

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## DEGRADAÇÃO DO CORANTE REMAZOL VERMELHO RB POR H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

DEGRADATION OF DYE RED REMAZOL RB BY UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

\*Jefferson Pereira Ribeiro<sup>1</sup>  
Juliene Tomé de Oliveira<sup>1</sup>  
André Gadelha de Oliveira<sup>1</sup>  
Eliezer Fares Abdala Neto<sup>1</sup>  
André Bezerra dos Santos<sup>1</sup>  
Ronaldo Ferreira do Nascimento<sup>1</sup>

Recibido el 14 de septiembre de 2013; Aceptado el 1 de diciembre de 2013

### Abstract

Many industrial activities, including the textile industry, use a large volume of water in the process and produce a huge amount of wastewater. Chemical oxidation, including the Advanced Oxidation Processes (AOP), is one of the alternative technologies for the treatment of dye containing effluents. AOP is based on the generation of highly oxidizing hydroxyl radicals (OH) which can decompose quickly and non-selectively the compounds, leading to their partial or complete mineralization. The paper aimed to study UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> AOP for the degradation of the dye Remazol Red RB 133%, and the evaluation of experimental conditions such as hydrogen peroxide concentration, pH and potency of UV lamp on the process kinetics. It was observed that at 240 minutes irradiation time, all color was removed by using a dosage of 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and the COD removal was 78.4%. The pH 3, 6 and 8 did not influence the color removal, however at pH 10 a difference was found. COD removals at pH 3, 6 and 8 were higher which suggest a dye mineralization increase with the pH. However, COD removal at pH 10 did not show the same trend. The potency of UV lamp plays a role in the process in which 210 W was the best potency for color and COD removal. Therefore, AOP UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seems to be an interesting option for the treatment of textile effluents.

**Key Words:** textile industry, AOP, mineralization, dye Remazol Red RB 133%, COD.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Brasil

\*Autor correspondiente: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Bloco 713, Avenida Humberto Monte S/N, Campus do Pici, Fortaleza-CE. CEP 60451-970, Brasil. Email: [jeffersonufc7@gmail.com](mailto:jeffersonufc7@gmail.com)

## Resumo

Muitas atividades industriais, incluindo a indústria têxtil, utiliza um grande volume de água no processo e produz uma grande quantidade de águas residuais. Oxidação química, incluindo os processos de oxidação avançada (POA), é uma das tecnologias alternativas para o tratamento de efluentes contendo corantes. POA baseia-se na geração de radicais hidroxilas ( $\cdot\text{OH}$ ) altamente oxidantes que pode decompor os compostos rapidamente e não seletivamente, levando a sua mineralização parcial ou completa. O artigo objetiva estudar o POA  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$  para a degradação do corante Remazol Vermelho RB 133%, e a avaliação das condições experimentais, tais como a concentração de peróxido de hidrogênio, pH e potência da lâmpada de UV sobre a cinética do processo. Observou-se que em 240 minutos de tempo de irradiação, toda a cor foi removida usando uma dosagem de 1% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e a remoção de DQO foi de 78.4 %. Os pH 3, 6 e 8 não influenciaram a remoção de cor, no entanto em pH 10 foi encontrada diferença. Remoções de DQO em pH 3, 6 e 8 foram maiores, que sugerem um aumento da mineralização do corante com o pH. No entanto, a remoção de DQO em pH 10 não mostrou a mesma tendência. A potência da lâmpada de UV desempenha um papel importante no processo, em que 210 W foi a melhor potência para a remoção de cor e DQO. Portanto, o POA  $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$  parece ser uma opção interessante para tratamento de efluentes têxteis.

**Palavras Chave:** indústria têxtil, POA, mineralização, corante Remazol Vermelho RB 133%, DQO.

## Introdução

A contaminação de águas naturais tem sido apontada como um dos maiores problemas da sociedade moderna. Dentro deste contexto, o setor têxtil apresenta especial destaque, pois associado ao baixo aproveitamento dos insumos (corantes, detergentes, engomantes e amaciantes) gera grandes volumes de efluentes têxteis, devido ao uso excessivo de água. (Souza e Zamora, 2005).

