

## II-509 - ESTUDO CINÉTICO EM REATOR MBBR USADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE CELULOSE KRAFT

**Suelen Cristina Vanzetto<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

**Milene Klenk<sup>(2)</sup>**

Bacharele licenciada em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

**Suzamar Moura Costa Rosa<sup>(3)</sup>**

Tecnóloga em Processos Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestranda em Química pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

**Claudia Regina Xavier<sup>(1)</sup>**

Bacharel e Licenciada em Química pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Concepción (UDEC). Professora nas áreas de Química Inorgânica, Química Ambiental e Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais (UTFPR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 4900 – Ecoville – Curitiba – PR - CEP: 81280-340 – Brasil – tel: (54) 9147-0974 – e-mail: [suelen.van@hotmail.com](mailto:suelen.van@hotmail.com)

### RESUMO

As indústrias de celulose são caracterizadas pelo alto consumo de água em seus processos produtivos, gerando consequentemente grandes volumes de efluentes líquidos que apresentam na maior parte de sua composição compostos lignínicos, matéria orgânica, cor e toxicidade. O efluente de celulose, quando não tratado ou tratado de forma indevida, pode comprometer a qualidade da água dos corpos receptores, por conter substâncias tóxicas à comunidade aquática. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência na remoção da matéria orgânica com diferentes velocidades de carga orgânica 0,4; 1,2; 4,0; 9,0 kgDQO/L.d e a cinética de um reator MBBR tratando efluente de indústria de celulose kraft. Para biomassa a eficiência de remoção foi de, 47,9% e 94,2% para DQO e DBO<sub>5</sub> respectivamente, na VCO de 0,4 gDQO/L.d com TDH de 45 h. No entanto o valor da constante cinética (K) encontrado foi baixo, caracterizando uma biodegradação lenta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluente celulose kraft, remoção matéria orgânica, constante cinética.

### INTRODUÇÃO

As indústrias de celulose kraft representa importante base para a economia brasileira devido à grande disponibilidade de recursos florestais. Com a crescente produção, faz-se necessária a utilização de volumes consideráveis de água para a lavagem das fibras gerando, consequentemente, quantidades significativas de efluentes líquidos (SIMPLICIO *et al*, 2007).

Esses efluentes apresentam altas concentrações de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), cor e toxicidade. A cor e a toxicidade resultam da presença de compostos lignínicos e seus derivados fenólicos de alto peso molecular. Quando não tratado ou tratado de forma indevida, o efluente pode comprometer a qualidade da água dos corpos receptores, por conter substâncias tóxicas à comunidade aquática (ORREGO *et al*, 2010).

As tecnologias de tratamento empregadas visam à remoção da matéria orgânica, da cor e da toxicidade presentes no efluente. Sistemas de tratamento aeróbico são eficazes na redução da matéria orgânica (DQO e DBO<sub>5</sub>), no entanto, apresentam baixa eficiência na remoção da cor (XAVIER *et al*, 2011).

Os sistemas aeróbios evoluíram com o desenvolvimento dos sistemas de lodos ativados e filtros biológicos e um número muito grande de inovações vêm sendo propostas ao longo dos anos a fim de aperfeiçoar estes processos, reduzindo gastos com energia e consumo de oxigênio.

Uma das maiores contribuições para essa evolução foi o desenvolvimento de processos que utilizam biofilmes suportados em materiais inertes, aqui denominado Reator Biológico com Leito Móvel, usualmente conhecido como MBBR, sigla que expressa o termo inglês: *Moving Bed Biofilm Reactor* (MINEGATTI, 2008).

O desenvolvimento do processo MBBR esteve diretamente relacionado à idéia central de congregar, em um único sistema, as melhores características do processo de lodo ativado e as melhores características do processo com biofilmes, deixando de lado as características indesejáveis de cada processo (RUSTEN *et al*, 2006).

O processo, por ser de desenvolvimento ainda recente, requer a condução de estudos de investigação que permitam a melhor compreensão da relação entre meio suporte, velocidade de carga orgânica e biomassa em suspensão e aderida.

