

## II-448 - DESCONTAMINAÇÃO DE EFLUENTE TÊXTIL ATRAVÉS DO PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO FOTO-FENTON

**Joelmir Chaves Diniz<sup>(1)</sup>**

Estudante de Graduação do Curso de Licenciatura Plena Em Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

**Maria Suely Costa da Câmara<sup>(2)</sup>**

Bacharela em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e atualmente Professora Adjunta da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

**Maurício Alves da Motta Sobrinho<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco e atualmente Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco.

**Jorge Vinícius Fernandes Lima Cavalcanti<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco e atualmente Professor Assistente da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Fazenda Saco, S/N, Serra Talhada, Pernambuco.

### RESUMO

A partir da década de 1990, as regiões que compreendem o Agreste e o Sertão do Estado de Pernambuco passaram a se destacar pela produção têxtil, tornando-se matrizes produtoras para boa parte do Nordeste do Brasil. Por consequência desta atividade econômica, houve a inserção de diversas pequenas indústrias. Tais unidades, após o tingimento da malharia produzida, lançam sem qualquer tratamento seus rejeitos. Ou seja, corantes dos mais diversos tipos nos corpos hídricos receptores. Este trabalho de pesquisa busca com auxílio dos Processos Oxidativos Avançados (POA) uma forma moderna e eficaz para degradação da matéria orgânica presente em tais efluentes. Para esta pesquisa, foram preparadas soluções sintéticas do corante Nylosan Blue<sup>®</sup>, em concentrações iguais a 25 e 50 mg L<sup>-1</sup>. Para degradação do mesmo, utilizou-se uma solução contendo peróxido de hidrogênio 30% (w/w) e íons ferrosos como catalisador. O que caracteriza a deterioração do corante como sendo realizada através do POA H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>+2</sup>, conhecido como processo Fenton. Foi montado um reator em batelada, agitado, com volume igual a 3L. Foi inserido o corante, nas concentrações citadas, 2 ou 4 mL da solução de peróxido de hidrogênio, e 15 mg L<sup>-1</sup> ou 40 mg L<sup>-1</sup> de Fe<sup>+2</sup>, encerrando assim num planejamento experimental do tipo 2<sup>3</sup>. Como resposta ao planejamento, inicialmente, quantificou-se a redução da concentração do corante Nylosan Blue<sup>®</sup>, através da análise da redução da cor, por espectrofotometria UV-VIS, utilizando a lei de Lambert-Beer para associar transmitância à concentração. Os resultados indicaram uma transmitância superior a 98%, correspondendo a uma concentração final do corante igual a 0,50 mg L<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Oxidação Avançada, Fenton, Corante.

### INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido ao crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial. A contaminação de águas naturais tem sido um dos grandes problemas da sociedade moderna (KUNZ & ZAMORA, 2002).

Os maiores consumidores de água são a agricultura e as indústrias. A interação entre as atividades industriais e o meio ambiente tem sido tema de maior relevância política e social na atualidade. Considerando que a água será provavelmente a matéria prima de maior escassez no novo milênio. Os processos têxteis são grandes consumidores de água e de corantes sintéticos, geradores de efluentes volumosos e de complexa composição com elevada carga orgânica (QUADROS, 2005).

Estima-se que pelo menos 30% dos corantes usados nos processamentos têxteis, se perdem nos resíduos durante as etapas secundárias do beneficiamento. Assim um dos grandes problemas ambientais enfrentados pelo setor têxtil está relacionado à eliminação dos mesmos (LEAL, 2003). Quando esses efluentes não são tratados

adequadamente, eles podem permanecer no meio ambiente por décadas, colocando em risco a estabilidade dos ecossistemas aquáticos, bem como a saúde pública.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece padrões para lançamento de efluentes e classifica os corpos hídricos em todo território nacional em águas doces, salobras e salinas. Conforme esta resolução, o efluente descartado não pode alterar a classificação do corpo receptor, e de acordo com a classificação e o nível que este se encontra, a coloração no efluente deve ser desde virtualmente ausente até o máximo de 75 mg Pt-Co/L. A Portaria nº 518 de 25/03/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006) estabelece um valor de cor aparente para a potabilidade da água de 15 mg Pt-Co/L. Torna-se assim necessário a submissão do efluente colorido a tratamentos para que sejam atendidos os padrões estabelecidos na legislação (MELO, C., 2007).

