



## Mesocarpo de coco verde como adsorvente na remoção do corante têxtil cosmos black

Míriam Pereira Teixeira<sup>1\*</sup>, Antonio Marcos de Lima Aires<sup>1</sup>, Stefany luane leite silva<sup>1</sup>, Janilson Lima Souza<sup>2</sup>, Carlos Alexandre Holanda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsistas de iniciação científica em química do programa PIBIC/IFMA

<sup>2</sup>Professor de Química (orientador) do Instituto Federal do Maranhão – Campus Açailândia. e-mail: [janilsonlima@ifma.edu.br](mailto:janilsonlima@ifma.edu.br)

<sup>3</sup>Professor de Química da Universidade Federal do Maranhão. e-mail: [netheruema@yahoo.com.br](mailto:netheruema@yahoo.com.br)

**Resumo:** A problemática ambiental no que tange a contaminação dos recursos hídricos por efluentes industriais, especificadamente metais pesados e efluentes têxteis é um dos assuntos de grande debate na sociedade. O setor têxtil é um dos principais responsáveis desta problemática em função do lançamentos de efluentes contendo corantes, neste caso, moléculas de difícil degradação devido a presença de estruturas aromáticas. Além disso, estas moléculas ocasionam elevado consumo de oxigênio elevando a DBO/DQO do meio e ocasionam toxidade aguda e crônica na biota. Portanto, têm-se o interesse de se desenvolver tecnologias viáveis para a remediação/recuperação destes sistemas no intuito de minimizar os impactos ambientais decorridos do lançamento inadequado destes efluentes no meio natural. Neste trabalho o mesocarpo de coco verde foi utilizado como adsorvente para a remoção do corante têxtil cosmos Black em meio aquoso. O adsorvente foi triturado, submetido a diversas lavagens com água destilada, secado e peneirado obtendo uma granulométrica entre 50 – 200 µm. Com relação aos ensaios de adsorção estes foram realizados utilizando a técnica de batelada. As concentrações das soluções do corante foram determinadas por espectrofotometria no UV-visível. Foi realizado o estudo de pH e determinação do  $pH_{zpc}$  onde verificou-se que a adsorção independe do pH do meio sendo que o  $pH_{zpc}$  foi equivalente a 3,6. As cinéticas de adsorção foram realizadas na temperatura ambiente fixando-se a concentração e variando o tempo de contato, sendo que os resultados experimentais se melhor adequaram ao modelo de segunda-ordem evidenciando que o mecanismo cinético é dependente da concentração do adsorvente e do adsorvato. A quantidade removida do corante foi superior à 95 % em relação a uma concentração inicial de 250 mg.L<sup>-1</sup> do corante cosmos black. Conclui-se, portanto, que o mesocarpo de coco verde é uma alternativa viável para a remoção do corante têxtil cosmos Black.

**Palavras-chave:** Adsorção, mesocarpo de coco verde, cosmos black

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais assuntos em debate na sociedade é a preservação do meio ambiente em função do considerável nível de degradação que vem ocorrendo nas últimas décadas. Sabe-se que a grande importância da conservação do meio ambiente consiste no bem estar social, no entanto, processos industrializados, queima de combustíveis fósseis e o próprio resíduo gerado pela sociedade de consumo são basicamente os fatores responsáveis pelo agravamento da degradação do meio ambiente. Na atual sociedade é comum nos depararmos com problemas ambientais tais como efeito estufa, assoreamento dos rios, chuvas ácidas, inundações e outros. Neste contexto, encontra-se a poluição das águas, comumente contaminadas por resíduos urbanos, metais pesados oriundos de processos industriais (AYDIN, 2008) e efluentes provenientes de indústrias têxteis (GUPTA, 2009).

A poluição dos corpos hídricos, em termos gerais, pode ser definida como sendo a presença ou o lançamento de substâncias das mais diversas naturezas à água em quantidades (concentrações) suficientes para ocasionar um desequilíbrio ambiental inferindo na saúde e no bem estar do homem e da natureza. As indústrias têxteis são as maiores responsáveis pela poluição das águas, especificadamente com o lançamento de efluentes têxteis (GUPTA, 2009).