## MATERIAS E METODOS

O efluente utilizado para o estudo foi proveniente de uma indústria de celulose kraft (ICK) da região metropolitana de Curitiba. A indústria utiliza *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* como matéria-prima e produz celulose Kraft sem branqueamento. O efluente foi coletado antes do tratamento biológico, e armazenado em galões de 10L, preservado a 4 °C e na ausência de luz.

O reator MBBR foi confeccionado em acrílico, com dimensões de 23 cm de altura, 10 cm de diâmetro. O reator possuía um volume útil de 1L. Este continha *biomedias* Kaldnes K3, dotados de uma área específica de 500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. O percentual de ocupação das *biomedias* no reator foi de 30%.

O tratamento do efluente de ICK em MBBR foi realizado em temperatura ambiente e pH ajustado para 7,0 ± 0,2. Foram adicionados NH<sub>4</sub>Cl e K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> como fontes de nitrogênio e fósforo na razão DQO:N:P= 100:5:1. A estratégia de operação foi o aumento da VCO, sendo que em 180 dias quatro velocidades foram testadas 0,4, 1,2, 4,0 e 9,0 gDQO/L.d.

Para caracterização das amostras de efluente do reator MBBR foram avaliados parâmetros de controle: pH afluente (pHa) e pH efluente (pHe), tempo de detenção hidráulico (TDH), velocidade de carga orgânica (VCO); e parâmetros de eficiência: demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) [1;2].

Para conhecer a cinética do processo se empregou um modelo linear simplificado para consumo de substrato em aproximação a um sistema de primeira ordem e reator de mistura completa. Equação 1:

$$r_s = -K.S.As \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$r_s$ , é velocidade de degradação [d<sup>-1</sup>]

$K$ , constante cinética do processo [m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>]

$S$ , substrato [mg.L<sup>-1</sup>]

$As$ , área superficial do suporte empregado [m<sup>2</sup>]

Do balanço de massa resulta a Equação 2, aplicado ao reator MBBR,

$$Q.(S_o.S_e) = V.K.As.Se \text{ da qual resulta } \frac{S_o-S_e}{TRH.As} = K.Se \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$Q$ , Vazão volumétrica do sistema [L.h<sup>-1</sup>],

$S_o$ , Substrato de entrada no sistema [mg.L<sup>-1</sup>],

$S_e$ , Substrato de saída do sistema [mg.L<sup>-1</sup>],

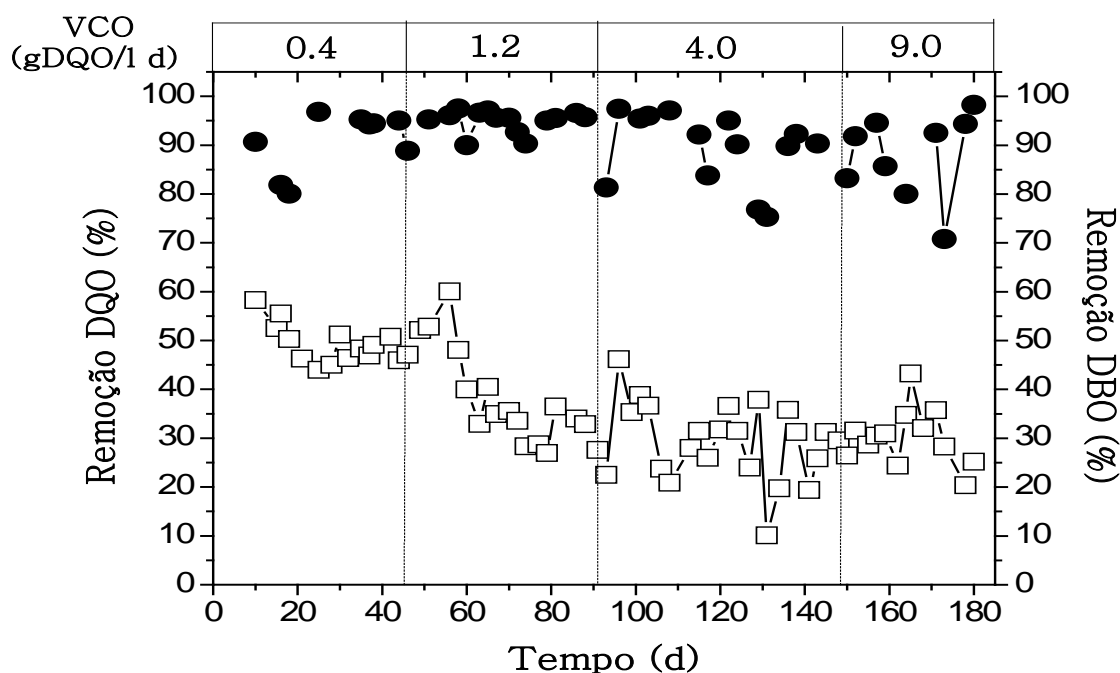
$V$ , volume do reator [ $m^3$ ],  
 $TRH$ , tempo de residência hidráulico [h]