O lançamento destes efluentes no ecossistema aquático pode diminuir a transparência da água e a penetração da radiação solar e, conseqüentemente, a atividade fotossintética e a solubilidade dos gases, provocando danos irreversíveis a fauna e flora (Herrmann *et al.*, 2001). Existem hoje vários processos para o tratamento de diferentes tipos de poluentes da indústria têxtil. Dentre estes processos comumente utilizados destacam-se os tratamentos físico-químico e o biológico, os quais como outros processos tecnológicos de tratamento de efluentes apresentam vantagens e desvantagens. As desvantagens desses processos é que demandam bastante tempo e apenas transferem de fase os corantes, gerando outro passivo ambiental (Iodo), podendo ainda originar traços de dioxinas e furanos como subprodutos de oxidação incompleta (Schrank, 2000; Nogueira e Jardim, 1998). Devido a estas limitações o desenvolvimento de tecnologias mais efetivas e limpas vem sendo incentivadas para o tratamento de efluentes oriundos de indústrias têxteis.

Um método alternativo bastante eficaz e versátil utilizado no tratamento de efluentes têxteis são os Processos Oxidativos Avançados (POAs) (Araújo *et al.*, 2006). Os POAs são

tecnologias extremamente eficientes para a destruição de compostos orgânicos de difícil degradação e são baseados na geração de radicais hidroxila como agente oxidante que podem decompor compostos de maneira rápida e não seletiva conduzindo a mineralização parcial ou completa dos contaminantes. Os principais métodos utilizados são tratamentos combinados, tais como: Fe/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/UV, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/Mn<sup>+2</sup>, O<sub>3</sub>/ultrassom, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV (Almeida *et al.*, 2004; Araújo *et al.*, 2006). Neste trabalho estudou-se o emprego do tratamento combinado H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV na remoção de cor de efluente sintético contendo o corante Remazol Vermelho RB.

## Materiais e métodos

### Reagentes

O corante Remazol Vermelho RB 133% foi fornecido pela empresa *DyStar* e foi usado para os ensaios de degradação, peróxido de hidrogênio (30% m/m) (SYNTH), hidróxido de sódio (NaOH) (VETEC), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (SYNTH). Todas as soluções foram preparadas com água deionizada (Sistema milli-Q).

O corante Remazol Vermelho RB 133%, pertencente ao grupo dos corantes reativos, possui como grupo cromóforo uma ligação azo (-N=N-) e como reativo o sulfatoetilsulfonila (linha Remazol).

### Reator de fluxo contínuo com 710 ml de volume útil

O estudo de degradação do corante foi realizado em uma câmara de irradiação (95 cm de comprimento e 2.8 cm de diâmetro interno) constituída por um tubo de quartzo, com fonte de irradiação ultravioleta (UV) obtida por uma lâmpada de baixa pressão de vapor de mercúrio de 30 *watts* (PHILLIPS) (Figura 1).

Os experimentos foram realizados com um volume total de 2 litros de solução contendo o corante em estudo. Todos os experimentos foram realizados em uma vazão de 25 mL/min e o TDH foi de 28.4 minutos. Nesse reator foram realizados os estudos de dosagem do peróxido de hidrogênio e ajuste de pH. Todos os experimentos foram feitos em duplicata.

### **Efeito da Dosagem do Peróxido de Hidrogênio**

Este estudo verificou o efeito da dosagem do peróxido de hidrogênio na degradação do corante usando três concentrações diferentes: 0.5; 1.0 e 2.0% (v/v). A concentração do corante utilizada foi de 1g/L. O tempo de degradação foi de 250 minutos e pH inicial de 10. As análises de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual, pH, condutividade, cor verdadeira e DQO foram analisadas a cada 60 minutos de experimento. Para os demais estudos foram realizadas as mesmas análises.

