



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## INFLUÊNCIAS DO PROCESSO DE POLPAÇÃO EM EFLUENTES DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE E PAPEL

**Emeline Melchiors** – emelinemelchiors@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA)

Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000, CEP 81280-340, Curitiba - PR

**Claudia Regina Xavier** – cxavier.utfpr@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA)

**Resumo:** As indústrias de celulose e papel tem ampla participação na economia de muitos países, incluindo o Brasil. No entanto, enfrentam grandes desafios ambientais, principalmente referindo-se à conservação de recursos hídricos. Essas indústrias tem a característica de consumir elevados volumes de água que, após o processo produtivo, são descartados como águas residuárias de alto potencial poluidor se não tratadas adequadamente. A escolha do tratamento deve ter como base as características do efluente que é gerado pela indústria, cujas são consequência principalmente do processo de polpação empregado na produção da pasta celulósica. O presente trabalho buscou discutir as características de amostras de efluentes gerados em três diferentes indústrias de celulose e papel do Estado do Paraná, duas que empregam o processo kraft, uma delas contando com planta industrial moderna, e outra que utiliza a polpação químio-termomecânica (CTMP). As amostras foram caracterizadas quanto a demanda química de oxigênio, demanda biológica de oxigênio, carbono orgânico, cor, turbidez, compostos fenólicos, toxicidade aguda e outros compostos específicos. Os parâmetros quantificados seguiram valores semelhantes aos encontrados na literatura, mas ficou evidente as variações na qualidade do efluente gerado por uma mesma indústria, a interferência de uma planta industrial moderna e, principalmente, a influência do processo de polpação. Apesar dos efluentes apresentarem boa relação de biodegradabilidade, a toxicidade e a alta concentração de compostos fenólicos totais podem inviabilizar tratamentos biológicos. O efluente CTMP mostrou-se muito mais concentrado se comparado ao kraft, o que também pode dificultar o tratamento.

**Palavras-chave:** efluente de celulose e papel; polpação; kraft; CTMP.

## INFLUENCES OF THE PULPING PROCESS IN THE EFFLUENT FROM PULP AND PAPER INDUSTRIES

**Abstract:** The pulp and paper industries are of great importance in the economies of many countries, including Brazil. However, this sector faces serious environmental challenges, specially with regard to the conservation of water resources. These industries usually consume large volumes of water and discard it as wastewater with high polluting potential if not treated. The choice of the treatment should be based on the effluent characteristics, which are directly influenced by the pulping process employed by the industry. This paper aims to discuss the characteristics of effluent samples generated in three different pulp and paper industries in the State of Paraná, two of these employing kraft process, but one of them has a modern industrial plant, and one that uses chemo-thermomechanical pulping (CTMP).

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br

abes-rs@abes-rs.org.br

(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

*The samples were characterized as chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), organic carbon (TOC), color, turbidity, phenolic compounds, acute toxicity and other specific compounds. The determined parameters were discussed based on other values found in the literature. It was evident the variations in the quality of the effluent generated by the same industry, and the positive interference of a modern industrial plant. It was also possible the influence of the pulping process. The CTMP effluent is much more concentrated when compared to kraft. Although the effluents have a good relation of biodegradability, the toxicity and the high concentration of phenolic compounds can not make biological treatments feasible.*

**Keywords:** pulp and paper effluent; pulping process; kraft; CTMP.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde 2016, o Brasil ocupa a segunda posição no ranking mundial de produção de celulose, ficando atrás apenas dos EUA. Na produção de papel, o país atingiu o oitavo lugar. No mesmo ano, o Estado do Paraná foi responsável por produzir 1 890 mil toneladas de celulose, representando 10,3% da produção nacional, e 2 200 mil toneladas de papel, contribuindo com 21,3% do total produzido no país (SINPACEL, 2018; IBÁ, 2018).

A pasta ou polpa celulósica, posteriormente utilizada para produção de papel, consiste em fibras adquiridas da madeira por processos de polpação mecânicos, térmicos, químicos ou ainda combinações destes.

Processos de polpação mecânica visam liberar as fibras ao moer a madeira. Já processos químicos partem do princípio de que, uma vez que as fibras estão fortemente aderidas à lignina, o caminho para produzir a pasta é dissolvê-la, liberando as fibras (EK *et al.*, 2009).