Atualmente, existem mais de 10 mil tipos de corantes, sendo que mais de 700 mil toneladas são produzidas anualmente no mundo em escala industrial. Com relação ao Brasil, estima-se que mais de 20 mil toneladas destes produtos são anualmente consumidas pelas indústrias do setor têxtil



(DALLAGO, 2005). O grande problema consiste no fato de que em média, dependendo do processo utilizado, pelo menos 20 % desses corantes é descartado para o meio ambiente (ZANONI, 2001).

Os corantes geralmente são compostos bastante estáveis e de difícil degradação podendo alterar de maneira significativa a qualidade da água (ZANONI, 2001; LEAL, 2003). A contaminação de rios e lagos por estes compostos, provoca, além da poluição visual devido a presença de cor, sérios danos à fauna e a flora, pois a presença de corantes têxteis em águas restringe a passagem da radiação solar (GARG, 2004), diminuindo a atividade fotossintética natural, reduzindo a oxigenação da água e ocasionando possíveis desequilíbrios ecológicos, além de tornar a água indesejável ao consumo provocando alterações na biota aquática (ZANONI, 2001) e causando toxicidade aguda e crônica (BERTAZZOLI, 2002), o que oferece riscos aos ecossistemas aquáticos e à população. Outro fator negativo consiste na toxicidade gerada pelos corantes nos organismos aquáticos, principalmente em relação aos corantes que contêm enxofre, e metais pesados tais como cobre e cromo.

Diante desta perspectiva, há uma crescente preocupação no sentido de desenvolver alternativas viáveis para a recuperação e manutenção do meio ambiente. Atualmente existem diversos processos que tratam da remoção/degradação dos corantes têxteis em águas residuárias (ARAMI, 2006). Em destaque, temos os processos fotoeletroquímicos (BERTAZZOLI, 2002) e biológicos (LOURENÇO, 2006), tratamento com ferro zero (FREIRE, 2005), peróxido (SALEM, 2000), ferro zero/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (PERALTA-ZAMORA, 2005), reações de fenton e fotofenton (TORRADES, 2007), eletrofloculação (TREMILIOSI-FILHO, 2005), fotocatalise heterogênea combinada com ozônio (MORAES, 2000), tratamento com ozônio e peróxido de hidrogênio combinados com UV (SHU, 2005), coagulação (STEPHENSON, 1996).

Estes processos citados baseiam-se na utilização de agentes com poder oxidante com o intuito de acelerar a cinética de decomposição dos corantes. No entanto, estes processos denotam pontos desfavoráveis, a exemplo cita-se o tratamento com o ozônio que dependendo da composição química do efluente há a formação de intermediários com maior grau de toxicidade. Outros pontos negativos destas técnicas consistem principalmente na relação custo/benefício e ainda na efetividade do tratamento.

A adsorção, um fenômeno físico-químico que consiste na concentração espontânea de determinadas espécies (adsorvatos) na superfície de um material (adsorvente), apresenta-se como um processo promissor na remoção de contaminantes aquáticos. Resumidamente, para se obter um processo de adsorção eficiente, é conveniente que o adsorvente tenha alta seletividade, uma alta capacidade de adsorção e longa vida útil (JUNIOR, 2002).

Existem diversos tipos de adsorventes estudados na literatura, dentre eles, os mais comuns são carvões ativos produzidos a partir de diversos materiais. Estes são usados no tratamento de efluentes têxteis, no entanto, possuem limitações quanto à sua aplicabilidade, principalmente para a adsorção de corantes catiônicos, pois os carvões ativos possuem cargas de natureza positiva em sua superfície. Outro fator que limita a aplicação destes adsorventes em larga escala é o alto custo de produção destes materiais, portanto, há um crescente interesse na produção de adsorventes economicamente viáveis e disponíveis em grande escala.

Uma alternativa consiste no estudo, preparação e aplicação de novos materiais de origem sintética ou natural no sentido de se obter novos adsorventes a partir de materiais alternativos (biomassa) com custo relativamente baixo no que diz respeito à aplicação em larga escala, consistindo, portanto, em uma considerável vantagem em relação aos adsorventes convencionais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O mesocarpo de coco verde foi retirado do próprio fruto adquirido em comércio local (Açailândia), triturado em moinho de facas modelo Puerizete 14, da Fritsch e em seguida peneirado para a devida obtenção da granulometria entre  $0,050 < x < 0,200$  mm. O mesocarpo utilizado foi submetido a constantes lavagens com água desionizada (em excesso) com o intuito de dissolver matéria solúvel em água e maximizar o número de sítios livres na superfície do material adsorvente. Após este processo de lavagem a amostra foi seca em estufa a 50 °C por 24 horas, e em seguida novamente peneirada para obtenção das respectivas granulometrias descritas anteriormente, haja vista



que o processo de lavagem do adsorvente altera consideravelmente o tamanho inicial do grão através do processo de aglomeração de partículas.