### Efeito do Ajuste do pH

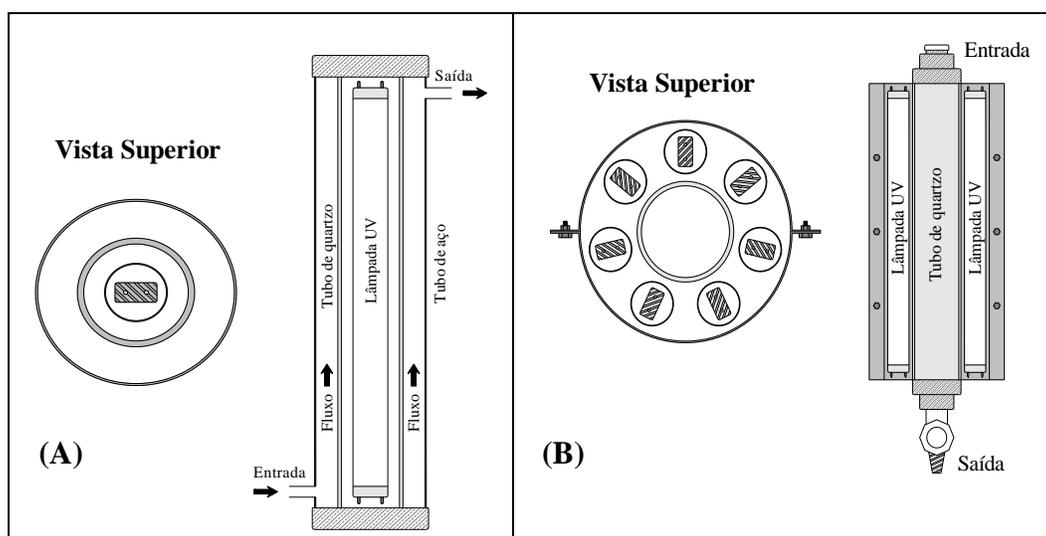
Esse estudo visa verificar a real influência de cada valor de pH na degradação do corante. Diante disso foram realizados experimentos com quatro valores de pH: 3, 6, 8 e 10 com adição de NaOH para a correção de pH em intervalos de 30 minutos. A concentração do corante utilizada foi de 1g/L. Para esse estudo foi usado um tempo de degradação de 250 minutos.

### Reator de Fluxo Contínuo com 520 mL de Volume Útil

Esse reator possui uma câmara de irradiação de 1.20 m de comprimento e 2.8 cm de diâmetro interno constituída de um tubo de quartzo, com fonte de irradiação ultravioleta (UV) obtida por 7 lâmpadas germicida de baixa pressão de vapor de mercúrio de 30 watts (Phillips)(Figura 1). Todos os experimentos foram realizados com um volume total de 10 litros da solução contendo o corante. Nesse reator foi realizado o estudo de intensidade de radiação UV. Os experimentos foram realizados em duplicata.

### Efeito da Intensidade de Radiação UV

Esse estudo foi realizado para verificar a influência da intensidade de radiação UV na degradação do corante com 60 W, 120 W e 210 W. A concentração do corante utilizada foi de 1g/L. Para essa etapa foi utilizada um volume correspondente a uma concentração de 1% com radiação UV e correção do pH para valores próximos de 8 a cada 30 minutos de experimento. O tempo de degradação foi de 480 minutos.



**Figura 1.** Esquema geral dos reatores fotoquímicos usados nos processos de oxidação avançada UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Reator com 710 mL de volume útil (A) e Reator com 520 mL de volume útil (B)

### Análises Físico-Químicas

A caracterização do corante foi realizada através das análises de cor verdadeira, peróxido residual, pH, condutividade elétrica e DQO. O pH foi determinado através de um medidor de pH digital microprocessado TECNAL (modelo TEC-5). A concentração do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) foi determinada pelo método de titulação volumétrica permanganimetria. A condutividade foi medida por um condutivímetro THERMO SCIENTIFIC (modelo Orion 5 Star). As análises de cor verdadeira, condutividade e DQO foram realizadas no LABOSAN.

A cor era analisada e determinada em um espectrofotômetro (*Thermo - Nicolet Evolution 100*). Para o corante sintético, era realizada uma varredura a cada 60 minutos de experimento. As amostras eram previamente diluídas (1:5) em água *Milli-Q* e, então, eram centrifugadas por 2 minutos a 13000rpm (*Eppendorf - Mini Spin*). A eficiência de descoloração foi estimada a partir das absorvâncias medidas segundo a Equação 1:

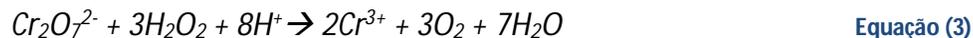
$$\text{Eficiência (\%)} = (1 - A_f / A_o) \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Com base nos dados referentes à cor, aplicou-se o modelo de pseudo-primeira ordem utilizando a equação do modelo não-linear (Equação 2):

$$(A_f / A_o) = e^{-k \cdot t} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde  $k$  é uma constante ( $\text{min}^{-1}$ ),  $t$  é o tempo de tratamento (minutos) e  $A_o$  e  $A_f$  são as absorvâncias iniciais e finais de DQO ( $\text{mg/L}$ ).