Com isso, a partir dos resultados experimentais obtidos e variáveis operacionais impostas, foram determinadas a constante cinética dos ajustes dos dados representados num gráfico  $[(S_o - S_e)/(TRH \cdot As)]$  versus  $S_e$  [4].

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

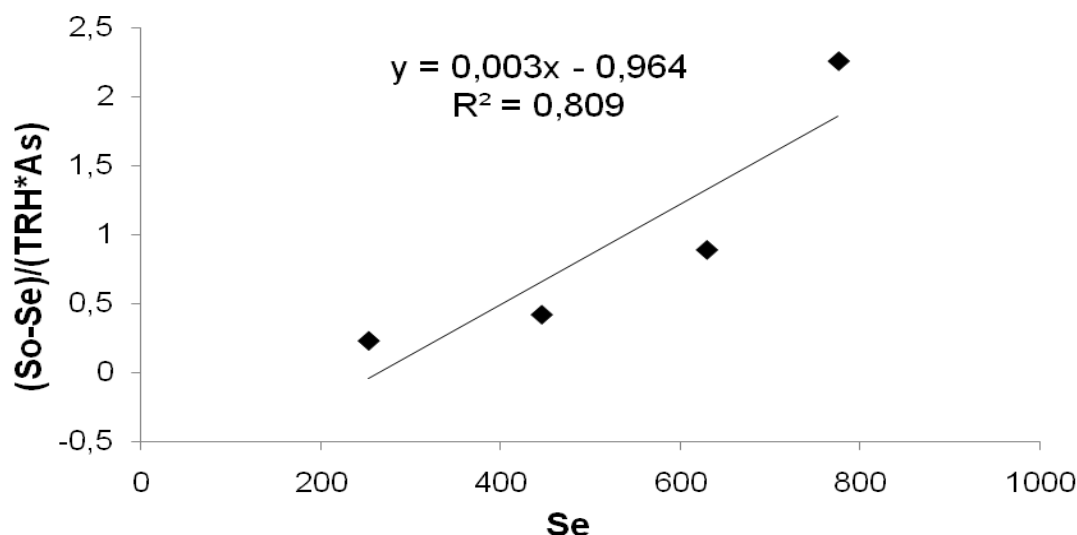
Na Figura 1 se apresentam as eficiências de remoção de DQO e  $DBO_5$  segundo as VCO's aplicadas. Sendo que o reator mostrou-se mais eficiente para as velocidades mais baixas alcançando,  $47,9 \pm 2,2\%$  e  $94,2 \pm 1,4\%$  de remoção destes parâmetros, respectivamente para VCO de 0,4 gDQO/L.d com tempo de TDH de 45 h.

Segundo [3] as remoções de DQO e  $DBO_5$  para MBBR operando a VCO de 0,4 gDQO/L.d no tratamento de efluente de celulose kraft foram de 52% e 98% respectivamente.



