



## **AValiação DE DESEMPENHO DO SISTEMA MBBR APLICANDO DOIS DIFERENTES MODELOS DE MEIOS SUPORTE PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO**

### **Daniel Vieira Minegatti de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da USP/SP. Mestrado em Tecnologia de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela UFRJ. Graduação em Engenharia Ambiental pela UFV. Diretor da empresa MMA Consultoria Ambiental.

### **Joelias dos Santos**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade da Região de Joinville Univille/SC. Engenheiro de processo da empresa ECTAS Saneamento.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dr. João Colin, 1285 - Sala 3 – América - Joinville - Santa Catarina - CEP: 89204-001 - Brasil - Tel: +55 (47) 99191-2189 - e-mail: [daniel.minegatti@gmail.com](mailto:daniel.minegatti@gmail.com)

### **RESUMO**

O processo MBBR/IFAS é uma tecnologia de desenvolvimento, relativamente recente, que incorpora as melhores características dos processos de tratamento de esgoto com crescimento de biomassa em suspensão e de biomassa aderida (sistema híbrido). O trabalho apresenta e discute os resultados de desempenho de dois sistemas MBBR, trabalhando em paralelo e com diferentes modelos meios suporte, para remoção de matéria orgânica e compostos nitrogenados quando submetidos a tempo de detenção hidráulico de apenas 3h. Os resultados apontam que o sistema que empregou meio suporte com maior área superficial específica e, conseqüentemente, menor carga orgânica superficial, obteve melhor resultado, da ordem de 80 para matéria orgânica e em torno de 45% para nitrogênio amoniacal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação de Desempenho, MBBR, Tratamento de Esgoto

### **INTRODUÇÃO**

O sistema Reator Biológico com Leito Móvel, também conhecido como “*Moving Bed Biofilm Reactor*” (MBBR) ou “*Integrated FixedFilm Activated Sludge*” (IFAS), é uma tecnologia que vem ganhando mercado e aplicação para o tratamento de efluentes, consistindo em uma tecnologia adaptada ou não do processo de lodos ativados, baseada na combinação entre sistemas dos tipos massa líquida em suspensão e massa aderida (biofilme). A diferença entre os processos MBBR e IFAS, resumidamente, é a recirculação de lodo que acontece no processo IFAS da mesma forma em que se aplica no processo de lodos ativados.

No interior do tanque de aeração do processo MBBR/IFAS é mantido em suspensão os meios suporte, que sujeito a agitação promovida pelo sistema de aeração, apresenta elevada mobilidade e conseqüentemente exposição e contato com a massa líquida em suspensão. Trata-se assim de um reator biológico híbrido, no qual os microrganismos são mantidos em suspensão no meio como também aderidos ao meio suporte.

O conceito para o emprego de meios suporte no reator biológico consiste na criação de área superficial para o crescimento de biomassa e elevação do tempo de retenção celular. A maior concentração de sólidos mantida aderida e em suspensão no reator permite o aumento da decomposição da matéria orgânica carbonácea e da conversão de compostos nitrogenados, quando comparadas as que ocorrem no processo de lodos ativados.

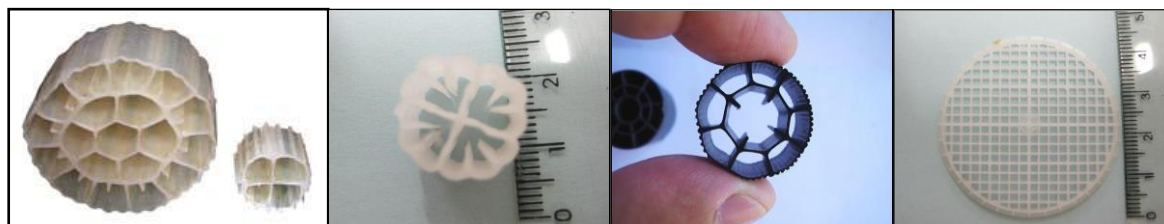
Nesse sentido o processo pode depender de menores volumes para o reator biológico reduzindo assim o custo de implantação, e sendo uma excelente alternativa para upgrade em uma ETE.

Seus parâmetros de controle são os mesmos aplicados ao processo de lodos ativados, guardada a especificidade de que a concentração de sólidos em suspensão no tanque de aeração é também devida à biomassa aderida aos meios suporte e, por conseqüência existe uma relação entre os volumes de meio suporte e do tanque de aeração. Assim, a relação entre a carga orgânica aplicada ao reator biológico e a área superficial total devida ao meio suporte surge



como um parâmetro de controle particular deste processo – aqui denominado Carga Orgânica Superficial (COS), expressa em  $\text{gDBO}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ . Sendo este parâmetro que melhor pode ser associado a este processo.

O material utilizado para a fabricação dos meios suporte é usualmente polietileno ou polipropileno, com diferentes configurações, como ilustra a Figura 1 a seguir.