O corante têxtil empregado neste estudo foi cedido pela Indústria Toalhas São Carlos, localizada na cidade de São Carlos no Estado de São Paulo. Foram utilizadas soluções aquosas do corante com concentrações fixas para o estudo do pH e estudo cinético na temperatura ambiente, monitorando suas respectivas concentrações por espectrofotometria eletrônica. As concentrações do corante foram determinadas por espectrofotometria no UV-visível, monitorando-se a absorção nos comprimentos de onda mais adequados de acordo com a Lei de Lambert-Beer. Utilizou-se célula de quartzo de caminho óptico igual a 1 cm e um Espectrofotômetro.

Para a determinação do  $pH_{zpc}$  (ponto de carga zero), amostras de 100,0 mg do adsorvente foram colocadas em contato por 24 horas com 10,0 ml da solução de KCl cujo valor inicial de pH variou de 1,0 a 6,0 sob agitação constante e temperatura ambiente. Após 24 horas, as soluções foram filtradas e registradas os valores finais do pH da solução sobrenadante. Para o estudo da influência do pH, realizou-se o monitoramento da variação das absorbâncias no comprimento de onda mais adequado em relação a 10,0 mL de soluções de concentração inicial equivalente a  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ , em amostras de 100,0 mg de mesocarpo de coco verde durante um tempo de contato de 1 hora. Foram realizados ensaios de adsorção variando-se o pH das soluções dos corantes na faixa de 1,0 a 8,0. A partir do pH de maior eficiência de adsorção, foram realizadas as demais análises. Todos os reagentes utilizados foram P.A.

Para determinar as quantidades adsorvidas em relação aos tempos de contato na temperatura ambiente durante a adsorção do corante cosmos Black em mesocarpo de coco verde, amostras de 100,0 mg do adsorvente foram colocadas em contato com 10,0 mL da solução aquosa do corante de concentração inicial equivalente a  $400 \text{ mg.L}^{-1}$ , nos seguintes intervalos de tempo: 1, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos, sob agitação mecânica constante. Logo após, a mistura foi filtrada e feita a determinação da concentração final do corante por espectrofotometria eletrônica na região do UV-visível monitorando a absorbância da amostra no comprimento de onda de máxima absorção tomando como referência a curva analítica previamente estabelecida. As cinéticas obtidas, para a temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura ambiente) foram adequadas aos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e segunda ordem, assim como o modelo intraparticular. Todos os ensaios de cinética de adsorção foram feitos sob pressão e agitação constante e no pH de melhor eficiência de remoção sendo a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ).

Os parâmetros cinéticos referentes aos processos de adsorção do cosmos black em mesocarpo de coco verde foram calculados a partir dos resultados obtidos nas cinéticas de adsorção. As quantidades adsorvidas por grama de adsorvente foram obtidas pela expressão definida pela equação.

$$\Gamma = \frac{C_i - C_{eq}}{M} \times V$$

Onde:

- ✓  $C_i$  e  $C_{eq}$  correspondem às concentrações em  $\text{mg.L}^{-1}$  iniciais e de equilíbrio (finais) do corante, respectivamente;
- ✓  $M$  equivale à massa em g do adsorvente mesocarpo de coco verde;
- ✓  $V$  ao volume em L da solução dos corantes utilizada
- ✓  $\Gamma$  é a quantidade adsorvida por grama de adsorvente,  $\text{mg.g}^{-1}$ .

