

## **II-258 - ESTUDO DO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CELULOSE KRAFT UTILIZANDO REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA (RSB) COM MEIO SUPORTE ESPONJOSO**

**Julie Christine Duarte<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Camila Peitz<sup>(1)</sup>**

Bacharel e Licenciada em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

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

Bacharel e Licenciada em Química pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Paraná. Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de Concepción - Chile. Professora nas áreas de Química Ambiental e Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** R. Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 - Campo Comprido, Curitiba - PR, Brasil, 81280-340- Tel: +55 (41) 3279-6852 - e-mail: [julieduarte@alunos.utfpr.edu.br](mailto:julieduarte@alunos.utfpr.edu.br)

### **RESUMO**

A crescente demanda na produção de celulose e papel, e o aumento do já elevado consumo de água e geração de efluentes, fomenta o estudo de novas alternativas ao tratamento de efluentes Kraft. Estes efluentes apresentam matéria orgânica (DQO e DBO<sub>5</sub>), compostos derivados de lignina e compostos aromáticos. O objetivo do trabalho foi avaliar a remoção de matéria orgânica e sua relação com compostos lignínicos e aromáticos através do tratamento do efluente de celulose Kraft em Reator Sequencial em Batelada (RSB) com meio suporte esponjoso (APG). Para isto, utilizou-se o sistema de tratamento biológico por Reator Sequencial em Batelada em três modelos de operação: o primeiro sem o meio de suporte esponjoso *Aquaporousgel* (APG) para fins de controle, o segundo e terceiro com 10% de seu volume contendo respectivamente APG livre e APG confinado. O trabalho foi realizado em duas etapas, a primeira operada com carga orgânica volumétrica (COV) de 4,0 kg<sub>DQO</sub>·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> e a segunda com 9,0 kg<sub>DQO</sub>·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos permitiram a avaliação do desempenho do sistema RSB na remoção de matéria orgânica, compostos lignínicos e aromáticos e da determinação da melhor condição operacional. O meio suporte utilizado de forma livre se sobressaiu na remoção dos parâmetros avaliados nas duas etapas do estudo, atingindo valores superiores a trabalhos realizados com outros métodos de tratamento de efluente Kraft. A melhor condição para tratamento de efluente real de indústria de celulose por RSB foi atingida quando o sistema operou com COV 4,0 kg<sub>DQO</sub>·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> e tempo de detenção hidráulica (TDH) de 5 h. Nessas condições, se obteve a remoção de 53% de DQO, 92% de DBO<sub>5</sub>, 13% de compostos lignínicos e 20,6% de compostos aromáticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** AQUAPOROUSGEL, Efluente, Batelada, Celulose, Kraft.

### **INTRODUÇÃO**

A indústria de celulose e papel tem crescido no mundo todo devido à versatilidade da aplicação de seus produtos. O efluente de celulose, gerado durante a lavagem das fibras, contém matéria orgânica (DQO e DBO<sub>5</sub>), compostos lignínicos, compostos aromáticos entre outros (VANZETTO; XAVIER, 2014). O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define, classifica e regulamenta os padrões para lançamento de efluentes em corpos receptores no Brasil por meio do Capítulo IV da resolução 357/2005. Em 2011 a resolução 430 foi publicada para complementar a norma anterior, estabelecendo novos limites de lançamento dos principais parâmetros nos corpos hídricos receptores. Se não tratado adequadamente o efluente pode comprometer a qualidade da água dos corpos receptores, bem como contribuir para o surgimento de patologias nos seres vivos do meio devido a sua toxicidade (ORREGO et al., 2010).

Os compostos lignínicos e aromáticos são provenientes da matéria prima e, apesar da recuperação dos compostos químicos no processo Kraft, parte desses compostos é incorporado ao efluente durante a lavagem das fibras de celulose (BELMONTE et al., 2006).

O tratamento do efluente geralmente é realizado em lagoas de aeração e lodos ativados, através da degradação de compostos orgânicos solúveis por bactérias aeróbias, solucionando parte da poluição gerada ao longo do processo. A fim de aperfeiçoar o processo de tratamento dos efluentes gerados pela indústria, novos estudos têm sido realizados levando em consideração os custos e os benefícios que podem ser alcançados (XAVIER et al., 2011; CHAPARRO; PIRES, 2011).