Em Pernambuco, um dos grandes problemas enfrentados por órgão ambiental é a poluição hídrica provocada pelo lançamento de efluentes das indústrias têxteis, em especial àquelas localizadas na Região do Agreste, no Pólo de Confecções localizado nos municípios de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. O problema ambiental agrava-se à medida que esses efluentes são descartados em corpos hídricos da Região, responsável pelo abastecimento de água dos municípios citados, o que vem acarretando problemas de qualidade de água para o abastecimento, elevando de certa forma o custo da empresa de saneamento responsável pelo abastecimento (SILVA, G., 2005).

O descarte de efluentes sem tratamento nas águas superficiais pode modificar a sua coloração natural e provocar a formação de espumas na superfície do corpo hídrico. A espuma reduz a proporção de transferência de oxigênio através da superfície do rio e limita a capacidade de autodepuração da corrente, como é o caso da espuma estável que se forma ao contato de tensoativos não iônicos na relação de 1 a 0,4 mg/L. A fração de descarga dos efluentes, facilmente biodegradável, ocasiona diminuição do oxigênio dissolvido na água, extinguindo a vida aquática diretamente ou até os peixes mais susceptíveis aos efeitos tóxicos de outras substâncias. Os compostos tóxicos e metais pesados, mesmo em pequenas concentrações, podem acumular-se nos tecidos dos animais aquáticos da cadeia alimentar, aumentando o nível tóxico da água nos rios. Apesar de seus efeitos serem observados em longo prazo, não deixam de ser perigosos, sendo na maioria das vezes mais difíceis e onerosos de tratar. A Figura 1 mostra o descarte de um efluente altamente concentrando com corante (SILVA, G., 2005).



**Figura 1:** Exemplo de descarte inadequado de efluente da indústria têxtil

Outro sério problema dos efluentes da Indústria Têxtil, além dos corantes, é a presença de metais pesados. Alguns são altamente tóxicos e não são compatíveis com a maioria dos tratamentos biológicos de efluentes existentes. Dessa forma, efluentes contendo esses metais não devem ser descartados na rede pública, para tratamento em conjunto com o esgoto doméstico.

Processos físico-químicos são geralmente usados para o tratamento de águas residuais. Esses processos incluem eletro-floculação, floculação, eletro-coagulação, eletrocinética de coagulação, troca iônica, filtração por membrana, precipitação, irradiação, destruição eletroquímica e ozonização. Porém estes processos são onerosos e muitas indústrias não conseguem tratar a vasta gama de efluentes de corantes existentes (KHALED *et al.*, 2009).

Como uma nova alternativa, vem se estudando Processos Oxidativos Avançados (POA). Esses processos vêm se destacando como uma tecnologia para tratamento de contaminantes orgânicos. A grande vantagem desse processo é o fato de ser um tipo de tratamento destrutivo, onde o contaminante é degradado através de reações químicas de oxi-redução (Tiburtius *et al*, 2004).

O tipo de oxidação que nos propomos a estudar mais especificamente é a oxidação provocada pelo peróxido de hidrogênio. Ela consiste na injeção de um reativo (no caso do nosso trabalho será o reagente Fenton) que provoca uma degradação nos poluentes orgânicos gerando como produtos finais CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (mais eventualmente outros produtos, como gases de enxofre e nitrogênio e subprodutos, como moléculas orgânicas ainda não completamente degradadas).

#### ***Oxidação por peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)***

O radical hidroxila, principal agente oxidante dos POA, pode ser gerado com eficiência a partir de sistemas que envolvam radiação ultravioleta e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / UV). O sucesso desse processo tem sido geralmente atribuído a estequiometria de formação de radicais hidroxilas, pois a combinação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / UV é uma das maneiras mais fáceis de produzir esses radicais.

A absorção do fóton UV pelo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dissociado em radicais hidroxilas cujo mesmo reage rapidamente e não seletivamente com a maioria dos compostos orgânicos pela abstração do próton ou pela adição C = C da ligação insaturada. O processo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / UV envolve a fotólise de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. O mecanismo que é aceito para esta fotólise é a ruptura da ligação O-O pela luz ultravioleta formando dois radicais hidroxilas, como demonstra a Equação 1 (Hernandez *et al*, 2002; Beltrán *et al*, 1997). Outras reações também podem ocorrer, como as Equações 2, 3, 4.



Alguns problemas influenciam a eficiência desse processo tais como (Rodrigues *et al*, 2003):

- Comprimento de onda abaixo de 200nm. O processo requer comprimento de onda de 200-400nm para tornar o processo eficiente (Tachiev, 1998);
- Efluentes turvos contendo fortes absorvedores UV tais como compostos orgânicos aromáticos requer alta incidência de luz, que aumenta o custo do processo;
- Esse sistema não é aplicado em tratamento *in-situ*;
- Requer pH ácido.