Em processos termomecânicos (TMP), a madeira em forma de cavacos é aquecida com vapor (cerca de 140° C) para diminuir a rigidez da lignina, facilitando o posterior desfibramento mecânico. Os processos químio-termomecânicos (CTMP) se diferem dos TMP e são considerados semiquímicos por contarem com uma primeira etapa química branda para favorecer o amolecimento da lignina e permitir que a temperatura de vaporização seja reduzida (EK *et al.*, 2009; PIOTTO, 2003).

Um processo químico globalmente utilizado é o kraft. Nele a madeira é tratada em vasos de pressão (digestores) com hidróxido de sódio e sulfeto de sódio para dissolver a lignina e preservar a resistência das fibras (EK *et al.*, 2009; PIOTTO, 2003).

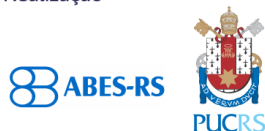
A pasta celulósica naturalmente possui cor marrom e, dependendo do produto final desejado, passa por processo de branqueamento com o uso de diferentes produtos químicos. Para as pastas celulósicas obtidas por processos mecânicos, é utilizado ditionito de sódio e peróxido de hidrogênio. Já para as polpas químicas, os agentes clareadores mais utilizados são o cloro e seus compostos (hipoclorito e dióxido de cloro) (EK *et al.*, 2009; CASTRO, 2009; EK *et al.*, 2009).

Como visto, as indústrias de celulose e papel têm muita importância na economia; no entanto enfrentam grandes desafios, ocupando o sexto lugar em termos de poluidores ambientais, após as indústrias de petróleo, couro, cimento, aço e têxteis (ASHRAFI *et al.*, 2015). Uma das principais questões que esse tipo de indústria precisa abordar é a conservação dos recursos hídricos, principalmente devido aos elevados volumes água consumidos e descartados.

O consumo de água por indústrias de celulose e papel oscilam entre 15 a 100 m<sup>3</sup> T<sup>-1</sup> e essa, após uso, é descartada na forma de efluentes com alto potencial de afetar negativamente o ambiente aquático receptor se não tratado adequadamente (KAMALI & KHODAPARAST, 2015; EK *et al.*, 2009).

As características dos efluentes produzidos variam com base na matéria-prima e no processo de produção empregado. Mas, em geral, apresentam elevada demanda química de oxigênio

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

(DQO), compostos organoclorados e, aproximadamente, 700 outros compostos orgânicos e inorgânicos diferentes (KARRASCH *et al.*, 2006; BUYUKKAMACI & KOKEN, 2010).

Frente a isso, o presente estudo busca identificar, qualificar e discutir as características físico-químicas de efluentes coletados em indústrias de celulose e papel no Estado do Paraná.

Os efluentes estudados são originados por processos de polpação kraft e CTMP. As amostras foram caracterizadas quanto a pH, demanda biológica orgânica (DBO<sub>5</sub>), demanda química orgânica (DQO), carbono orgânico total (COT), cor, turbidez, compostos fenólicos totais (CFT) e compostos específicos como os lignínicos, aromáticos e lignossulfônicos.

## 2. METODOLOGIA

As amostras dos efluentes foram gentilmente cedidas por três diferentes indústrias de celulose e papel do Estado do Paraná e coletadas em períodos de operação normal. Para fins de discussão, cada indústria foi denominada como A1, A2 e A3.

Uma amostra de A1 foi coletada no ano de 2017 e amostras de A2 e A3 foram coletadas duas vezes cada no período entre 2014 e 2018.