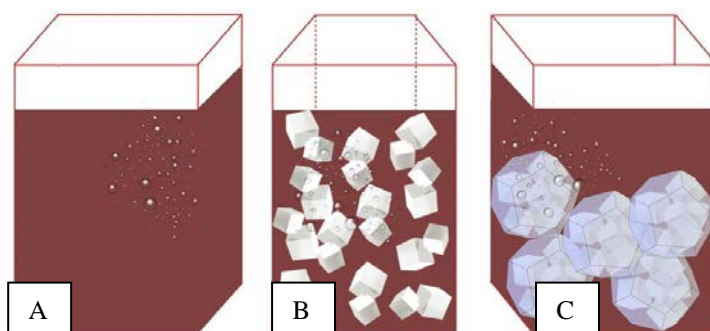
O sistema biológico com Reator Sequencial em Batelada (RSB) apresenta as vantagens de controle e estabilidade do tratamento, inferindo qualidade ao efluente tratado e possibilitando economia energética com o bom desenvolvimento do sistema (MARCONI, 2001). O funcionamento do RSB consiste em um sistema cíclico em um tanque simples, resumido em cinco períodos: enchimento, reação, sedimentação, esvaziamento e repouso. Uma dificuldade do tratamento biológico é a manutenção da elevada concentração de biomassa do reator, podendo ser otimizado com o uso de um meio suporte a fim de evitar a saída de sólidos do sistema e proporcionando melhor estabilidade na remoção de matéria orgânica (PEITZ; XAVIER, 2017).

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a remoção de matéria orgânica e sua relação com compostos lignínicos e aromáticos através do tratamento do efluente de celulose Kraft em Reator Sequencial em Batelada (RSB) com meio suporte esponjoso.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### MONTAGEM E OPERAÇÃO DOS REATORES SEQUENCIAIS EM BATELADA

O efluente de celulose foi cedido gentilmente por uma indústria da região de Curitiba-PR e após a coleta este foi refrigerado a 4,0 °C e conservado na ausência de luz. O sistema RSB foi montado empregando três reatores em paralelo com volume útil de dois litros cada (Figura 1). Em cada um deles foram utilizados compressores de ar Boyu SC-3500 para manter o oxigênio dissolvido (OD) superior a 5,0 mg·L<sup>-1</sup>, concentração determinada semanalmente com oxímetro Instrutherm MO-900. Os três reatores foram inoculados com lodo proveniente de lagoa aerada de indústria de celulose Kraft local, para concentração final de 2,5 g<sub>SSV</sub>·L<sup>-1</sup> e foram adicionados NH<sub>4</sub>Cl (aq) e K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (aq) ao afluente como fontes de nitrogênio e fósforo na razão DQO:N:P=100:5:1. Seu pH foi ajustado para 7,0 ± 0,2 com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aq) e NaOH (aq), ambos 0,01 mol·L<sup>-1</sup>.



**Figura 1: Representação dos Reatores Sequenciais em Batelada (RSB) empregados no estudo, sendo (A) Reator controle, (B) Reator com meio suporte livre e (C) Reator com meio suporte confinado.**

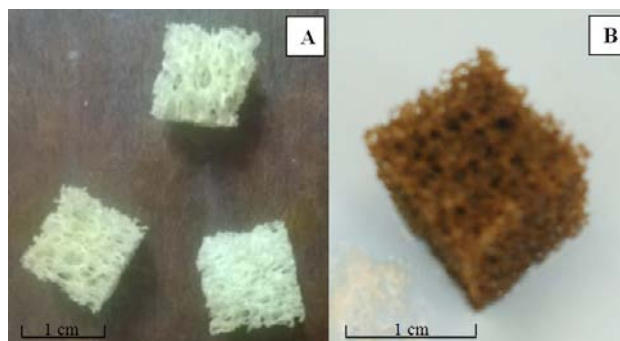
Deste volume, um litro era retirado após a sedimentação dos sólidos. As variações no tempo de detenção hidráulica (TDH) se deram em função da DQO do afluente, buscando manter a COV de 4,0 kg<sub>DQO</sub>·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> na primeira etapa e 9,0 kg<sub>DQO</sub>·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> na segunda etapa do estudo, conforme a Equação 1.

$$COV (kg_{DQO} \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}) = \frac{DQO (kg \cdot m^{-3})}{TDH (d)}$$

Equação 1

O primeiro sistema foi o controle (A) e não possuía o meio de suporte; o segundo e o terceiro operavam com 10% de seu volume contendo meios de suporte *Aquaporousgel* (APG) nas formas livre (B) e confinado em

estruturas plásticas vazadas (C), conforme a Figura 1. O meio de suporte esponjoso utilizado, apresentado na Figura 2, tinha dimensões 1x1x1 cm e foi gentilmente cedido pela indústria japonesa Nisshinbo®.



