

## **II-055 – AVALIAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE MASSA DE OXIGÊNIO EM UM REATOR BIOLÓGICO COM LEITO MÓVEL (MBBR)**

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

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Mestre em Tecnologia de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. Doutorando do Programa de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica – Universidade de São Paulo – USP.

**Isaac Volschan Junior**

D.Sc., Prof. Adjunto do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica – UFRJ.

**Roque Passos Piveli**

Engenheiro civil pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP (EESC-USP). Doutor em engenharia hidráulica e sanitária pela Escola Politécnica da USP e Mestre em engenharia hidráulica e saneamento pela EESC-USP.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Av. Prof. Almeida Prado, 271 – Butantã – São Paulo – SP – Brasil, CEP: 05508-900. Tel: +55(11)8618-4528. E-mail: [daniel.minegatti@gmail.com](mailto:daniel.minegatti@gmail.com)

### **RESUMO**

O processo MBBR é uma tecnologia que incorpora as melhores características dos processos com crescimento de biomassa em suspensão e de biomassa aderida (biofilme). No interior do reator biológico mantém-se em suspensão meios suporte com elevada área superficial específica, que quando sujeitos à agitação promovida pelo sistema de aeração são expostos na massa líquida em suspensão e, conseqüentemente, os microrganismos decompositores são mantidos aderidos e em suspensão. Em relação ao sistema de aeração empregado no processo MBBR, deve-se levar em conta para o projeto o fornecimento de oxigênio para satisfazer a demanda adicional da biomassa, da DBO e/ou nitrogênio a ser oxidado e da manutenção dos meios suporte. Para isso, utiliza-se sistema de bolhas grossas ou médias, pois existem dados na literatura que indicam que os meios suporte favorecem a absorção de oxigênio por meio da quebra destas bolhas em bolhas finas e do tempo de retenção das bolhas no meio, portanto, têm um grande impacto sobre o  $k_{La}$  (coeficiente de transferência de oxigênio).

**PALAVRAS-CHAVE:** Moving Bed Biofilm Reactor, Transferência de Oxigênio, Tratamento de Efluentes.

### **INTRODUÇÃO**

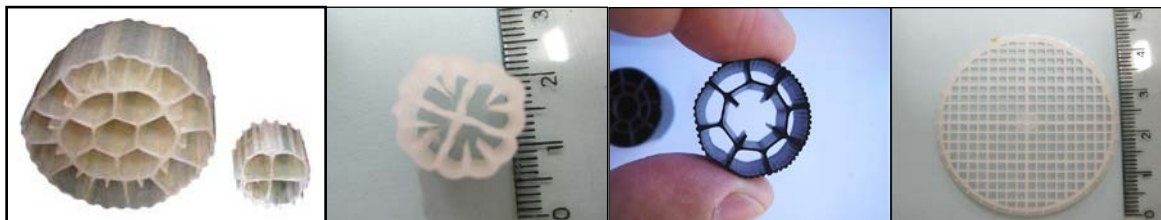
O processo “*Moving Bed Biofilm Reactor*” (MBBR) é uma tecnologia recente que vem ganhando mercado e aplicação para o tratamento de efluentes, podendo ser traduzidos como Reator Biológico com Leito Móvel, que consiste em uma tecnologia adaptada ou não do processo de lodos ativados, baseada na combinação entre sistemas dos tipos massa líquida em suspensão e massa aderida (biofilme). Esta tecnologia foi induzida pelas autoridades responsáveis pelo controle de poluição da Noruega.

No interior do tanque de aeração do processo MBBR são mantidos 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 aos meios suporte.

O material utilizado para a fabricação dos meios suporte é usualmente polietileno ou polipropileno, cuja densidade varia entre 0,95 a 0,99 g/cm<sup>3</sup>; diâmetro entre 10 e 45 mm e largura entre 7 e 30 mm tem sido utilizadas nas peças. Apresentam-se, na Figura 1, alguns tipos de meio suporte empregados, atualmente, no processo MBBR.

