

II-055 – TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL POR REATOR (MBBR)

Suelen Cristina Vanzetto⁽¹⁾

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

Milene Klenk⁽¹⁾

Estudante do curso de Bacharelado e Licenciatura em Química Tecnológica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Suzamar Moura Costa Rosa⁽¹⁾

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

Claudia Regina Xavier⁽¹⁾

Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de Concepción, Chile. Docente de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Sete de Setembro, 3165- Rebouças – Curitiba - PR - CEP: 80230-901 - Brasil - Tel: (41) 3310-4545 - e-mail: 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 de tratamento de efluente de celulose e papel por reator MBBR em escala de bancada, com diferentes velocidades de carga orgânica 0,2; 0,4; 1,2; 4,0; 9,0 kgDQO/L.d, através da remoção de matéria orgânica (DQO e DBO₅), e as características da biomassa, através da relação alimento/microrganismo e sólidos aderidos e em suspensão na massa líquida. O efluente analisado apresentou 48 e 94% de remoção de DQO e DBO₅ respectivamente, e concentração da biomassa em suspensão no efluente do reator variando de 130 a 900 mg/L

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluente, Papel e celulose, Reator MBBR.

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 (DBO₅), 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 DBO₅), 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, 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.

MATERIAIS E MÉTODOS

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, após o medidor de vazão (calha Parshall). O efluente foi 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 m²m⁻³. O percentual de ocupação das *biomedias* no reator foi de 30%.

O tratamento do efluente de ICK em MBBR foi em temperatura ambiente e o pH ajustado para $7,0 \pm 0,2$ ajustado com HCL, foram adicionados NH₄Cl e K₂HPO₄ como fontes de nitrogênio e fósforo na razão DQO:N:P= 100:5:1. A estratégia de operação era o aumento da velocidade de carga orgânica (VCO), sendo que em 180 dias 5 velocidades foram testadas 0,2; 0,4; 1,2; 4,0; 9,0 kgDQO/L.d.

Para caracterização das amostras de efluente do reator MBBR foram avaliados parâmetros de controle: pH (afluente) e pH (efluente), tempo de detenção hidráulico (TDH), (VCO) e parâmetros de eficiência: demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO) sendo estes parâmetros analisados de acordo com Standard Methods (APHA, 1998).

As amostras de biomassa aderida foram analisadas por adequação do método de REIS (2007). A biomassa em suspensão no reator foi caracterizada segundo o conteúdo de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) de acordo com Standard Methods (APHA, 1998). Foi calculado também a relação alimento/microrganismo (A/M) para as diferentes VCOs.

A medida do pH (a) e pH (e) e (TDH), foram realizadas diariamente. As demais análises foram realizadas com o efluente filtrado em membrana de 0,45 µm, com uma frequência de três dias por semana, sendo que a medição das análises foram feitas em triplicatas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

PARÂMETROS DE CONTROLE

Na Figura 1 (a) e (b) se apresentam os parâmetros de controle para o reator em 180 dias. Observa-se que no início da operação do reator MBBR, o tempo de detenção hidráulico não foi constante, pois o afluente tinha uma DQO muito variável. Após 40 dias de operação o TDH passou a ficar mais controlado, pois a DQO afluente aplicada foi fixada para 900 – 1200 mg/L. Isto implica em aplicações de carga orgânica volumétrica (VCO) de 0,2; 0,4; 1,2; 4,0 e 9,0 kgDQO/L.d.

