéria orgânica no biofilme e R o conteúdo reagido.

Inicialmente, testou-se um comportamento linear, descrito na Equação 3, e, utilizando-se como aproximação o modelo de crescimento biológico de Monod, obtiveram-se as Equações 4 e 5 abaixo descritas, em termos de DQO e DBO_5 .

$$y = A \cdot x + B \quad (3)$$

$$(E - S) = \mu_{m\acute{a}x} \cdot \left(\frac{C_{DQO}}{k_S \cdot C_{DQO}} \right) + B \quad (4)$$

$$(E - S) = \mu_{m\acute{a}x} \cdot \left(\frac{C_{DBO}}{k_S \cdot C_{DBO}} \right) + B \quad (5)$$

onde $\mu_{m\acute{a}x}$ representa a taxa máxima específica de crescimento, C_{DQO} e C_{DBO} representam as respectivas concentrações, em mg/L, de DQO e DBO_5 do afluyente e k_S representa a constante de semissaturação.

Objetivando-se a determinação dos parâmetros $\mu_{m\acute{a}x}$ e k_S , a fim de propor um modelo eficaz para o crescimento biológico no reator em estudo, testou-se o modelo de regressões lineares no *software* STATISTICA. Inicialmente adotou-se para o valor de k_S a média encontrada para as concentrações de entrada das duas demandas. Após o teste inicial, foram simulados novos valores para a constante k_S até a estabilização nos valores dos parâmetros encontrados, conforme as Equações 6 e 7.

$$K_S = C_{DQO} \cdot 2 \quad (6)$$

$$K_S = C_{DBO_5} \cdot 2 \quad (7)$$

Com os valores de k_s calculados, e admitindo-se para o eixo das ordenadas a diferença entre as concentrações dos parâmetros medidos de amostras das correntes de entrada e saída, e para o eixo das abscissas a razão entre a concentração dos parâmetros relativos à corrente de entrada das demandas somado o valor suposto de k_s , plotaram-se os gráficos a seguir, representados pelas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Modelo de Monod para DQO

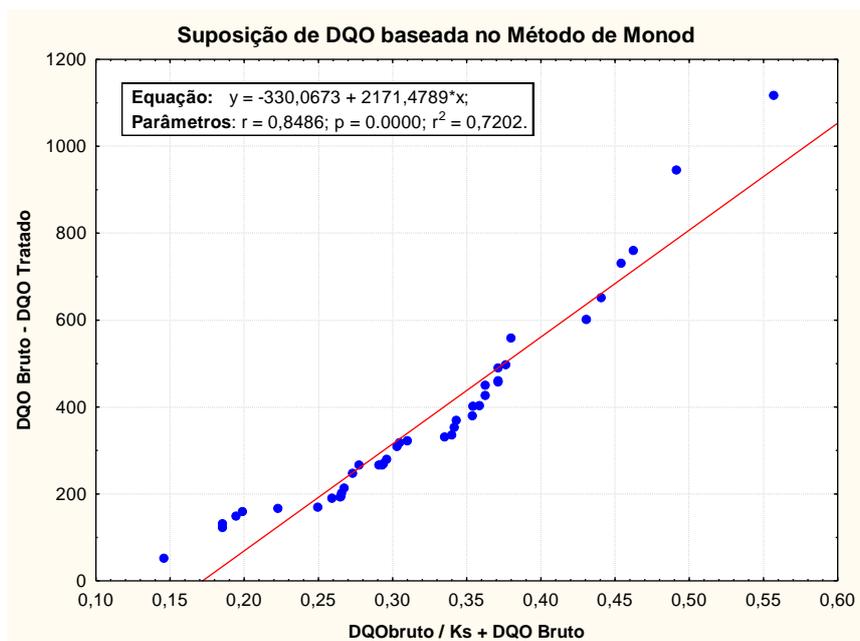
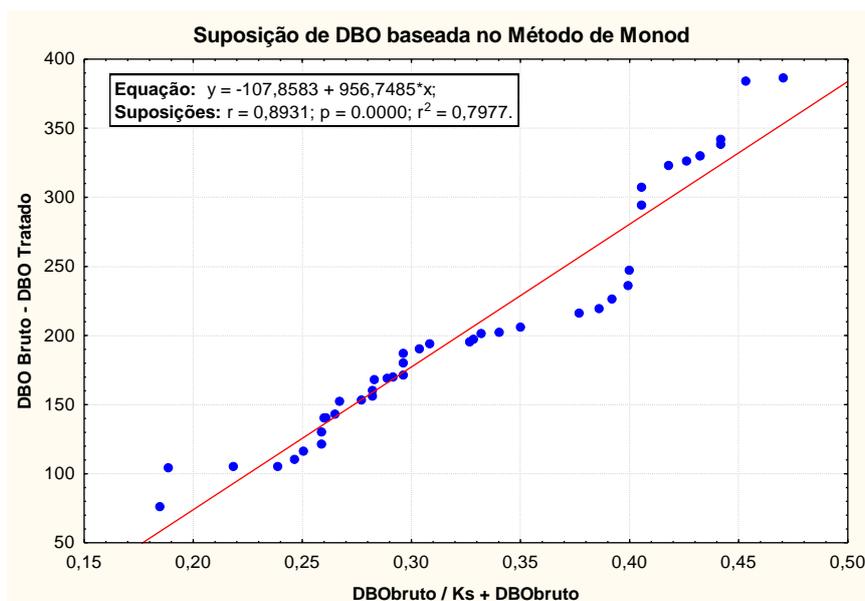