O processo de polpação empregado em cada indústria que originou as amostras dos efluentes pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Processo de polpação que origina A1, A2 e A3

<b>Indústria</b>	<b>Processo de polpação</b>
A1	Kraft
A2	Kraft (planta industrial nova)
A3	Químio-termomecânico (CTMP)

Todas as amostras foram coletadas após decantação primária, armazenadas em galões de 30 L e mantidas a 4° C em ausência de luz, de acordo com os métodos 1060 C (APHA, 2012). Foram caracterizadas quanto a pH (pHmetro CienlaB mPA-210) e turbidez (Turbidímetro Policontrol AP2000). A DQO foi determinada seguindo o método 5220 D, DBO<sub>5</sub> método 5210 B, CFT método 5530 D e COT método 5310 B, todos estabelecidos por APHA (2012). Cor e compostos lignínicos foram determinados, respectivamente, por VIS<sub>440</sub> e UV<sub>280</sub> de ÇEÇEN (2003). A toxicidade aguda em *Daphnia magna* foi medida de acordo com a NBR 12713 (ABNT, 2016).

A determinação dos parâmetros foi realizada em triplicata e, exceto a turbidez, foram determinados para as amostras filtradas em membranas de nitrocelulose com porosidade de 0,45 µm.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos determinados na caracterização de A1, A2 e A3 podem ser observados na Tabela 2.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Tabela 2 – Caracterização de A1, A2 e A3

Parâmetro	Efluente		
	A1	A2	A3
pH	8,37	7,68 ± 0,04	6,10 ± 0,4
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	184,32	410,40 ± 173,10	6351 ± 2121
DQO (mg/L)	549,33	1795,99 ± 851,82	9992 ± 2838
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,55	0,23 ± 0,11	0,65 ± 0,20
COT	ND	550,89 ± 139	8203 ± 4207
Cor (VIS <sub>440</sub> )	0,24	0,28 ± 0,04	7,80 ± 1,70
Compostos fenólicos totais (UV <sub>215</sub> )	107,52	203,25 ± 93,30	3002 ± 448
Turbidez (UNT)	54,80	113,35 ± 34,86	1439 ± 494
Compostos lignínicos (UV <sub>280</sub> )	2,1462	4,6500 ± 0,397	58,9 ± 9,1
Compostos aromáticos (UV <sub>254</sub> )	2,3914	9,2288 ± 0,691	ND
Compostos lignossulfônicos (UV <sub>346</sub> )	0,7725	1,2593 ± 0,126	ND
Toxicidade aguda (FT)	1-1	1-1	4-8

ND = não determinado.

As amostras A1 e A2 apresentam-se mais alcalinas devido a remanescentes de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio utilizados na polpação kraft e que são liberados das fibras durante o processo de lavagem das mesmas.

Os valores calculados de desvios padrão apresentados na Tabela 2 indicam que o efluente gerado em uma mesma indústria sofrem significativas variações em sua composição, questão observada principalmente nos parâmetros que quantificam matéria orgânica (DQO, DBO<sub>5</sub> e COT). Essa oscilação nas características do efluente gerado dentro da mesma indústria impacta negativamente na eficiência do tratamento do efluente, como observado por Grötzner (2014) e Stephenson & Duff (1996).

Os valores expressos na Tabela 2 para A1 e A2 dos compostos analisados, ambos originados por kraft, demonstra que indústrias que empregam o mesmo processo produtivo geram efluentes com qualidades diferentes.

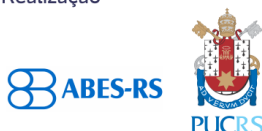
### 3.1. DBO<sub>5</sub>, DQO e COT

De acordo com a literatura, efluentes originados de polpação kraft apresentam DBO<sub>5</sub> variando entre 155,9 a 564,5 mg L<sup>-1</sup> e DQO entre 770,9 a 2367,9 mg L<sup>-1</sup>. Para respectivamente esses mesmos parâmetros, A1 apresenta 184,3 e 549,3 mg L<sup>-1</sup>, estando de acordo com os valores originados em outras indústrias apresentados em trabalhos de diferentes autores (XAVIER *et al.*, 2011; CHAMORRO *et al.*, 2010; VILLAMAR *et al.*, 2009; LAGOS *et al.*, 2009). A2 apresenta valores mais elevados de DBO<sub>5</sub> e DQO (410,4 e 870 mg L<sup>-1</sup>), mas ainda de acordo com a faixa de variação encontrada na literatura para efluente kraft.