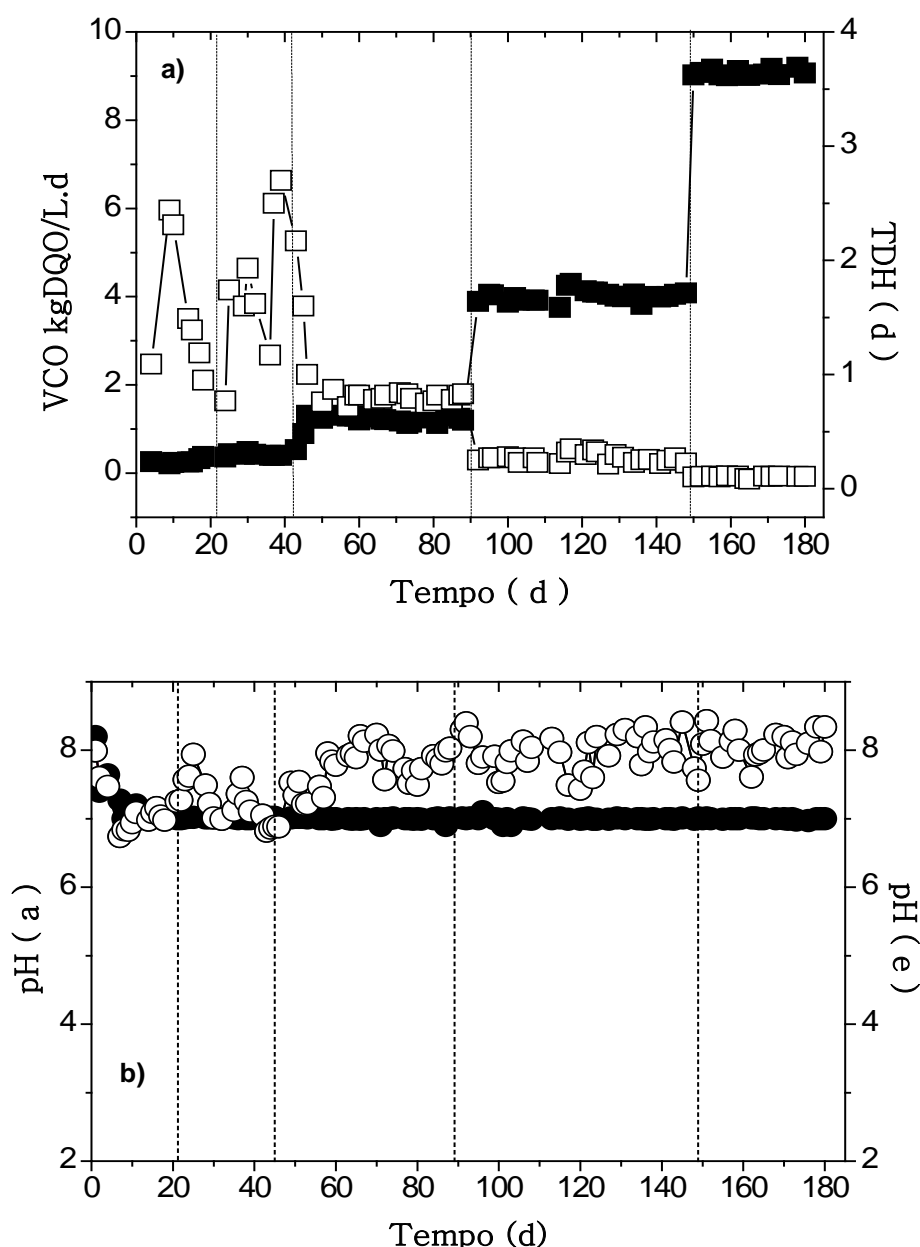


Figura 1: Parâmetros de controle do reator leito móvel: a) (□) TDH, (■) VCO; b) (●) pH (a), (○) pH (e).

A Figura 1 (b) apresenta os valores de pH, sendo que ao longo do tempo de operação foi verificado um leve aumento do pH efluente, isso pode ser devido à formação de carbonato, por processo anaeróbico no interior da *biomedia* (VON SPERLING, 2006).

PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA

Observa-se na Figura 2 (a) e (b), a eficiência de remoção de DQO e DBO_5 e suas respectivas VCO. Sendo que o reator mostrou-se mais eficiente para as velocidades mais baixas, 47,9% e 94,2% de remoção de DQO e DBO_5 , respectivamente para VCO de 0,4 kgDQO/L.d com tempo de TDH de 45 h.

Com o aumento da VCO para 1,2 kgDQO/L.d houve uma diminuição de 12% na remoção de DQO. No entanto, o aumento da VCO não prejudicou a remoção da DBO_5 que ficou em 94,7%.

Para as maiores VCO aplicadas 4,0 e 9,0 kgDQO/L.d com tempos de TDH iguais a 7h e 2h a eficiência de remoção de DQO e DBO₅ foi de $30,0 \pm 0,6\%$ e $88,0 \pm 2,0\%$ respectivamente. Demonstrando que quanto maior a VCO menor é a remoção de matéria orgânica.