O método de irradiação não é limitado para lâmpada UV e pode se usar luz solar. Alguns de produtos químicos podem ser oxidados por este processo, tais como: hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, alcanos, alcenos, éteres, cetonas dentre outros.

Os radicais hidroxilas gerados na presença de compostos orgânicos podem reagir em três diferentes maneiras, como mostram as Equações 5, 6 e 7 (Legrini *et al*, 1993):

abstração do hidrogênio



adição eletrofílica



transferência de elétrons



A elevada eficiência de degradação dos sistemas fotoquímicos assistidos por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tem sido bastante documentada. Dentre os resultados importantes encontram-se a completa e rápida degradação de 1,4-dioxano

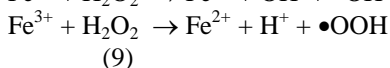
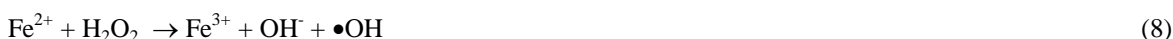
(Stefan *et al*, 1999), pentaclorofenol (Te-Fu *et al*, 1998), 2-clorobifenil (Wang *et al*, 1999) e fenol (Martyanov, 1997) em meio aquoso.

### Reagente Foto-Fenton ( $H_2O_2/UV/Fe^{+2}$ )

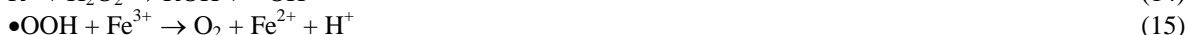
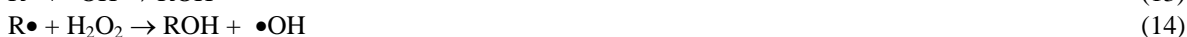
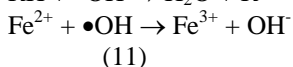
O Reagente de Fenton é composto de uma solução de peróxido de hidrogênio e um sal de Ferro ( $Fe^{2+}$  ou  $Fe^{3+}$ ) em meio ácido, produzindo radicais hidroxila com grande poder oxidante na degradação de contaminantes tóxicos (Ghiselli *et al*, 2002).

Reações de Fenton tem sido largamente utilizada na destruição de contaminantes orgânicos incluindo compostos aromáticos policlorinados (Sedlack *et al*, 1991), uma variedade grande de herbicidas (Pignatello, 1992; Arnold *et al*, 1995; Bier *et al*, 1999), e também pesticidas (Higarashi *et al*, 1999; Ghiselli *et al*, 2002) em solução aquosa ou disperso no solo.

Em 1894 H.J.H. Fenton relatou que íons ferrosos, na presença de peróxido de hidrogênio, promoviam a oxidação do ácido málico. Quarenta anos mais tarde o mecanismo da decomposição do peróxido catalisada pelo ferro foi postulado por Haber-Weiss, 1934. Esse mecanismo está descrito nas Equações 8 e 9, respectivamente.



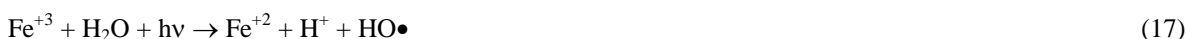
Além destas, uma série de outras reações de competição podem ocorrer, como descrevem as Equações 10 - 16 (Walling, 1975).



A taxa de remoção inicial do poluente orgânico pelo reagente  $Fe^{3+}/H_2O_2$  é muito mais lenta que para o reagente  $Fe^{2+}/H_2O_2$ , talvez pela baixa reatividade do íon  $Fe^{3+}$  como o peróxido.

O radical hidroxila é gerado por uma cadeia de mecanismos, e reage de maneira rápida e não seletiva com a maioria dos compostos orgânicos pela abstração de hidrogênio ou adição a ligação insaturada  $C = C$ . No ataque às ligações  $C - H$  por radicais hidroxila, a ordem de seletividade é carbono terciário > carbono secundário > carbono primário, porém a reatividade pode aumentar com grupos doadores de elétrons ( $-OH$ ,  $-OR$ , amidas), e pode diminuir com a presença de grupos eletronegativos (ácido acético, acetona, halo álcoois). O carbânion gerado pelo ataque do radical hidroxila reage com o  $O_2$  para formar organo-peróxidos ( $ROO\bullet$ ) que pode se decompor, formando  $HO_2\bullet$ , ou um produto oxigenado (Fares *et al*, 2003).

O processo que utiliza os Reagentes de Fenton combinados com radiação UV de fonte artificial como as lâmpadas brancas, ou fonte natural como a luz solar, é chamado de reação Foto-Fenton. Esse processo é capaz de aumentar a eficiência na degradação dos compostos orgânicos devido à contínua regeneração do ferro (II) via foto-redução do ferro (III), conforme demonstra a Equação 17. Os comprimentos de onda mais importantes nas reações Foto-Fenton ficam entre 300 e 400 nm, sendo que as emissões solares começam em 300 nm (Krutzler *et al.*, 1999; Nogueira e Guimarães, 2000; Chen *et al.*, 2001).