Em relação à eficiência de remoção, esta será dada por:

$$E(\%) = (\Gamma_{ads} / \Gamma_{M\acute{a}x}) \times 100\%$$

Onde:

- ✓  $\Gamma_{ads}$  e  $\Gamma_{M\acute{a}x}$  correspondem respectivamente à quantidade adsorvida no equilíbrio e quantidade máxima possível adsorvida por grama de adsorvente,  $\text{mg.g}^{-1}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Graficamente, podemos determinar o  $pH_{zpc}$  através da variação de pH de soluções (cujo pH inicial é conhecido) em equilíbrio de protonação com o adsorvente. Considerando o equilíbrio entre as cargas presentes no meio, temos que para as soluções cujas variações de pH ( $\Delta pH = pH_{inicial} - pH_{final}$ ) após o tempo de equilíbrio foram negativas, admite-se que houve adsorção de íons  $H^+$ , já que  $pH_{inicial} < pH_{final}$ . Analogamente, para a situação em que houve variação positiva de pH, isto é  $pH_{inicial} > pH_{final}$ , admite-se que houve adsorção de íons  $OH^-$ . Para ambos os casos, adsorção de  $H^+$  e adsorção de  $OH^-$ , existem cargas superficiais em excesso no adsorvente de natureza positiva e negativa, respectivamente. No entanto, nota-se que existe um valor de pH no qual há um equilíbrio de cargas de tal modo que  $\Delta pH = 0$ , ou seja, neste pH não há carga superficial em excesso. Temos que este ponto é denominado “Ponto Zero de Carga” (do inglês Zero Point Charge) [28].

O resultado obtido a partir da análise das alterações nos pH's de 6 soluções se encontram ilustrados na figura 1.

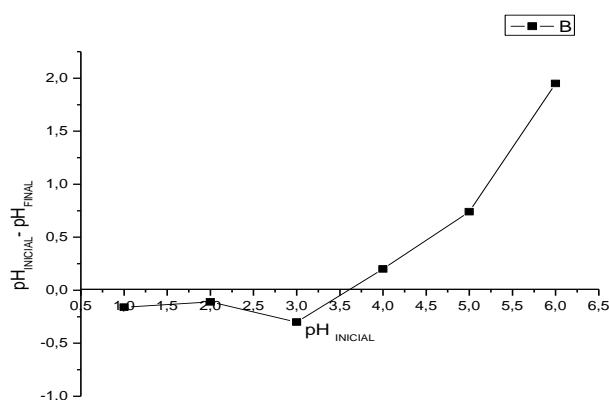


Figura 1 – Gráfico do  $pH_{zpc}$  do mesocarpo de coco verde; em KCl 0,1 mol.L<sup>-1</sup>; tempo de contato 24 horas,  $t = 25 \pm 0,1$  °C, velocidade de agitação constante

De acordo com os resultados obtidos, o  $pH_{zpc}$  pode ser estimado em 3,6. Abaixo deste valor de pH a superfície do coco estará carregada positivamente e acima do  $pH_{zpc}$  definido haverá excesso de carga superficial negativa no adsorvente. A análise de  $pH_{zpc}$  se torna interessante pois tal análise nos dá um indicativo de qual região deverá haver uma maior eficiência na remoção de soubermos a natureza (catiônica ou aniônica) do adsorvente.

Os comportamentos das quantidades adsorvidas em função do pH estão ilustrados na figura 2. Nota-se claramente, que não há influência deste parâmetro (pH) nos processos de adsorção para o corante em estudo, pois em toda a faixa de pH (entre 1,0 e 8,0) o rendimento no que diz respeito à quantidade adsorvida foi praticamente constante sugerindo que o equilíbrio entre as espécies presentes, neste caso o adsorvente mesocarpo de coco verde e o adsorvato turquesa remazol, é independente da carga. Este fato evidencia uma interação de natureza química com formação de ligação muito forte entre o adsorvente e o adsorvato.

A figura 2 ilustra: (a) o monitoramento das absorvâncias nos processos de adsorções e (b) cinética de adsorção (quantidades adsorvidas em função do tempo) para este mesmo sistema, respectivamente, para o corante cosmos black. Com relação ao perfil da curva cinética obtida verifica-se que o tempo de equilíbrio para adsorção é de apenas 5 minutos. Quanto menor o tempo de equilíbrio em um dado processo de adsorção e quanto mais eficiente for o processo de adsorção por um dado adsorvente torna este como sendo um adsorvente desejável no processo industrial.