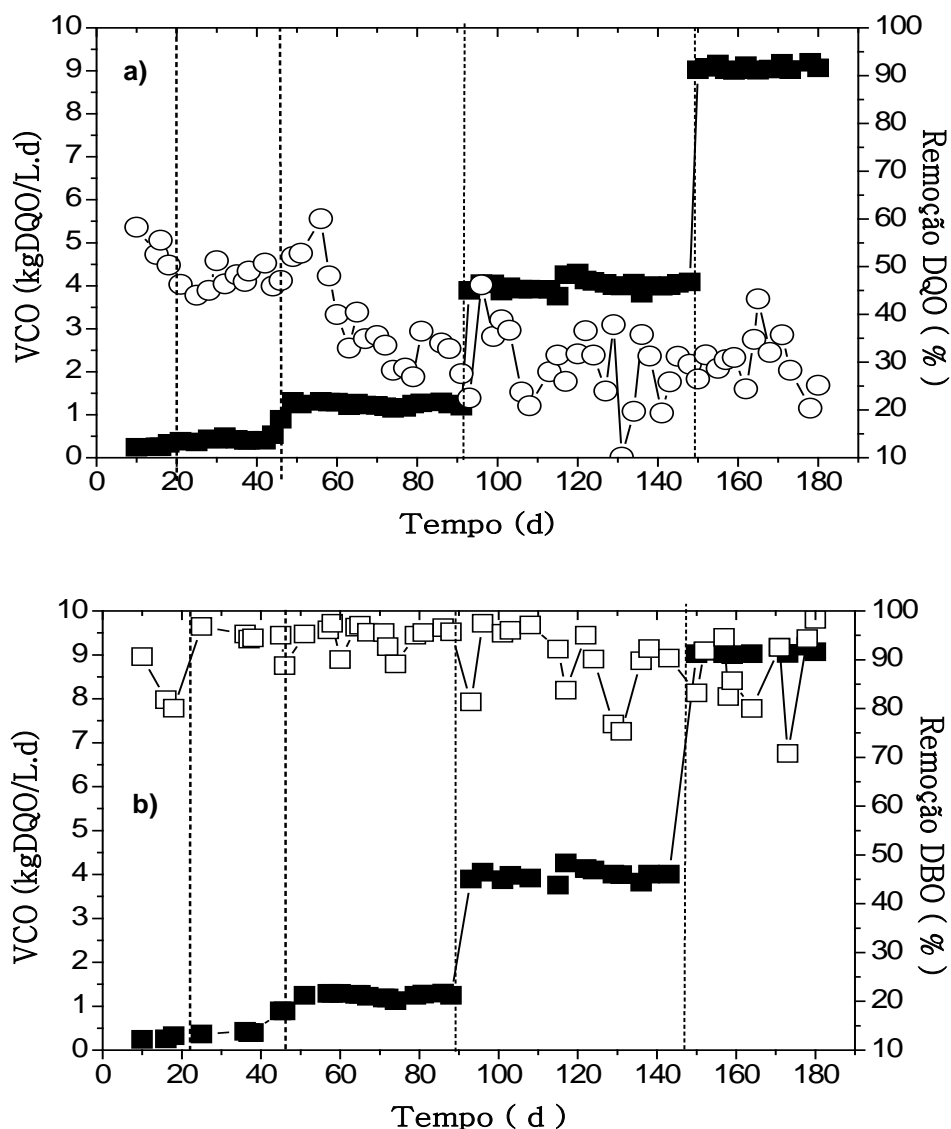


Figura 2: Parâmetros de eficiência do reator de leito móvel: a) (■) VCO, (○) remoção de DQO; b) (■) VCO, (□) remoção de DBO₅.

A baixa eficiência de remoção de matéria orgânica do MBBR, pode estar relacionada com relação DBO₅/DQO encontrada no efluente, valor médio de 0,26. Quando a relação DBO₅/DQO de um efluente é menor que 0,3 a eficiência do tratamento biológico pode ser comprometida. Isto acontece justamente porque apenas uma parcela do material orgânico presente no efluente é biodegradável (ARAÚJO *et al* 2011).