A DQO foi determinada fotometricamente (*Thermo - Nicolet Evolution 100*), pelo método de refluxo fechado de acordo com *Standard Methods* (APHA, 2005). A concentração residual de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) interfere na medida de DQO ao consumir  $K_2Cr_2O_7$  (Equação 3) (Talinli e Anderson, 1992).



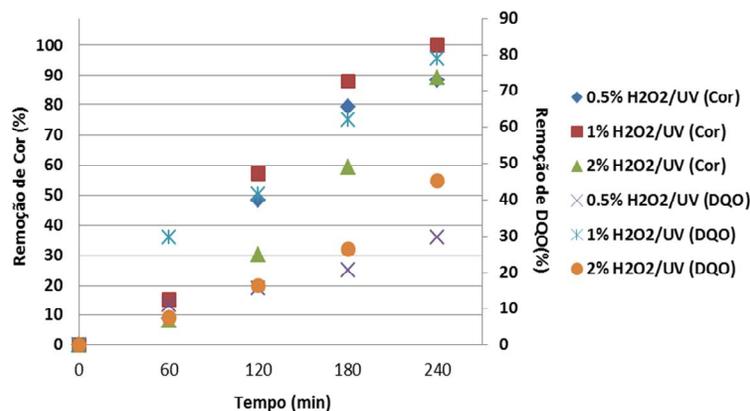
Esta interferência foi corrigida conhecendo-se a DQO de uma solução de peróxido de hidrogênio. Foram realizadas medidas de DQO em soluções de peróxido de hidrogênio de concentração 1g/L e, conhecendo-se então a concentração de peróxido de hidrogênio residual, as correções eram realizadas. Lin e Lo (1997) encontraram em seu trabalho que 1 g/L de peróxido de hidrogênio corresponde a 270 mg/L de DQO.

## Resultados e Discussões

### Reator de Fluxo Contínuo com 710 mL de Volume Útil

#### Efeito da Dosagem do Peróxido de Hidrogênio

O efeito da dosagem do oxidante ( $H_2O_2$ ) foi realizado no sistema  $H_2O_2/UV$ . Podemos observar que pelas eficiências de remoção de cor do tratamento  $H_2O_2/UV$  (Figura 2), o aumento na concentração do peróxido de hidrogênio de 0.5% para 1% proporcionou um incremento na descoloração do corante. Entretanto, quando se usa uma concentração de 2% de peróxido de hidrogênio há uma diminuição na eficiência do processo frente à concentração de 1%. Os resultados referentes às taxas de descoloração comprovaram que o tratamento 1%  $H_2O_2/UV$  proporcionou uma taxa de descoloração superior aos outros sistemas mencionados ( $k = 0.0079 \text{ min}^{-1}$ ). Resultados similares foram observados por Chang *et al.* (2010) e Ghodbane *et al.* (2010).



**Figura 2.** Eficiência de Remoção de Cor (A) e de DQO (B) Referente ao Efeito da Dosagem do Peróxido de Hidrogênio. Condições Experimentais: 25°C e pH inicial 10

Na Tabela 1 são mostrados os resultados da variação dos parâmetros físico-químicos para cada dosagem estudada. Os resultados de condutividade mostram em geral um aumento nos valores para todos os tratamentos realizados, que se deve provavelmente tanto pela adição de peróxido de hidrogênio no início do experimento quanto pela formação de íons em solução no decorrer do tratamento resultante do processo de degradação do corante. As análises de pH mostram uma diminuição nos valores para todos os tratamentos realizados, devido provavelmente a formação de substâncias ácidas oriundas do processo de degradação provocado pelos radicais hidroxila (Elmorsi *et al.*, 2010; Neyens e Baeyens, 2003). Os resultados de peróxido residual mostram uma diminuição gradual nos valores em todos os tratamentos, provavelmente devido à formação de radicais hidroxila no processo resultante da clivagem do peróxido de hidrogênio.

**Tabela 1.** Parâmetros Físico-Químicos monitorados no Estudo da Dosagem de Peróxido de Hidrogênio. Condições Experimentais: 25°C e pH inicial 10

Tratamento	Tempo (min)	pH	Condutividade (μS/cm)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> residual (%)
0.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	0-240	10.00-3.46	811.00-1385.50	0.50-0.30
1 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	0-240	10.00-6.59	811.00-1620.50	1.00-0.31
2 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	0-240	10.00-7.82	811.00-2011.00	2.00-1.04

Os valores percentuais de remoção de DQO mostram uma variação de 29.78% a 78.81% (Figura 2), onde o tratamento 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV foi o mais eficiente, apresentando uma redução de 78.81% de DQO, isso devido provavelmente a uma maior formação de radicais hidroxila no processo. Entretanto, com o acréscimo na concentração de 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para 2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> houve uma perda na eficiência do tratamento. Diante deste resultado adotou-se o tratamento 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV para os demais estudos.