**Figura 2: Meio suporte a) APG previamente ao seu uso no reator RSB e b) APG após 30 dias de operação no reator RSB.**

## ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a quantificação de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), as amostras de afluente e efluente dos reatores foram analisadas conforme adaptação dos métodos 5220d e 5210b da APHA, 2012. Para a caracterização de compostos lignínicos (UV<sub>280</sub>) e compostos aromáticos (UV<sub>254</sub>) utilizou-se a metodologia descrita por Chamorro et al., 2009.

Cada etapa de estudo teve duração de 30 dias, sendo que os primeiros 15 dias foram de adaptação da biomassa e 15 dias de coleta e análises dos afluentes e efluentes. Foram feitas 4 análises por etapa, permitindo a elaboração de tabelas e gráficos através da obtenção das médias e variações. Os dados possibilitaram a comparação do desempenho das remoções entre os reatores e o acompanhamento da estabilidade de cada sistema de tratamento. Na Tabela 1 é apresentada a caracterização das amostras do afluente utilizado em cada etapa do estudo.

**Tabela 1: Caracterização dos afluentes nas duas etapas prévias ao tratamento.**

Parâmetros	COV 4,0 kg <sub>DQO</sub> ·m <sup>-3</sup> ·d <sup>-1</sup>	COV 9,0 kg <sub>DQO</sub> ·m <sup>-3</sup> ·d <sup>-1</sup>
pH*	9,3 ± 0,2	8,2 ± 0,9
Temperatura (°C)	14,6 ± 1,2	18,9 ± 1,0
DQO (mg/L)	836,3 ± 33,4	972,1 ± 168,2
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	299,0 ± 118,4	239,0 ± 150,9
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,2
UV <sub>280</sub> (1x1cm)**	4,0 ± 0,2	6,6 ± 1,6
UV <sub>254</sub> (1x1cm)**	5,0 ± 0,3	7,9 ± 1,9
TDH (h)	5,0 ± 0,2	2,5 ± 0,5

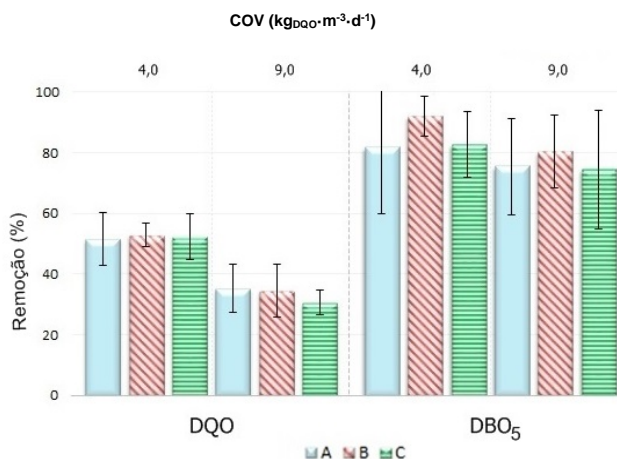
\*pH do afluente antes da neutralização. \*\*Valores de absorbância.

Relações DBO<sub>5</sub>/DQO menores que 0,3 podem comprometer a eficiência de um tratamento biológico, devido a menor parcela de material presente ser biodegradável (ARAÚJO et al., 2011). Na primeira etapa o afluente utilizado era mais biodegradável e susceptível ao tratamento biológico (XAVIER et al., 2011). Já a razão encontrada para o afluente utilizado na etapa de COV 9,0 kg<sub>DQO</sub>·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> indica uma presença maior de compostos recalcitrantes, corroborando com os valores superiores de compostos lignínicos (UV<sub>280</sub>) e compostos aromáticos (UV<sub>254</sub>) determinados nas amostras.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### DESEMPENHOS DOS TRATAMENTOS POR RSB

Na Figura 3 são apresentadas as médias de remoções da matéria orgânica (DQO e DBO<sub>5</sub>) ao longo das duas etapas de estudo. Observa-se que o reator com meio de suporte livre (B) alcançou os melhores resultados frente aos reatores controle (A) e com meio de suporte confinado (C).