Figura 6 - Modelo de Monod para DBO₅



Aplicando-se o ajuste linear dos pontos, encontraram-se as Equações 8 e 9.

$$y = -330,0673 + 2171,4789x \quad (8)$$

$$y = -107,8583 + 956,7485x \quad (9)$$

Dessa forma, tendo em vista que os valores de correlação linear, graficamente representadas pela letra “r”, apresentaram valores superiores a 0,8, observa-se que os valores obtidos nesta primeira análise foram satisfatórios. Resumidamente, obtêm-se, então, os parâmetros procurados:

$$k_{sDQO} = 1022,841$$

$$k_{sDBO} = 529,1429$$

$$\mu_{máx_{DQO}} = 2171,4789$$

$$\mu_{máx_{DBO}} = 956,7485$$

Observa-se que para o modelo inicialmente testado as constantes cinéticas são elevadas, provavelmente devido à presença de compostos persistentes ou xenobióticos, as quais são normalmente encontrados em efluentes hospitalares, alguns com meia-vida superior a 2000 h (Kümmerer, 2004).

A fim de obter-se um modelo mais preciso, sugere-se à novos testes a utilização de outros modelos para o crescimento biológico.

4. CONCLUSÃO

O sistema de tratamento utilizando o reator MBBR mostrou-se satisfatório, no que se refere à remoção de matéria orgânica, expressa como DBO₅ e DQO, já que se obtiveram eficiências médias de remoção, respectivamente, de 76,36% e 69,54%, comparadas com outros processos para tratamentos de efluentes hospitalares. Além disso, a aplicação do modelo de Monod para avaliação do crescimento biológico de micro-organismos visando a consequente obtenção dos parâmetros se mostrou positiva ao revelar, graficamente, coeficientes de correlação superiores a 0,8. Sugere-se, em trabalhos futuros, a utilização de diferentes modelos de crescimento biológico.

Uma possível aplicação para o modelo empregado é a utilização do mesmo em efluentes com características semelhantes.

5. NOMENCLATURA

DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO Demanda Química de Oxigênio

HUSM Hospital Universitário de Santa Maria

k_s Constante de semissaturação

MBBR Reator Leito Móvel com Biofilme (Moving Bed Biofilm Reactor)

$\mu_{m\acute{a}x}$ Taxa máxima específica de crescimento

6. REFERÊNCIAS

ANDREOTTOLA, G.; FOLADORI, P.; RAGAZZI, M.; VILLA, R. Dairy wastewater treatment in a moving bed biofilm reactor. *Water Science and Technology*. v. 45, n. 12, p. 321-328, 2004.

APHA/AWWA/WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

KÜMMERER, K. *Pharmaceuticals in the Environment: sources, fate, effects and risks*. 2nd Ed., Berlin: Springer, 2004. 527p.

MACEDO, J. A., *Introdução à química ambiental*, Juiz de Fora, MG, CRQ-MG, 2006, 2^a Ed., 1028p.

ØDEGAARD, H.; RUSTEN, B.; WESTRUM, T. A new moving bed biofilm reactor – applications and results. *Water Science and Technology*. v. 29, n. 10-11, p. 157-165, 1994.

PINHO, M. L. F. Aplicabilidade do reactor MBBR no tratamento de efluentes vínicos. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, PT, 117p, 2007.

REIS, G. G.; Influência da Carga Orgânica no Desempenho de Reatores de Leito Móvel com Biofilme (MBBR). *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2007.

RUSTEN, B.; EIKEBROKK, B.; ULGENES, Y. et al. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering*, v. 34, n. 3, p. 322-331, 2006.