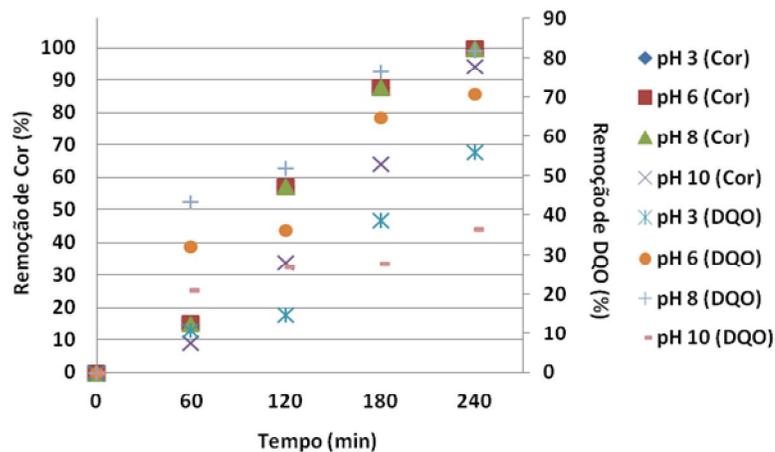
É bem conhecido que a utilização de lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio e baixas concentrações de peróxido torna a absorção de UV insignificante e a geração de radicais hidroxila é prejudicada (Kowalska *et al.*, 2004). A literatura reporta que o aumento da dosagem do peróxido de hidrogênio aumenta a produção de radicais hidroxilas (OH·), todavia, o peróxido de hidrogênio em excesso no meio reacional pode interferir negativamente no processo, pois o mesmo sequestra os radicais hidroxila (Equação 4) formando água e radical hidroperóxil (HO<sub>2</sub>·), desencadeando outras reações que prejudicam o processo de degradação (equações 4-8) (Ju *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.* 2010).



### Efeito do ajuste do pH

O estudo do efeito do ajuste de pH foi realizado com o intuito de avaliar a real influência de cada pH na degradação do corante em estudo, haja vista que o processo de degradação produz substâncias ácidas que diminuem o pH da solução.

Os resultados das eficiências de remoção de cor da Figura 3 mostram que não houve diferença para os pH 3, 6 e 8. Entretanto, os resultados do processo de descoloração no pH 10 mostram que a espécie química  $\text{HO}_2^-$  provavelmente influenciou no processo, pois nesse pH possivelmente houve a formação desse ânion numa concentração elevada o que contribuiu para uma redução na eficiência do processo, já que o mesmo tem um coeficiente de absorvidade molar maior que o peróxido de hidrogênio diminuindo a formação dos radicais  $\cdot\text{OH}$ . Os resultados referentes às taxas de descoloração se correlacionam com as eficiências de remoção de cor, pois realmente para o pH 10 obteve-se um menor valor de K ( $0.0053 \text{ min}^{-1}$ ) comparados com os demais pHs estudados que apresentaram um valor de  $0.0079 \text{ min}^{-1}$ . Chang *et al.* (2010) observaram este mesmo efeito em seus estudos.



**Figura 3.** Percentual de remoção de Cor (A) e DQO (B) referente ao estudo com ajuste de pH. Condições experimentais:  $1\% \text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$  e temperatura de  $25^\circ\text{C}$

Os resultados de peróxido residual mostram que o aumento no pH provocou uma diminuição na concentração de peróxido de hidrogênio, devido ao processo de produção de radicais hidroxila e da maior decomposição do mesmo em pH elevados (Tabela 2). Os resultados de condutividade mostram que houve um aumento nos valores entre os pH estudados, o qual está relacionado provavelmente com o processo de degradação do corante que aumentou a concentração de íons em solução e da adição de NaOH que foi usado para o ajuste do pH.