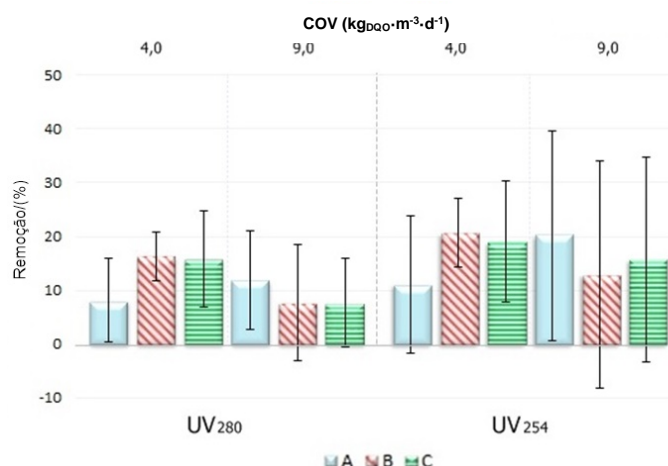
**Figura 3: Médias de remoções de DQO e DBO<sub>5</sub> para as COVs 4,0 e 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> para RSB controle (A), com meio suporte livre (B) e meio suporte confinado (C).**

A remoção de DQO alcançada pelo RSB (B) foi de 53% na carga 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> e 34,5% na carga 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>. No RSB (C) as médias de remoções foram de 52,3% e 30,6% respectivamente. Foi observado comportamento similar na remoção de DBO<sub>5</sub> em que o RSB (B) apresentou média de 92% quando operado com carga 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> e média de remoção de 80,2% na carga 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>, enquanto o RSB (C) apresentou médias de 82,7% e 84,5%. Da primeira para a segunda etapa, o RSB (B) perdeu 18,5% e 11,8% de eficiência na remoção de DQO e DBO<sub>5</sub>, respectivamente, enquanto o RSB (C) teve quedas de 21,8% e 8,2% nas remoções dos mesmos parâmetros.

O RSB (B) apresentou médias de remoções de matéria orgânica superiores ao RSB (A), RSB (C) e outros reatores com meio suporte em condições de tratamento similares, os quais obtiveram médias de remoção de DQO próximas a 30% e DBO<sub>5</sub> próximas a 90% operando com carga de 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> (ASSUNÇÃO; XAVIER; VANZETTO, 2015). Em Xavier et al. (2011), os resultados do tratamento de efluente Kraft em sistemas aerados de lodos ativados escala de bancada alcançaram médias de remoção de 60% de DQO e 99% de DBO<sub>5</sub> na mesma carga em estudo, indicando que os valores obtidos neste trabalho estão dentro dos limites verificados por outros autores.

A queda na remoção de matéria orgânica observada em todos os reatores na carga 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> pode ser atribuída à redução do TDH, o qual passou de 5 h a aproximadamente 2,5 h. A eficácia das remoções de matéria orgânica com o meio suporte livre (B) pode estar associada a sua disposição no meio operacional, uma vez que sua forma livre ocasionou maior área útil e favoreceu a formação de biomassa aderida à superfície disponível. O meio de suporte confinado (C) ficou compactado, o que pode ter dificultado a interação entre o substrato e a biomassa aderida resultando na menor eficiência de tratamento do sistema. O meio suporte esponjoso *Aquaporousgel*®, inicialmente de cor clara, tornou-se marrom logo nos primeiros dias de operação (Figura 2). Esta mudança, observada na coloração do meio suporte, pode também ser um indicador do desenvolvimento do biofilme bacteriano.

Na Figura 4 são apresentadas as médias de remoções de compostos lignínicos (UV<sub>280</sub>) e compostos aromáticos (UV<sub>254</sub>) obtidas no tratamento biológico.