Um parâmetro de grande importância é a relação alimento/microrganismo (A/M) que mede a razão entre o alimento presente no afluente do reator e a concentração de biomassa, para essa relação foram achados valores distintos para cada VCO aplicada, sendo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Relação Alimento/Microrganismo

VCO kgDQO/L.d	A/M (kgDBO ₅ /kgSSV.d)	A/M (kgDBO ₅ /kgSSV.d)
	Suspensos	Aderidos as <i>biomedias</i>
0,2	0,99	0,002
0,4	0,68	0,002
1,2	0,44	0,001
4,0	0,24	0,001
9,0	0,18	0,0006

Na Tabela 1 observa-se os valores da razão A/M aplicado ao efluente da ICK, sendo que com o aumento da VCO, os valores foram diminuindo de 0,99 kg para 0,18 kg para maior VCO aplicada. Quando a razão A/M é baixa ($A/M < 0,10$ kgDBO₅/kgSSV.d), a quantidade de alimento é insuficiente para manter o crescimento celular. A razão ótima para reatores MBBR é a mesma que para reatores lodos ativados, 0,15 a 0,40 kgDBO₅/kgSSV.d (SCHNEIDER, 2010).

Na Figura 3 tem-se que a concentração da biomassa em suspensão no efluente do reator é relativamente baixa, variando de 130 a 900 mg/L. Essa é uma característica dos MBBRs, já que a maioria da biomassa presente no reator encontra-se aderida ao suporte.

Observa-se que no mês de setembro a quantidade de biomassa suspensa era de 900 mg/L, sendo que no mês de outubro a quantidade diminuiu para 500 mg/L, essa diminuição deve-se a mudança de local sofrida pelo reator devido a problemas técnicos havendo a necessidade de diminuir seu volume pela metade, ocorrendo assim uma perda de biomassa.

Em REIS (2007), verificou-se valores de SSV para biomassa em suspensão entre 200 e 400 mg/L. A relação SSV/SST foi de 0,8 para maioria das VCO aplicadas, indicando que o lodo em suspensão é pouco mineralizado.

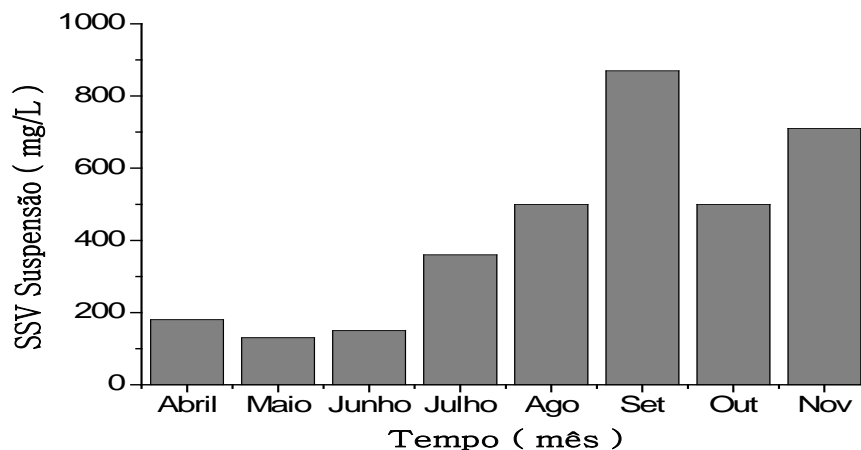


Figura 3: Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), na biomassa em suspensão.

Quanto à biomassa aderida ao meio suporte (*biomedia*), observa-se na Figura 4 que no início da operação a quantidade era de 2 a 7,6 g/L, sendo que ao longo do tempo de operação foi aumentando chegando a 123 g/L na VCO 1,2 kgDQO/L.d, mantendo-se acima de 100 g/L para as maiores VCO aplicadas. Em REIS (2007), foram encontrados valores de biomassa aderida ao meio suporte da ordem de 27,7 a 45,9 g/L, para regimes de VCO de 0,18 a 8,5 kgDQO/L.d.