A maior concentração de matéria orgânica quantificada em A2, quando comparada com A1, pode ser justificada por A2 contar com uma planta industrial nova para produção de celulose e papel. Frente aos problemas enfrentados pelas indústrias quanto aos recursos hídricos, os projetos das novas fábricas visam minimizar o consumo de água no processo produtivo (FALEIROS, 2009), tendendo a produzir volumes reduzidos de efluentes mas, por consequência, mais concentrados.

O efluente A3 apresenta altos valores de DQO, DBO<sub>5</sub> e COT comparados a efluentes de processo kraft, o que também foi verificado por outros autores. Esse alto teor de matéria orgânica é resultado do menor volume de água consumida na polpação CTMP, possibilitado pelas características químicas e térmicas desse processo e que, por consequência, gera também menor volume de efluente, porém mais concentrados (GRÖTZNER, 2014). A DQO quantificada nas amostras está de acordo com

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

a faixa típica para esse tipo de efluente, entre 6000 a 9000 mg L<sup>-1</sup> (VASHI *et al.*, 2018; GRÖTZNER, 2014; POKHREL & VIRARAGHAVAN, 2004; STEPHENSON & DUFF, 1996).

Os altos valores de matéria orgânica encontrados em efluentes de CTMP podem implicar em dificuldades nos processos de tratamento, pois são indicativos de maiores concentrações de compostos orgânicos inibitórios e recalcitrantes (GRÖTZNER, 2014).

As relações DBO<sub>5</sub>/DQO definidas para A1, A2 e A3 de, respectivamente, 0,55, 0,23 e 0,65 indicam boa biodegradabilidade. Ou seja, esses efluentes podem ser enviados para tratamento biológico (ARAÚJO, 2006). Entretanto, a toxicidade medida no efluente de CTMP (Tabela 2), possivelmente originada por compostos extrativos da madeira, indica a necessidade em tratar esse tipo de efluente através de processos físico-químicos (GRÖTZNER, 2014).

### 3.2. Compostos fenólicos totais

Nos efluentes de celulose e papel, os compostos fenólicos são os maiores poluentes para a flora e a fauna dos ecossistemas aquáticos, mesmo que em baixas concentrações, entre 5 a 25 mg L<sup>-1</sup> (PATEL *et al.*, 2016).

O valor de CFT encontrado no efluente A1, 107 mg L<sup>-1</sup>, está abaixo dos valores encontrados para kraft em outras literaturas, entre 234 e 831 mg L<sup>-1</sup> (XAVIER *et al.*, 2011; CHAMORRO *et al.*, 2010; VILLAMAR *et al.*, 2009; LAGOS *et al.*, 2009). Essa concentração abaixo da descrita por outros autores pode ter relação com os processos de branqueamento empregados na indústria, uma vez que, dependendo do produto final desejado, não são necessários elevados teores de brancura. Para A2, a média de 203 mg L<sup>-1</sup> de CFT condiz com a faixa de valores encontrados na literatura.

A Resolução CONAMA 430/2011 dispõe, em âmbito federal, as condições para o lançamento de efluentes em corpos d'água receptores. De acordo com essa, os fenóis totais não podem ultrapassar o valor de 0,5 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011). Assim, indústrias desse setor têm grandes desafios ao tratar seus efluentes.

De acordo com Whiteley & Lee (2006), tratamentos biológicos apresentam baixa eficiência quando aplicados para remediação de CFT em concentrações acima de 100 mg L<sup>-1</sup>. Vashi *et al.* (2017) apresentam satisfatórios valores de remoção de compostos fenólicos utilizando esses tipos de tratamento, porém destacam que a biodegradação aeróbica diminui à medida que maior concentração de fenóis clorados são encontrados na composição do efluente.

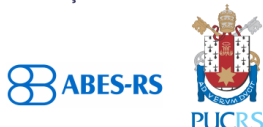
### 3.3 Cor, lignina e outros compostos específicos

A tonalidade castanho escuro das amostras resultou em leituras de cor, respectivamente para A1, A2 e A3, 0,24, 0,28 e 7,8 (Tabela 1). Essa coloração é característica da degradação da lignina durante os processos produtivos (HUBBE *et al.*, 2016). A lignina também é responsável pelos outros compostos específicos quantificados, como os lignossulfônicos e aromáticos. Hubbe *et al.* (2016) indica que a origem desses é devido reações entre a lignina e o cloro, esse último acrescido devido aos processos de branqueamento.