**Figura 3: Médias de remoções de compostos lignínicos (UV<sub>280</sub>) e compostos aromáticos (UV<sub>254</sub>) para as COVs 4,0 e 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> para RSB controle (A), com meio suporte livre (B) e meio suporte confinado (C).**

A média de remoção de compostos lignínicos (UV<sub>280</sub>) no RSB (B) chegou a 16,3% na carga 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>, apresentando queda de 8,7% de eficiência na etapa seguinte, enquanto o RSB (C) removeu 15,8% na primeira e 7,6% na segunda etapa. Trabalhos reportados com Lodos Ativados e MBBR apresentam a remoção de 10,7% e 2,7% respectivamente, concluindo que o meio suporte livre foi mais eficiente na remoção de compostos lignínicos ao longo da primeira etapa (ASSUNÇÃO; XAVIER; VANZETTO, 2015).

Também foi observado comportamento similar ao anterior na remoção de compostos aromáticos (UV<sub>254</sub>). Obteve-se 20,6% de média de remoção com o reator (B) na carga 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> e 13,0% na carga 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>. Para o RSB (C) as médias de remoção de compostos aromáticos foram de 19,1% e 15,8% nas duas etapas. Quando comparado a outras referências que estudaram a carga 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>, a remoção de compostos aromáticos por Lodos Ativados em Assunção, Xavier e Vanzetto (2015) foi de 17,7% e em Peitz e Xavier (2017) a remoção por MBBR APG chegou a 11,1%.

Em geral, quando a COV foi elevada de 4,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> para 9,0 kgDQO·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> observou-se queda na eficácia dos reatores (B) e (C). Para a remoção de compostos aromáticos a perda de rendimento observada foi de 7,6% no RSB com meio suporte livre (B) e 3,3% no RSB com meio suporte confinado (C). Comportamento similar foi observado na remoção de compostos lignínicos, reduzindo 8,7% para RSB livre (B) e 8,2% para o RSB confinado (C).

Na Tabela 2 são apresentadas as razões entre os compostos aromáticos e lignínicos (UV<sub>254</sub>/UV<sub>280</sub>), compostos aromáticos e matéria orgânica (UV<sub>254</sub>/DQO) e recalcitrância (DBO<sub>5</sub>/DQO) presentes no afluente e no efluente dos RSBs.

**Tabela 2: Razões dos compostos recalcitrantes e matéria orgânica dos afluentes e efluentes do RSB.**

Razão	COV (kgDQO·m <sup>-3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	Afluente	Efluentes		
			Controle (A)	Livre (B)	Confinado (C)
UV <sub>254</sub> /UV <sub>280</sub>	4,0	1,21 ± 0,07	1,18 ± 0,03	1,15 ± 0,03	1,20 ± 0,06
	9,0	1,18 ± 0,02	1,18 ± 0,02	1,20 ± 0,03	1,17 ± 0,03
UV <sub>254</sub> /DQO	4,0	0,0061 ± 0,0005	0,010 ± 0,002	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001
	9,0	0,008 ± 0,001	0,0109 ± 0,0009	0,0114 ± 0,0007	0,0105 ± 0,0007
DBO <sub>5</sub> /DQO	4,0	0,4 ± 0,1	0,11 ± 0,08	0,08 ± 0,06	0,12 ± 0,05
	9,0	0,2 ± 0,1	0,10 ± 0,06	0,07 ± 0,06	0,09 ± 0,07

As razões UV<sub>254</sub>/UV<sub>280</sub> tanto no afluente quanto nos efluentes dos RSBs apresentam valores acima de 1,0 indicando que possuem mais compostos aromáticos que lignínicos. Após o tratamento, em ambas as cargas estudadas, observou-se que as razões foram próximas as afluentes, indicando que o tratamento não alterou significativamente as características dos compostos presentes no efluente de celulose Kraft. Os valores obtidos



estão próximos ao de estudos em lagoas aeradas, como os medidos por Çeçen (2003) (1,10-1,13) e Chamorro et al. (2009) (1,26-1,28).

Analizando o aumento da razão  $UV_{254}/DQO$  nos efluentes (Tabela 2) em conjunto com os gráficos de remoção apresentados nas Figuras 3 e 4, conclui-se que o tratamento com RSB adaptado com meio suporte esponjoso remove preferencialmente matéria orgânica, o que é típico do tratamento biológico para este tipo de efluente industrial (GRÖTZNER et al., 2018). Foi observado comportamento similar no trabalho de Çeçen (2003), em que as remoções de compostos aromáticos foram baixas e a razão aumentou após o tratamento. Neste caso é indicado um tratamento terciário para remover compostos específicos do efluente.