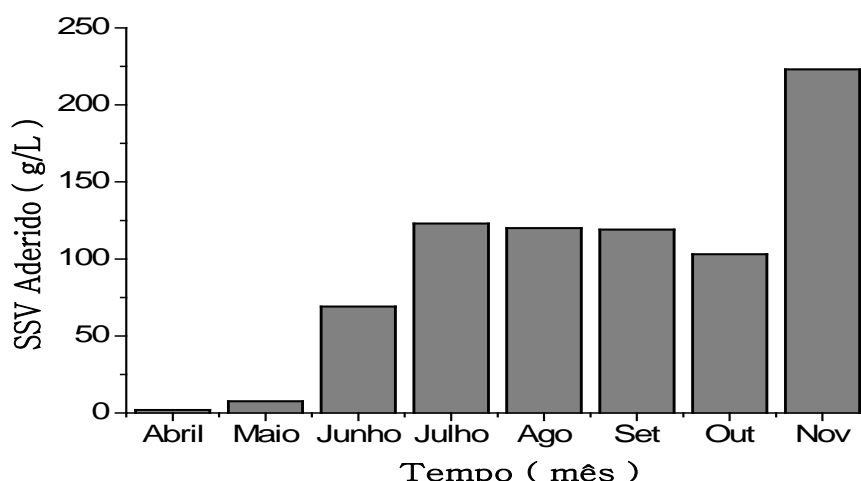


Figura 4: Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), aderidos ao meio suporte.

Observa-se também na Figura 4 que para a última VCO aplicada 9,0 kgDQO/L.d a quantidade de biomassa aderida às *biomedias* foi superior às demais VCOs aplicadas. Isto pode ser explicado pela grande quantidade de substâncias poliméricas extra celulares presentes na massa líquida. Segundo TAVARES *et al* (1994), a concentração de polissacarídeos em sistemas com biofilme é no mínimo duas vezes maior que o valor obtido em reatores em que operam com biomassa em suspensão. Este fato se deve à importância que os polissacarídeos representam no processo de adesão dos microrganismos sobre a superfície dos suportes.

CONCLUSÕES

A eficiência de remoção de matéria orgânica foi melhor para as velocidades mais baixas, 48% e 94% de remoção de DQO e DBO₅, respectivamente foram obtidas para VCO de 0,4 kgDQO/L.d com tempo de TDH de 45 h.

Para as maiores VCO aplicadas 4,0 e 9,0 kgDQO/L.d com tempos de TDH iguais a 7h e 2h a eficiência de remoção de DQO e DBO₅ foi de 30% e 90% respectivamente. Demonstrando que quanto maior a VCO menor é a remoção de matéria orgânica.

No entanto, a VCO 1,2 kgDQO/L.d, também apresentou valores aceitáveis de remoção de matéria orgânica (DQO e DBO₅), para um TRH de 20h. Podendo ser uma boa opção quando se tem a necessidade de um reator com menor área.

A concentração de biomassa em suspensão no efluente do reator foi relativamente baixa, uma característica dos MBBRs, já que a maioria da biomassa presente no reator encontra-se aderida ao suporte. Quanto à biomassa aderida ao meio suporte (*biomedia*), manteve-se acima de 100 g/L para as maiores VCO aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA., 1998. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19° ed., Washington: American Public Health Association.
2. ARAUJO, P. L. A.; TAVARES, G. R. C.; COSSICH, S. E., 2011. Remoção de DQO e cor de efluente da indústria de celulose e papel. 26° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Porto Alegre/RS – Brasil.
3. 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.
4. 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.

5. 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.
6. RUSTEN, B.; EIKEBROKK, B.; ULGENES, Y.; LYGREN, E., 2006. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors, *Aquacultura Enginering*, v. 34, n. 3, pp. 322-331.
7. SCHNEIDER, E. E., 2010. Avaliação de um reator de leito móvel com biofilme para tratamento de efluente da indústria do petróleo, com posterior ozonização acoplada a carvão ativado granular com biofilme – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.
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. TAVARES, C.R.G., SANT'ANNA Jr., G. L., CAPDEVILLE, B., 1995, "The effect of air superficial velocity on biofilm Accumulation in a three-phase fluidized-bed reactor", *Water Research*, v. 29, n.10, pp. 2293-2298.
10. VON SPERLING, M., 2006. Lagoas de estabilização: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. DESA-UFMG, 134p.
11. XAVIER C.R.; MOSQUERA-CORRAL A.; BECERRA J.; HERNÁNDEZ V.; VIDAL G., 2009. Activated sludge versus aerated lagoon treatment of kraft mill effluents containing β -sitosterol and stigmasterol. *J. Env. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Env. Eng.* 44: 327-335.
12. 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.