Ainda de acordo com o mesmo autor, esses compostos não são de fácil degradação durante tratamentos convencionais dos efluentes e uma fração considerável desses são descarregados nos corpos d'água receptores.

Assim sendo, o processo de polpação empregado é capaz de dar uma ideia genérica sobre as particularidades do efluente gerado. Porém, as características específicas de cada e as variações de suas concentrações devem ser analisadas, principalmente com o propósito de encaminhá-lo ao tratamento mais adequado.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Características dos efluentes de celulose e papel ficaram bem evidenciados no trabalho. Os teores dos parâmetros analisados em A1, A2 e A3, de uma forma geral, condizem com os encontrados na literatura para caracterização de efluentes originados do mesmo processo de polpação que os estudados, kraft e CTMP. Assim sendo, sabendo-se o tipo de polpação empregado pela indústria, é possível ter uma base sobre as características do efluente gerado.

Porém também ficou expresso que a qualidade do efluente gerado em uma mesma indústria sofre oscilações e, portanto, essas também devem ser conhecidas e levadas em consideração na escolha do tratamento.

A2, se comparada com A1 que também utiliza o mesmo processo de polpação (kraft), produz efluente com teores mais elevados dos compostos analisados, evidenciando a eficiência de uma planta industrial moderna que visa o racionamento no uso de recursos hídricos no processo de produção. Por utilizar menos água, gera menores volumes de efluente e, por consequência, mais concentrado, ou seja, com maiores teores de matéria orgânica e de outros compostos que o constituem.

O mesmo pode ser concluído do efluente A3, originado de CTMP. A maior eficiência desse tipo de processo de polpação permite o uso de menores volumes de água na produção da pasta celulósica, portanto origina efluentes mais concentrados.

Apesar da relação DBO<sub>5</sub>/DQO indicar bom potencial de biodegradabilidade para os efluentes de celulose e papel, não é o único parâmetro que deve ser considerado na decisão do tipo de tratamento adequado.

O efluente de CTMP indicou toxicidade aguda. E, também, os elevados teores de compostos fenólicos totais determinados nos três efluentes estudados tendem a prejudicar tratamentos biológicos. Indicando, portanto, que esses devam ser tratados por métodos físico-químicos antes de suas disposições finais no meio ambiente.

#### REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713**: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia spp* (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro, ABNT: 2016.

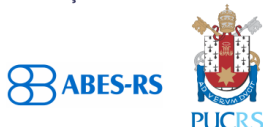
APHA-AWWA-WPCF. American Public Health Association. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**: 23rd Edition, Washington, USA, 2012.

ARAÚJO, P. L. A.; TAVARES, G. R. C.; COSSICH, S. E. Remoção de DQO e cor de efluente da indústria de celulose e papel. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Porto Alegre, 2011.

ASHRAFI, O.; YERUSHALMI, L.; HAGHIGHAT, F. Wastewater treatment in the pulp-and-paper industry: A review of treatment processes and the associated greenhouse gas emission. **Journal of Environmental Management**, v. 158, p. 146-157, 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 de mai. de 2011.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

BUYUKKAMACI, N.; KOKEN, E. Economic evaluation of alternative wastewater treatment plant options for pulp and paper industry. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 6070–6078, 2010.

CASTRO, H. F. de. **Papel e Celulose**. Apostila oferecida a disciplina de Processos Químicos Industriais II da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelecelulose.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

ÇEÇEN, F. The use of UV-VIS measurements in the determination of biological treatability of pulp bleaching effluents. **In**: Conference Proceedings – 7<sup>th</sup> International Water Association Symposium on Forest Industry Wastewaters, Seattle- Washington, USA, 2003.

CHAMORRO, S., POZO, Z., JARPA, M., HERNANDES, V., BECERRA, J., VIDAL, G. Monitoring endocrine activity in kraft mill effluents treated by an Aerobic moving bed bioreactor system. **Water Science e Technology**, v. 62, p. 157-161, 2010.

EK, M.; GELLERSTEDT, G.; HENRIKSSON, G. **Pulp and Paper Chemistry and Technology**, v. 2. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co, 2009.