## CONCLUSÕES

O modelo de reator empregado no estudo é viável no tratamento de efluente de celulose Kraft e sua eficiência aumenta com o uso de meio suporte, pois favorece a formação de biomassa. A melhor condição para tratamento de efluente real de indústria de celulose por RSB foi obtida utilizando o meio de suporte esponjoso disposto de forma livre a 10% v/v no reator, TDH de 5 h e COV  $4,0 \text{ kg}_{DQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ . O sistema de tratamento biológico foi eficaz na remoção de matéria orgânica ( $DQO$  e  $DBO_5$ ), atingindo valores superiores a sistemas de Lodos Ativados e MBBR estudados por outros autores. Em geral, o meio suporte esponjoso se mostrou uma alternativa viável e eficaz no tratamento de efluente Kraft, podendo ser alvo de maiores estudos para consequente emprego em escala industrial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION in Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater. 23 ed. Washington: American Public Health Association. 2012.
2. ARAUJO, P.; TAVARES, G.; COSSICH, S. *Remoção de DQO e cor de efluente da indústria de celulose e papel*. In: Anais do 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Porto Alegre/RS – Brasil, 2011.
3. ASSUNÇÃO, A.; XAVIER, C.; VANZETTO, S. *Lodos Ativados vs MBBR no Tratamento de Efluente de Indústria de Celulose Kraft*. In: Anais do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Rio de Janeiro/RJ – Brasil, 2015.
4. BELMONTE, M.; XAVIER, C.; DECAP, J.; MARTINEZ, M.; SIERRA-ALVAREZ, R.; VIDAL, G. *Improved aerobic biodegradation of abietic acid in ECF bleached kraft mill effluent due to biomass adaptation*. J. of Hazardous Materials, n. 135: p. 256-263, jul. 2006.
5. ÇEÇEN, F. *The use of UV-VIS measurements in the determination of biological treatability of pulp bleaching effluents*. In: 7th International Water Association Symposium on Forest Industry Wastewaters. (1st - 4th June, 2003, Seattle, USA), p. 135-142, 2003.
6. CHAMORRO, S.; XAVIER, C.; HERNÁNDEZ, V.; BECERRA, J.; VIDAL, G. *Aerobic removal of stigmaterol contained in kraft mill effluents*. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 12, n. 2, 2009.
7. CHAPARRO, T. R.; PIRES, E.C. *Anaerobic treatment of cellulose bleach plant wastewater: chlorinated organics and genotoxicity removal*. *Braz. J. Chem. Eng.* São Paulo, SP, v. 28, n. 4, Out/Dez. 2011.
8. GRÖTZNER, M.; MELCHORS, E.; SCHROEDER, L.; SANTOS, A.; MOSCON, K.; ANDRADE, M.; MARTINELLI, S.; XAVIER, C. *Pulp and Paper Mill Effluent Treated by Combining Coagulation-Flocculation-Sedimentation and Fenton Processes*. *Water Air Soil Pollut*, 2018.
9. MARCONI, R. G.; *Definição do Ciclo Operacional de um Reator Sequencial em Batelada Aeróbio (SRB) para Tratamento de Esgoto Sanitário*. São Carlos. 2001. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2001.
10. ORREGO, R.; GUCHARDI, J.; KRAUSE, R.; HOLDWAY, D. *Estrogenic and anti-estrogenic effects of wood extractives present in pulp and paper mill effluents on rainbow trout*. *Aquatic Toxicology*. v. 99, p. 160–167. Abr. 2010.
11. PEITZ, C.; XAVIER, C.; *Reator de Leito Móvel MBBR-APG no Tratamento de Efluente de Celulose Kraft*. In: 57º Congresso Brasileiro de Química, Gramado/RS, 2017.
12. VANZETTO, S.; XAVIER, C. *Tratamento de efluente de indústria de papel e celulose por reator MBBR*. *Revista Hydro*. 2014.
13. XAVIER, C.; OÑATE, E.; MONDACA, A; CAMPOS, L.; VIDAL, G. *Genotoxic effects of kraft pulp mill effluents treated by biological aerobic systems*. *Interciência*, v. 36, n. 6, p. 412 – 416. Jun. 2011.