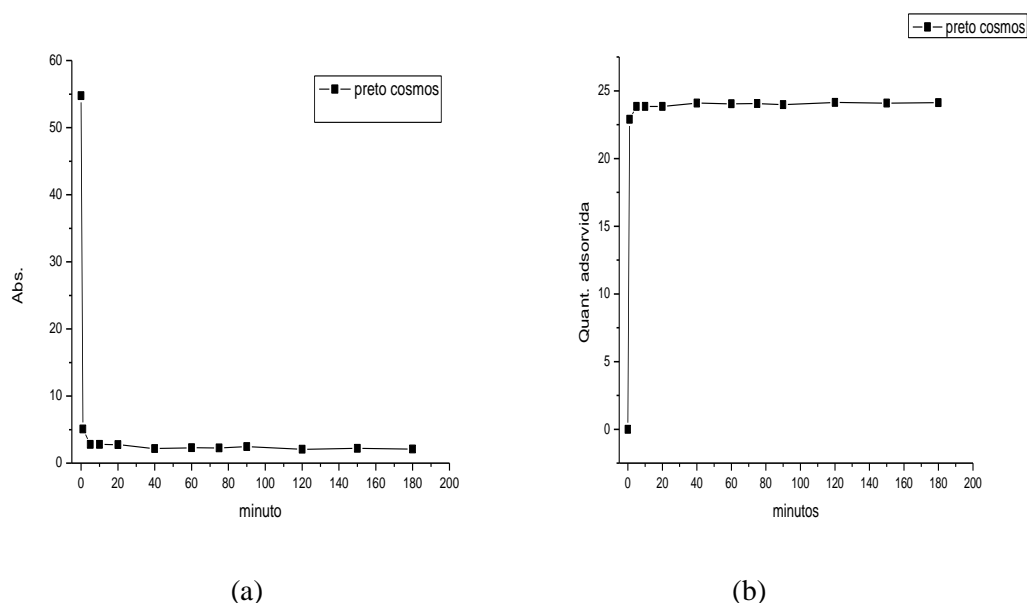


Figura 2 - Gráfico de (a) absorbância em função do tempo de contato e (b) Curva cinética de adsorção do corante cosmos black frente ao adsorvente mesocarpo de coco verde. Concentração inicial do corante = 250 mg.L<sup>-1</sup>, velocidade de agitação constante, pH = 6,0 (KCl;  $\mu = 0,1$  mol.L<sup>-1</sup>),  $t = 25$  °C

A tabela 1 ilustra os resultados obtidos para as quantidades adsorvidas ( $\Gamma_e$ ), constantes de velocidade aparente ( $k$ ) e coeficientes de regressão linear ( $R^2$ ), respectivamente, para as cinéticas de pseudo-primeira ordem e segunda ordem. Os melhores ajustes dos processos de adsorções foram em relação ao modelo de segunda ordem podem ser visualizados a partir de comparações entre os valores das quantidades máximas adsorvidas teóricas e experimentais ilustrados na tabela 1. Avaliando os valores dos coeficientes de regressões lineares, nota-se que o melhor ajuste foi para o modelo de segunda ordem ( $R_2 > R_1$ ). Este fato sugere que a cinética de reação é dependente da concentração do adsorvato (neste caso, o corante cosmos black) e também do número de sítios ativos presente no adsorvente mesocarpo de coco verde. Nota-se também que o elevado valor para a constante cinética de velocidade em relação ao modelo de segunda ordem explica e justifica o tempo de equilíbrio de apenas 5 minutos para o processo de adsorção.

Tabela 3 - Parâmetros cinéticos calculados a partir dos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e segunda ordem na adsorção do corante Black em mesocarpo de coco verde

Modelo cinético	Parâmetros cinéticos				
	T (°C)	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )	$\Gamma_{Teórica}$ (mg.g <sup>-1</sup> )	$\Gamma_{Experimental}$ (mg.g <sup>-1</sup> )	$R^2$
Pseudo-primeira ordem	25	0,258	1,022	24,147	0,433
Segunda ordem	25	8,859	165,016	24,147	0,999



## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi investigada a potencialidade do mesocarpo de coco verde atuando como adsorvente para a adsorção do corante têxtil cosmos Black. Os resultados obtidos nos experimentos de adsorção do corante cosmos black em relação à matriz mesocarpo de coco verde demonstraram que a eficiência de remoção em função do pH é independente do pH do meio, sendo que a eficiência de remoção foi praticamente a mesma em todas as faixas de pH, sendo superior a 95 % de remoção.

Com relação aos dados cinéticos, verificou-se que o processo de adsorção do corante sugere que o mecanismo de adsorção é dependente da concentração das duas espécies envolvidas no processo de adsorção, neste caso o corante turquesa remazol e o mesocarpo de coco verde.