**Tabela 2.** Parâmetros Físico-Químicos monitorados no Estudo com Ajuste de pH. Condições Experimentais: 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV e temperatura de 25°C

pH	Tempo (min)	Condutividade (µS/cm)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> residual (%)
3.0	0-240	1067.00-1474.10	1.00-0.43
6.0	0-240	718.00-1532.30	1.00-0.37
8.0	0-240	761.20-1478.50	1.00-0.29
10.0	0-240	811.00-2435.30	1.00-0.24

Os resultados de DQO indicam que houve um aumento na eficiência do processo de degradação do corante com o ajuste do pH. Entretanto para o estudo com pH 10 foi observado que houve uma diminuição na eficiência do processo de degradação, devido provavelmente a presença do ânion perhidroxila (HO<sub>2</sub><sup>-</sup>). O processo de degradação foi mais efetivo em pH 8, onde o tratamento apresentou um percentual de redução de 81.9%, evidenciando que o ajuste do pH é uma alternativa para melhorar a eficiência do processo (Figura 3).

### Reator de Fluxo Contínuo com 520 mL de Volume Útil

#### **Efeito da Potência de Radiação UV**

O estudo do efeito da potência de radiação UV foi realizado com intuito de avaliar a influência da mesma na degradação do corante. As otimizações realizadas nos experimentos anteriores foram utilizadas nesse estudo como: concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e correção para pH em torno de 8.

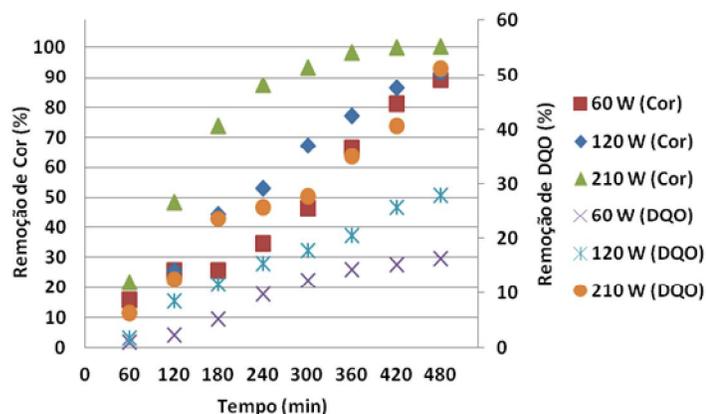
Os resultados apresentados na Figura 4 indicam que o aumento na potência de radiação UV melhora a eficiência do processo de descoloração. Essa eficiência pode está relacionada provavelmente com uma maior formação de radicais hidroxila que agem na quebra das ligações dos grupos cromóforos presentes nos corantes. Os dados referentes às taxas de descoloração evidenciam que a potência de 210 W foi mais eficiente, pois a mesma apresentou um valor de K (0.0070 min<sup>-1</sup>) maior que as demais potências estudadas que obtiveram 0.0019 min<sup>-1</sup> e 0.0036 min<sup>-1</sup> para 60 W e 120 W de potência, respectivamente.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos são apresentados na Tabela 3. Os resultados de condutividade mostram um aumento gradual para os tratamentos com diferentes intensidades de radiação UV. Esse aumento se dá provavelmente devido a degradação do corante que liberou íons para a solução, proporcionando o aumento da condutividade. Os resultados revelam que o aumento na intensidade de radiação UV diminui o percentual de peróxido residual final no tratamento. Essa diminuição ocorre provavelmente devido a maior quantidade de fótons que é emitido pelas lâmpadas o que proporciona uma decomposição mais acelerada do peróxido de hidrogênio que rapidamente gera os radicais hidroxila.

**Tabela 3.** Parâmetros Físico-Químicos monitorados no Estudo de Potência de Radiação UV. Condições Experimentais: correção para pH em torno de 8 e fluxo de 2L/min

Intensidade de radiação (W)	Tempo (min)	pH final	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> residual (%)
60	0-480	10.00-8.60	690.00-1641.20	0.00-0.54
120	0-480	10.00-9.02	690.00-1783.20	0.00-0.48
210	0-480	10.00-8.19	690.00-1992.10	0.00-0.16

Os resultados apresentados na Figura 4 revelam que o aumento na potência de radiação UV do reator, proporcionou um aumento na eficiência de remoção de DQO. O tratamento utilizando uma potência de 210 W apresentou uma eficiência de 51.08%. Chang et al. (2010) e Shu et al. (2006) observaram em seus experimentos que o aumento na intensidade de radiação UV acarreta num aumento na eficiência do processo de remoção de DQO.