O volume de meio suporte normalmente inserido no reator é de 20% a 70% do volume do mesmo. Para densidades inferiores a 20%, há uma perda na eficiência de transferência de oxigênio pela falta de material para

efetivar a redução dos tamanhos das bolhas de ar introduzidas pelo equipamento de aeração. Para densidades superiores a 70%, torna-se economicamente inviável, visto que uma elevada quantidade de biomassa requer um alto gasto energético tanto na mistura dos meios suporte quanto no fornecimento de oxigênio (RUSTEN *et al.*, 1998)



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

Em relação ao sistema de aeração empregado no processo MBBR, deve-se levar em conta para o projeto o fornecimento de oxigênio para satisfazer a demanda adicional da biomassa, da DBO e/ou nitrogênio a ser oxidado e da manutenção dos meios suporte. Para isso, utiliza-se sistema de bolhas grossas ou médias, pois existem dados na literatura que indicam que os meios suporte favorecem a absorção de oxigênio por meio da quebra destas bolhas em bolhas finas e do tempo de retenção das bolhas no meio, portanto, têm um grande impacto sobre o  $k_{La}$  (coeficiente de transferência de oxigênio).

Assim, deve ser garantido que o processo MBBR não seja limitado de oxigênio, ou seja, que o processo seja projetado para haver uma máxima transferência de massa do oxigênio com um mínimo consumo energético. Neste contexto, Codas (2002), trabalhou em um filtro aerado submerso com água limpa, dois tipos de difusores de ar (bolha grossa e fina), com e sem a presença de meios suporte e ainda variando a vazão de ar. Os resultados encontrados demonstraram que com a ausência de meios suporte no reator, a condição de bolhas finas apresentou valores muito superiores em relação à condição de bolhas grossas, em termos de transferência de oxigênio –  $k_{La}$  de  $14 \text{ h}^{-1}$  e  $8 \text{ h}^{-1}$  e, eficiência padrão de transferência de oxigênio (SOTE) de 13 % e 7 %, respectivamente. No entanto, com a presença do enchimento o desempenho de bolhas grossas teve significativa melhora, ao passo que o bolhas finas praticamente manteve-se estável, ou seja,  $k_{La}$  se elevou de 8 para  $22 \text{ h}^{-1}$  e SOTE de 7 para 17% para condição de bolhas grossas dada uma vazão de ar.

Já no trabalho realizado por Jing *et al.* (2009), foi variada a vazão de ar e o volume de meios suporte em um reator MBBR tratando efluente de coqueria. Os resultados alcançados demonstraram que para uma mesma vazão de ar (por exemplo,  $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ) ocorreu um acréscimo do  $k_{La}$  de  $0,14 \text{ min}^{-1}$  para  $0,26 \text{ min}^{-1}$  e da capacidade padrão de transferência de oxigênio (SOTR) de  $2,37 \text{ mg/min}$  para  $4,33 \text{ mg/min}$  quando o volume de meio suporte era de 10% e 40%, respectivamente.

Por outro lado, no trabalho de Pham *et al.* (2008) utilizaram um reator MBBR sem e com meios suporte (25 e 50 % de enchimento), variando a vazão de ar para água limpa e sistema de bolhas finas e grossas. O melhor resultado para a SOTE foi igual a somente 6,14%, quando a vazão de ar foi  $14,6 \text{ m}^3/\text{h}$  e o volume de meios suporte foi de 25% para bolha grossa e de 15,3% para a vazão de ar foi  $7,9 \text{ m}^3/\text{h}$  e sem meios suporte para bolha fina. Os resultados demonstraram um impacto negativo da presença dos meios suporte quando utilizado sistema de bolhas finas e pequena melhora quando aplicado sistema de bolhas grossas. De qualquer maneira, a SOTE do sistema de bolhas finas foi bastante superior em relação ao sistema de bolhas grossas, acima de 3 vezes.

Dessa forma, sem dúvida, existe mais de um fator que impacta na transferência de massa do oxigênio em sistemas MBBR, contudo é de suma importância investigar mais detalhadamente os efeitos do volume de meios suporte sobre a transferência de massa do oxigênio. Além disso, ao estudar o comportamento de transferência de massa do oxigênio na interface gás-líquido da superfície do biofilme em MBBR, pode-se otimizar os parâmetros de projeto e operacionais do processo MBBR, tais como, o requisito energético e o volume de meios suporte ideal.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é de investigar a influência do volume de meios suporte presente no reator MBBR na transferência de massa de oxigênio, por meio da variação da vazão de ar e do

volume de meio suporte; visando buscar as condições ótimas de operação sob as quais o processo MBBR pode ser operado com elevada eficiência e com baixo consumo energético.

## **METODOLOGIA**

O reator utilizado nos ensaios é construído em acrílico, com diâmetro de 15,0 cm, altura útil de 80,0 cm, totalizando volume de 14 L (Figura 2); sendo esta uma das diversas pesquisas desenvolvidas nesta Instituição Federal de Ensino Superior – IFES.