**Figura 1: Meios suporte empregados no processo MBBR/IFAS**

As diferentes configurações dos meios suporte resultam em diferentes áreas de contato, as quais podem ainda apresentar maior ou menor potencial para aderência de biomassa em função do arranjo e desenho geométrico da peça, podendo acarretar assim em uma maior ou menor eficiência de tratamento.

Dentre as principais vantagens desta tecnologia tem-se a obtenção de sistemas compactos e robustos aos picos de cargas orgânicas e hidráulicas e às variações de pH e temperatura; a possibilidade de supressão da operação de recirculação do lodo; menor custo de investimento devido ao menor volume do reator aeróbio; e a possibilidade de aplicação como solução para upgrade de ETE existentes.

O presente trabalho tem como principal objetivo demonstrar a diferença entre o desempenho de dois reatores MBBR trabalhando em paralelo com diferentes modelos de meios suportes para o tratamento de esgoto. Considerou-se para esse estudo as análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos de DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e biomassa aderida.

## **METODOLOGIA**

O aparato experimental objeto do presente trabalho foi constituído por três reatores (sendo um reserva) em escala de bancada com volumes iguais de 15 Litros, retangulares (0,20 m x 0,20 m) e com 0,45 m de profundidade útil. O sistema foi operado em regime de vazão contínua, equivalente a 5 L/h (Tempo de Detenção Hidráulico igual a 3h), e sistema de aeração formado de difusores de ar tipo mangueira com bolha grossa alimentado por um soprador (Thomas YP20).



Salienta-se que os reatores não contavam com unidade de decantação secundária, no entanto as amostras para análises do efluente tratado foram precedidas do processo de sedimentação em um cone Imhoff, visando simular a decantação secundária. O efluente em uso foi de origem sanitária, oriunda de banheiros e cozinha da empresa onde estava instalado esse aparato. A Figura 2 apresenta o sistema implementado, com seus dispositivos de controle e distribuição de vazão.



**Figura 2: Aparato Experimental MBBR**

Cada reator contou com um modelo de meio suporte específico conforme Quadro 1 e o volume de preenchimento em cada reator foi de 40%.

**Quadro 1 - Características dos modelos de meios suporte empregados**

MODELO		CARACTERÍSTICAS
<b>Modelo A</b>		<b>Formato:</b> Cilíndrico <b>Dimensões:</b> 1,50 cm (diâmetro) x 2,50 cm (altura) <b>Densidade:</b> 0,96 g/cm <sup>3</sup> <b>Material:</b> PEAD (Polietileno de Alta Densidade) <b>Área superficial total:</b> 641 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> <b>Área superficial específica:</b> 490 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Modelo B</b>		<b>Formato:</b> Cilíndrico <b>Dimensões:</b> 3,00 cm (diâmetro) x 1,50 cm (altura) <b>Densidade:</b> 1,00 g/cm <sup>3</sup> <b>Material:</b> Polipropileno <b>Área Superficial:</b> 687 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> <b>Área superficial específica:</b> 525 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

Para a avaliação da biomassa aderida, utilizou-se a combinação de dois métodos, primeiramente a metodologia de ultrassom desenvolvido por Minegatti (2008) para a remoção dos sólidos aderidos às peças. No segundo momento submeteu-se a amostra aos procedimentos de caracterização de sólidos, conforme descrito na norma NBR 10.664/1989. As análises foram realizadas no laboratório de uma Universidade de Ensino Superior.

Os parâmetros analisados de DQO, DBO e nitrogênio amoniacal foram realizados segundo métodos listados na Tabela 1.

É importante frisar que todo aparato foi operado por 90 dias, sendo o start-up realizado com o inóculo de uma cultura mista de microrganismos proveniente de uma estação de tratamento em lodo ativado. O acompanhamento do desenvolvimento do biofilme, assim como as condições do sistema, contaram com um relatório diário, no qual foram registrados os parâmetros de oxigênio dissolvido e temperatura através de um oxímetro (Quimis) e pH com auxílio de um pHmetro da marca Instrutherm. Ressalta-se também que durante todo o período de operação realizou-se semanalmente o controle e aferição da vazão de ar nos reatores por meio de um rotâmetro.



**Tabela 1 - Método laboratorial de análise dos parâmetros estudados**

PARÂMETRO	MÉTODO
DBO e N-NH <sub>4</sub>	Standard Methods 22ª Edição
DQO	ISO 15705:2002

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados médios das análises em relação aos sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) aderidos aos meios suportes.

**Tabela 1 - Resultado das análises de caracterização da biomassa aderida**

Modelo	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	Porcentagem SSV (%)
Modelo A	1.918,30	1.560,00	81,30
Modelo B	1.358,30	1.108,30	81,50

Para efeito de especificação do meio suporte a ser empregado no processo MBBR não é usual relacionar a massa de sólidos aderida em relação a um volume, mas sim quanto a área superficial específica. Isto é, considerando a área superficial específica de cada meio suporte (Quadro 1), o seu volume presente nos reatores e os resultados alcançados na Tabela 1, obteve-se os seguintes valores: 21,24 gSST/m<sup>2</sup> e 17,27 gSSV/m<sup>2</sup> para o modelo A, e 11,86 gSST/m<sup>2</sup> e 9,68 gSSV/m<sup>2</sup> para o modelo B.