**Figura 4.** Eficiência de Remoção de Cor (A) e DQO (B) Referente ao Estudo do Efeito da Potência de Radiação UV. Condições Experimentais: correção para pH em torno de 8 e fluxo de 2L/min

### Conclusões

Conclui-se que no estudo de dosagem do peróxido de hidrogênio, o tratamento 1% $\text{H}_2\text{O}_2$ /UV propiciou uma maior degradação do corante, entretanto um aumento da concentração para 2% $\text{H}_2\text{O}_2$ /UV acarretou uma diminuição na eficiência do tratamento. A descoloração do corante apresentou um comportamento semelhante para os valores de pH 3, 6 e 8, em contrapartida para o pH 10 houve uma diminuição na eficiência de descoloração. Para o parâmetro de DQO houve uma maior degradação do corante em pH 8. No estudo de potência de radiação UV observou-se que 210 W proporciona uma maior descoloração e degradação do corante em estudo comparado as outras potências estudadas. Portanto, o sistema POA  $\text{H}_2\text{O}_2$ /UV parece ser uma opção interessante para efluentes têxteis e os parâmetros mais importantes para a cor e remoções de DQO são tempo de irradiação e concentração de peróxido de hidrogênio.

### Referências Bibliográficas

- Almeida, E., Assalin, M.R., Rosa, M. A. (2004) Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio, *Química Nova*, **27**(5), 818-824.
- Araújo, F. V. F., Yokoyama, L. (2006) Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV, *Química Nova*, **29**(1), 11-14.
- APHA. AWWA, WPCF. (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and wastewater*. 21th edition, Washington, USA.
- Chang M-W., Chung C-C., Chern J-M., Chen T-S. (2010) Dye decomposition kinetics by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Initial rate analysis by effective kinetic modeling methodology, *Chemical Engineering Science*, **65**(1), 135-140.
- Elmorsi T.M., Riyad Y.M., Mohamed Z.H., Bary H.M.H.A.E. (2010) Decolorization of Mordant red 73 azo dye in water using UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and photo-Fenton treatment, *Journal Hazardous Materials*, **174** (1–3), 352-358.
- Ghodbane H., Hamdaoui O. (2010) Decolorization of antraquinonic dye, C.I. Acid Blue 25, in aqueous solution by direct UV irradiation, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and UV/Fe (II) processes, *Chemical Engineering Journal*, **160**(1), 226-231.
- Herrmann J.M., Vautier M., Guillard C. (2001) Photocatalytic degradation of dyes in water: case study of indigo and of indigo carmine, *Journal of Catalysis*, **201**(1), 46-59.
- Ju, Y., Yang, S., Ding, Y., Sun, C., Gu, C.; He, Z.; Qin, C.; He, H.; Xu, B. (2009) Microwave-enhanced H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-based process for treating aqueous malachite green solutions: intermediates and degradation mechanism, *Journal of Hazardous Materials*, **171**, 123-132.
- Kowalska E., Janczarek M., Hupka J., Gryniewicz M. (2004) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV enhanced degradation of pesticides in wastewater, *Water Science and Technology*, **49**(4), 261-266.
- Lin, S.H., Lo, C.C. (1997) Fenton process for treatment desizing wastewater, *Water Research*, **31**(8), 2050-2056.
- Nogueira, R.F.P., Jardim, W.F. (1998) A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental, *Química Nova*, **21**, 69-72.
- Neyens, E., Baeyens, J. (2003) A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique, *Journal of Hazardous Materials*, **B98**, 33-50.
- Ribeiro, J.P., Araújo, D.S., Sousa, F.W., Filho, N.S.M., Correia, L.M., Nascimento, R.F. (2010) Uso do processo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV- Adsorção no tratamento de efluente têxtil, *Revista DAE*, **183**, 4-8.
- Souza C.R.L., Zamora P.P. (2005) Degradação de corantes reativos pelo sistema ferro metálico/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *Química Nova*, **28**(2), 226-228.
- Shu H-Y., Hsieh W-P., (2006) Treatment of dye manufacturing plant effluent using an annular UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reactor with multi-UV lamp, *Separation and Purification Technology*, **51**(3), 379–386.
- Schrank, S. G. Tratamento anaeróbico de águas residuárias da indústria têxtil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFSC, Florianópolis, 2000.
- Talinli I., Anderson G.K. (1992) Interference of hydrogen peroxide on the standard COD test, *Water Research*, **26**(1), 107-110.