**Figura 2: Foto Ilustrativa do Reator**

Será empregado um meio suporte plástico, fabricado em polietileno de alta densidade (PEAD) pela empresa Aqwise, com área superficial específica de  $650 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , índice de vazios de, aproximadamente, 96%, conforme ilustra a Figura 3. O volume de meio suporte será variado de 20, 40 até 60% do volume do reator.



**Figura 3: Meio Suporte empregado**

O difusor de bolha médias utilizado é constituído por uma mangueira flexível porosa do tipo de aquário de 10 mm de diâmetro e 15 cm de comprimento, instalado no fundo do reator, empregando-se um compressor de ar de  $\frac{1}{2}$  HP.

Será utilizado o método de dissolução dinâmica do oxigênio para a determinação do valor  $K_{La}$ . Os vários valores da solubilidade do oxigênio serão obtidos em uma profundidade média do reator, sendo que está instado um medidor de OD “on-line” que transmitirá sinais elétricos aos respectivos registradores. Estes valores serão registrados durante os ensaios, em intervalos de 15 segundos, tendo um mínimo de 150 registros. A capacidade de absorção de oxigênio do MBBR é caracterizada assim em termos do  $K_{La}$  e da eficiência padrão de transferência de oxigênio (SOTE).

Desta forma, a recuperação do nível de saturação do OD, para o esgoto em estado líquido e contínuo, misturado perfeitamente, pode ser descrita através do balanço de massa para o oxigênio dissolvido, como demonstra a Equação 1.

$$\frac{dC}{dt} = K_{La}(T) \times (C_s - C) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,  $C_s$  é a concentração de saturação do OD e  $C$  é a concentração atual (instantânea).

Integrando a Equação 1 para  $t = 0$  e  $C = C_o$ , obtém-se a Equação 2.

$$\ln \frac{(C_o - C)}{(C_s - C_o)} = -K_{La} \quad \text{Equação (2)}$$

Plotando o lado esquerdo da Equação (2) pelo o tempo, é possível obter a inclinação em função do  $K_{La}$ . A fim de comparar os dados medidos em diferentes condições e aplicar esses dados em um projeto prático, o  $K_{La}$  é modificado de acordo a fórmula (Equação 3).

$$K_{La}(20) = \frac{K_{La}(T)}{1,024^{(T-20)}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde,  $T$  é a temperatura atual do líquido do experimento e  $K_{La}(20)$  é o  $K_{La}$  a temperatura de 20°C.

A SOTE refere-se à fração de oxigênio no ar injetado no reator que realmente é transferido para o líquido, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$SOTE = \frac{SOTR}{W_{O_2}} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde,  $W_{O_2}$  é vazão de oxigênio injetada nas condições padrão (kg  $O_2$ /s) e  $SOTR$  é capacidade padrão de transferência de oxigênio (kg  $O_2$ /s), que será calculada anteriormente.

Ressalta-se que todos os resultados alcançados serão corrigidos em relação pressão e temperatura conforme recomenda o *Standard Methods*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados preliminares demonstraram que o a maior SOTE foi obtida para 40% de meios suporte e vazão de ar igual a 0,05 L/h.

## CONCLUSÕES

Devido a problemas operacionais e de controle, não foi possível finalizar as análises experimentais. No entanto, esses problemas já foram resolvidos e o experimento está sendo iniciado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR-12.209 (no prelo). (2011). Elaboração de Projetos Hidráulico-sanitários de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários.
2. CODAS, B. V. B.; SCHMIDELL, W.; ALÉM SOBRINHO, P. (2001). Avaliação da transferência de oxigênio em um biorreator aerado submerso com enchimento. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 124p.

3. JING, J. Y.; FENG, J.; & LI, W. Y. (2009). Carrier effects on oxygen mass transfer behavior in a moving-bed biofilm reactor. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 4(5), pp. 618–623. Wiley Online Library.
4. PHAM, H.; VISWANATHAN, S.; KELLY, R. F. (2008). Evaluation of plastic carrier media impact on oxygen transfer efficiency with coarse and fine bubble diffusers. Paper presented at Water Environment Federation's Annual Technical Exhibition and Conference – WEFTEC. Chicago, USA. pp. 5069–5079.
5. MINEGATTI, D. V. O. (2008). Caracterização dos Parâmetros de Controle e Avaliação de Desempenho de um Reator Biológico com Leito Móvel (MBBR). Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 91p.
6. ØDEGAARD, H, Rusten B. Westrum T. (1994). A new moving bed biofilm reactor – application and results. *Waste Science and Technology*, 10-11(29), 157-165.