**Figura 1 – Parâmetros de eficiência do reator MBBR: a) ( $\square$ ) remoção de DQO; b) ( $\bullet$ ) remoção de  $DBO_5$ .**

Através da Figura 2, foi determinada uma constante cinética ( $K$ ) igual a  $0,003 m^{-2}.h^{-1}$ . O melhor ajuste para a obtenção do valor de  $K$ , foi aquele para o qual não se considerou a VCO de 9,0 gDQO/L.d. Uma biodegradação mais lenta que aquela que se observa na literatura para reator MBBR tratando efluente doméstico, com valor de  $0,62 m^{-2}.h^{-1}$  [3].



**Figura 2: Obtenção da constante de biodegradação do substrato**

Com a constante cinética (K), foi calculada a velocidade de degradação do substrato (DQO) e o consumo específico máximo de substrato, pela razão  $r_s/SSV$  aderido na *biomedia*. Este valor calculado foi de  $0,007\text{ d}^{-1}$ . Na literatura são encontrados valores de  $0,03\text{ d}^{-1}$  para ácidos resínicos tratados por lodos ativados e para degradação de DQO foram encontrados valores de  $3,54\text{ d}^{-1}$  para o mesmo tipo de reator [4].

As diferenças observadas para o consumo específico máximo de substrato estão de acordo com as altas concentrações de biomassa aderida, aproximadamente 100 vezes maior que nos lodos ativados e também com a recalcitrância própria do efluente de ICK.

## CONCLUSÕES

A eficiência de remoção de matéria orgânica foi melhor para as velocidades mais baixas, 47,9% e 94,2% de remoção de DQO e  $\text{DBO}_5$ , respectivamente foram obtidas para VCO de  $0,4\text{ gDQO/L.d}$  com TDH de 45 h.

O valor da constante cinética (K) encontrado foi baixo, caracterizando uma biodegradação lenta, quando comparado com valores encontrados na literatura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AWWA-WPCF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20<sup>th</sup> Edition, American Public Health/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA, 1998.
2. ÇEÇEN, F., 2003. The use of UV-VIS measurements in the determination of biological treatability of pulp bleaching effluents. In Conference Proceedings – 7th International Water Association Symposium on Forest Industry Wastewaters, Seattle- Washington, USA.
3. LIU, H. W., LO, S. N., LAVALLEÉ, H. C., 1993. Study of the performance and kinetics of aerobic biological treatment of CMTP effluent. *Pulp Pap. Can.*, 94, 172 – 176.
4. MINEGATTI, D. V. O., 2008. Caracterização dos Parâmetros de Controle e Avaliação de Desempenho de um Reator Biológico com Leito Móvel (MBBR). XII, 91p. COPPE/UFRJ, MSc., Engenharia Civil.
5. ORREGO, R., GUCHARDI, J., KRAUSE, R., HOLDWAY, D., 2010. Estrogenic and anti-estrogenic effects of wood extractives present in pulp and paper mill effluents on rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 99: 160–167.

6. REIS, G, G., 2007. Influência da carga orgânica no desempenho de reatores de leito móvel com biofilme (MBBR). Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
7. RUSTEN, B.; EIKEBROKK, B.; ULGENES, Y.; LYGREN, E., 2006. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors, *Aquacultura Enginnering*, v. 34, n. 3, pp. 322-331.
8. SIMPLÍCIO A.; AZEVEDO J. C. R.; XAVIER C., 2007. Tratabilidade aeróbica de produtos de degradação de lignina de efluentes de celulose kraft através da respirometria. In: ABTCP-Zellcheming - 40º Congresso e exposição internacional de celulose e papel, São Paulo-SP.
9. VILLAMAR C.A.; JARPA M.; DECAP J.; VIDAL G., 2009. Aerobic moving bed bioreactor performance: a comparative study of removal efficiencies of kraft mill effluents from *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* as raw material. *Wat. Sci. Technol.* 59, 507-514.
10. XAVIER, C.R.; OÑATE, E.; MONDACA, A. M.; CAMPOS, L. J.; VIDAL, G., 2011. Genotoxic effects of kraft pulp mill effluents treated by biological aerobic systems. *Interciencia*, 36, 412 – 416.