FALEIROS, M. Apesar da abundância, recursos hídricos exigem boa gestão. **O papel**, n. 5, p. 26-30, 2009.

GRÖTZNER, M. B. **Tratamentos de efluente de processo de polpa quimiotermomecânica CTMP**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, UTFPR – Curitiba - PR, 2014.

HUBBE, M. A.; METTS, J. R.; HERMOSILLA, D.; BLANCO, M. A.; YERUSHALMI, L.; HAGHIGHAT, F.; LINDHOLM-LEHTO, P.; KHODAPARAST, Z.; KAMALI, M.; ELLIOTT, A. Wastewater Treatment and Reclamation: A Review of Pulp and Paper Industry Practice and Opportunities. **Bioresources**, v. 11, 2016.

IBÁ. **Estatísticas da Indústria Brasileira de Árvores**: outubro de 2017. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Cenarios/41\\_Cenarios\\_Outubro\\_2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Cenarios/41_Cenarios_Outubro_2017.pdf)>. Acesso em 23 mar. 2018.

KAMALI, M.; KHODAPARAST, Z. Review on recent developments on pulp and paper mill wastewater treatment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 114, p. 326-342, 2015.

KARRASCH, B.; PARRA, O.; CID, H.; MEHRENS, M.; PACHECO, P.; URRUTIA, R.; VALDOVINOS, C.; ZAROR, C. Effects of pulp and paper mill effluents on the microplankton and microbial self-purification capabilities of the Biobío River, Chile. **Science of The Total Environment**, v. 359, p. 194-208, 2006.

LAGOS, C., URRUTIA, R., DECAP, J., MARTÍNEZ, M., VIDAL, G. *Eichhornia crassipes* used as tertiary color removal treatment for Kraft mill effluent. **Desalination**, v. 246, p. 45–54, 2009.

PATEL, A.; ARORA, N.; PRUTHI, V.; PRUTHI, P. A. Biological treatment of pulp and paper industry effluent by oleaginous yeasts integrated with production of biodiesel as sustainable transportation fuel. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2858-2864, 2016.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

PIOTTO, Z. C. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel** - Estudo de Caso. 2003. 379 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

POKHREL, D.; VIRARAGHAVAN, T. Treatment of pulp e paper mill wastewater – a review. **Science of The Total Environment**, v. 333, n. 1-3, p. 37-58, 2004.

SINPACEL. **Dados do setor**: os setores de papel e celulose em números. Disponível em: <<http://www.sinpacel.org.br/dados-do-setor.php>>. Acesso em 23 mar. 2018.

STEPHENSON, R. J.; DUFF, S. J. B. Coagulation e precipitation of a mechanical pulping efluente - I. Removal of carbon, colour e turbidity. **Water Research**, v. 30, n. 4, p. 781-792, 1996.

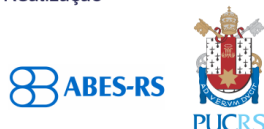
VASHI, H.; IORHEMEN, O. T.; TAY, J. H. Aerobic granulation: A recente development on the biological treatment of pulp and paper wastewater. **Environmental Technology & Innovation**, v. 9, p. 265-274, 2018.

VILLAMAR, C. A., JARPA, M., DECAP, J., VIDAL, G. Aerobic moving bed bioreactor performance: a comparative study of removal efficiencies of kraft mill effluents from *Pinus 102adiate* and *Eucalyptus globulus* as raw material. **Water Science Technology**. v. 59, p. 507-514, 2009.

WHITELEY, C. G., LEE, D. J. Enzyme technology and biological remediation. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 38, p. 291-316, 2006.

XAVIER, C. R.; OÑATE, E.; MONDACA, M. A.; CAMPOS, J. L.; VIDAL, G. Genotoxic effects of kraft pulp mill effluents treated by biological aerobic systems. **Interciencia**, v. 36, p. 412-416, 2011.

Realização



Correalização



Informações:

[qualidadeambiental.org.br](http://qualidadeambiental.org.br)  
[abes-rs@abes-rs.org.br](mailto:abes-rs@abes-rs.org.br)  
(51) 3212.1375