Quanto aos parâmetros físico-químicos, a Tabela 2 apresenta os resultados das análises laboratoriais em relação a DBO, DQO e N-NH<sub>4</sub> para os reatores contendo os modelos de meios suportes A e B.

**Tabela 2 - Resultado das análises afluente e efluente de DBO, DQO e N-NH<sub>4</sub>**

Parâmetro	Modelos	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Eficiência (%)
DQO	A	421	144	66
	B	421	100	76
DBO	A	1204	415	66
	B	1204	250	79
N-NH <sub>4</sub>	A	100	66	34
	B	100	55	45

Observa-se que o desempenho do processo que trabalhou com o modelo de meios suporte B foi superior ao com o modelo A para todos os parâmetros avaliados.

Este fato pode ser justificado porque, apesar da maior concentração de biomassa aderida no modelo A (Tabela 1), observou-se que em grande parte dos meios suportes apresentavam seções colmatadas, que por consequência influencia na quantidade de biomassa que efetivamente estava ativa. Por outro lado, no modelo B, devido suas maiores seções internas, a colmatação não foi observada.

Um outro fator que pode justificar essa diferença de eficiências entre os modelos A e B é a Carga Orgânica Superficial (COS) aplicada, que nada mais é do que a razão entre carga de DBO ou DQO aplicada ao reator (expressa em g/d) e a área total disponível dada pela presença dos meios suporte – igual a 2,94 m<sup>2</sup> para o modelo A e de 3,15 m<sup>2</sup> para o modelo B. E, segundo Metcalf & Eddy (2016), para tratamento secundário, recomenda-se valores da ordem de 5 a 15 gDBO/m<sup>2</sup>.d, sendo que foram obtidos nesse estudo valores médios equivalentes a 17,2 e 16,0 gDBO/m<sup>2</sup>.d para os modelos A e B, respectivamente.



Tal observação quanto a COS pode também ter influenciado na remoção de N-NH<sub>4</sub>. Pois, estudos indicam que para um completa nitrificação recomendam COS inferiores a 7,0 gDBO/m<sup>2</sup>.d (Metcalf & Eddy, 2016; Minegatti, 2016).

Ademais, durante o período de monitoramento dos reatores, a concentração média de OD no reator do modelo A foi de 6,51 mg/L, enquanto o reator do modelo B esteve em torno de 6,74 mg/L. Estudos realizados recomendam valores de OD acima de 3 mg/L (RUSTEN et al., 1998; NBR 12.209), e 2 a 5 mg/L (ØDEGAARD et al., 1994).

Monitorou-se também a temperatura dos reatores, obtendo valores médios de 20,8 °C para ambos os modelos, que pode ser considerado dentro de uma faixa adequada (mesofílicas) com base nas relações de cinética de decomposição/ conversão biológica. No tocante ao potencial hidrogênionico, não houveram grandes variações nos modelos analisados, a média para ambos foi de 7,7.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados alcançados, pode-se concluir que o reator modelo B obteve melhor desempenho quanto a remoção de DBO, DQO e Nitrogênio amoniacal, apesar do reator modelo A ter tido uma maior quantidade de biomassa aderida. Isso indica que nem sempre a quantidade de biomassa aderida está relacionada diretamente com a eficiência do sistema, principalmente no caso de meios suportes com zonas de colmatação.

Além disso, como era de se esperar, a COS foi um fator limitante na eficiência dos processos como um todo, confirmando que é de suma importância para dimensionamento e controle da tecnologia MBBR.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR-12.209: Elaboração de Projetos Hidráulico-sanitários de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários. 2011.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10.664: Águas – Determinação de Resíduos (Sólidos) – Método Gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
3. METCALF & EDDY. Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos – Porto Alegre - RS: AMGH, 2016, 1.980p.
4. MINEGATTI, D. V. O. Caracterização dos Parâmetros de Controle e Avaliação de Desempenho de um Reator Biológico com Leito Móvel (MBBR). Rio de Janeiro, 2008. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 91p. 2008.
5. MINEGATTI, D. V. O. Avaliação da remoção de nitrogênio via nitrificação e desnitrificação simultânea em um reator biológico com leito móvel (IFAS). São Paulo, 2015. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 117p. 2015.
6. ØDEGAARD, H; RUSTEN, B; WESTRUM, T. *A new moving bed biofilm reactor – application and results. Water Science and Technology.* v. 29 (10-11), p. 157-165. 1994.
7. RUSTEN, B; MCCOY, M; PROCTOR, R; SILJUDALEN, JON G. *The innovative moving bed biofilm reactor/Solids contact reaeration process for secondary treatment of municipal wastewater. Water Environment Research,* v. 70 (5), p. 1083-1089. 1998.