Assim sendo, o mesocarpo de coco verde surge como uma alternativa econômica frente aos adsorventes comerciais que geralmente possuem alto custo associado à produção, principalmente carvões ativados. Outra vantagem que merece destaque é o fato deste adsorvente ser um material renovável e abundantemente disponível. Assim sendo, a aplicação deste resíduo na remoção de corantes têxteis é de grande interesse ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa PIBIC/IFMA pelas bolsas concedidas.

Ao IFMA/Campus Açailândia pela oportunidade de efetivação desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAMI, Moktar; LIMAE, Nargess Yousefi; MAHMOODI, Niyaz Mohammad; TABRIZI, Nooshin Salman. Equilibrium and kinetics studies for the adsorption of direct and acid dyes from aqueous solution by soy meal hull. **Journal of Hazardous Materials**, B 135, 171-179, 2006.

AYDIN, H.; BULUT, Y.; YERLIKAYA, Ç. Removal of copper (II) from aqueous solution by adsorption onto low-cost adsorbents. **Journal of Environmental Management**, 87, 37-45, 2008.

BERTAZZOLI, Rodnei; PELEGRINI, Ronaldo; Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico. **Química Nova**, 25, 3, 477-482, 2002.

DALLAGO, Rogério. Marcos; SMANIOTTO, Alessandra; OLIVEIRA, Luis Carlos Alves de. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**, 28, 3, 433 - 437, 2005.

FREIRE, Renato S.; PEREIRA, Wellington S. Ferro zero: Uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Química Nova** 28, 1, 130-136, 2005.

GARG, V. K.; KUMAR, Rakesh; GUPTA, Renuka. Removal of malachite green dye from aqueous solution by adsorption using agro-industry waste: a case study of *Prosopis Cinerária*. **Dyes and Pigments** 62, 1-10, 2004.

GUPTA, V.K.;SUHAS. Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. **Journal of Environmental Management**, 90, 2313-2342, 2009.

JÚNIOR, Eden Cavalcanti de Albuquerque. **Carvão ativado do mesocarpo do coco verde – produção, otimização e aplicação na adsorção do corante remazol black B**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.



LEAL, Carla Cristiane Andrade. **Avaliação da remoção do corante Remazol Black B em efluentes têxteis utilizando como adsorvente o mesocarpo do coco verde.** 2003. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal do Pernambuco, Pernambuco.

LOURENÇO, Nídia D.; NOVAIS, Júlio M. Kinetic studies of reactive azo dye decolorization in anaerobic/aerobic sequencing batch reactors. **Biotechnol. Lett.**, 28, 733-739, 2006.

MORAES, Sandra Gomes de; FREIRE, Renato Sanches; DURÁN, Nelson. Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation processes. **Chemosphere**, 40, 369-373, 2000.

PERALTA-ZAMORA, Patrício; SOUZA, Cláudio Roberto Lima de. Degradação de corantes reativos pelo sistema ferro metálico/peróxido de hidrogênio. **Química Nova**, 28, 2, 226-228, 2005.

SALEM, I. A.; EL-MAAZAWI, M. S. Kinetics and mechanism of color removal of methylene blue with hydrogen peroxide catalysed by some supported alumina surfaces. **Chemosphere**, 41, 1173 – 1180, 2000.

SHU, Hung-Yee; CHANG, Ming-Chin. Decolorization effects of six azo dyes by O<sub>3</sub>, UV/O<sub>3</sub> and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes. **Dyes and Pigments**, 65, 25-31, 2005.

STEPHENSON, Robert J.; DUFF, Sheldon J. B. Coagulation and precipitation of a mechanical pulping effluent. Removal of carbon, colour and turbidity. **Water Res.** 30, 4, 781–792, 1996.

TORRADES, Francese; NÚÑEZ, Iluis; GARCIA-HORTAL, José Antonio. Study of kinetic parameters related to the decolourization and mineralization of reactive dyes from textile dyeing using fenton and photo-fenton processes. **Dyes and Pigments**, 75, 647-652, 2007.

TREMILIOSI-FILHO, Germano; PASCHOAL, Fabiana Maria Monteiro. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo Blue a partir de efluentes industriais. **Química Nova**, 28, 5, 766-772, 2005.

ZANONI, Maria Valnice Boldrin; CARNEIRO, Patrícia Alves. O descarte dos corantes têxteis. **Ciência Hoje**, 29, 174, 61-64, 2001.