Para o sucesso das reações de Fenton devem ser estudados os seguintes parâmetros: concentração de peróxido de hidrogênio, íons ferrosos e férricos, e o pH do sistema. A concentração de peróxido e de íons de ferro vai variar em função do tipo e concentração do contaminante.

Sabe-se que o pH do meio influencia na geração de radicais hidroxila, portanto, também influencia na eficiência da oxidação. Para valores de pH acima de quatro a degradação diminui, porque o ferro precipita na forma de hidróxido. Excesso de peróxido pode provocar auto decomposição, formando água e oxigênio e a recombinação dos radicais hidroxila, por isso o peróxido deve ser adicionado a mistura numa concentração ótima a fim de alcançar as maiores taxas de degradação. Lu *et al.* (2000) observaram que o ótimo das reações ferro-catalíticas ocorre em pH 3. Segundo Utset *et al.* (2000) a formação de radicais hidroxila no  $\text{pH} > 3$  tem sido questionada, apontando a existência de complexos  $\text{Fe(II)}\text{-H}_2\text{O}_2$  como responsáveis pelo ataque de moléculas orgânicas. Em soluções ácidas, a adição a uma ligação dupla ou a extração de um hidrogênio é assumida como o primeiro passo do ataque do radical hidroxila às espécies orgânicas. Ghaly *et al.* (2001) avaliaram o efeito do pH na degradação do p-clorofenol. No pH 3 houve 100% de degradação utilizando  $\text{Fe(III)}$  e 98% utilizando  $\text{Fe(II)}$ , no pH 5 a taxa de degradação caiu para 74% com  $\text{Fe(II)}$  e 68% com  $\text{Fe(III)}$ . As condições de pH alto limitam o uso dos Reagentes de Fenton na remediação de solos.

A maior vantagem do processo de Fenton sobre os outros sistemas de produção de radicais hidroxila é a sua simplicidade, os reagentes são de fácil aquisição, baixo custo, e os produtos de reação não agredem o meio ambiente. Um ponto comum nos estudos de degradação de compostos tóxicos que deve se ter cuidado no método de Fenton é a mineralização incompleta do composto orgânico envolvido.

Este trabalho de pesquisa propõe o uso dos Processos Oxidativos Avançados para degradação de um corante têxtil em um efluente sintético, utilizando como oxidante o reagente Fenton.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se um sistema agitado, contendo uma bomba e um tanque com capacidade para 3L de efluente, conforme pode ser visto na Figura 2.



**Figura 2:** montagem experimental para degradação do efluente têxtil

Os efluentes sintéticos foram preparados com concentrações iniciais do corante iguais a  $25\text{ mg L}^{-1}$  e  $50\text{ mg L}^{-1}$  (-1, +1). O peróxido de hidrogênio utilizado foi o comercial 30% (w/w) com volumes por batelada iguais a 2mL e 4mL (-1, +1). As concentrações de íons ferrosos em solução foram iguais a  $15\text{ mg L}^{-1}$  e  $40\text{ mg L}^{-1}$  (-1, +1). O pH do sistema foi previamente ajustado a uma faixa entre 2,5 e 3,0, ideal para o processo Fenton.

Houve um estudo com 3 variáveis em 2 níveis de quantificação, resultando num planejamento experimental do tipo  $2^3$ , com 18 experimentos (8 experimentos associados, mais 8 experimentos da repetição, mais o ponto médio em duplicata).

Para cada experimento, foram retiradas alíquotas em intervalos iguais a 30, 60, 90 e 120 minutos. Como resposta ao planejamento foi quantificada a concentração final do corante.

Para esta etapa da pesquisa, utilizou-se o método espectrométrico UV/VIS, segundo a Lei de Lambert-Beer, para mensuração da concentração dos corantes Nylosan Blue®, estudado nesta pesquisa e Drimaren Red®, que será estudado posteriormente. Inicialmente foi realizado uma curva de calibração do equipamento com concentrações dos efluentes têxteis entre  $1\text{ mg L}^{-1}$  e  $10\text{ mg L}^{-1}$  como será visto na Figura 02.



Para medir a concentração de soluções coradas, utilizou-se um espectrofotômetro UV-VIS fazendo-se uma correlação entre a absorbância mensurada e a concentração da solução corada. Esta relação é dada pela Lei de Lambert-Beer, representada pela Equação 18.

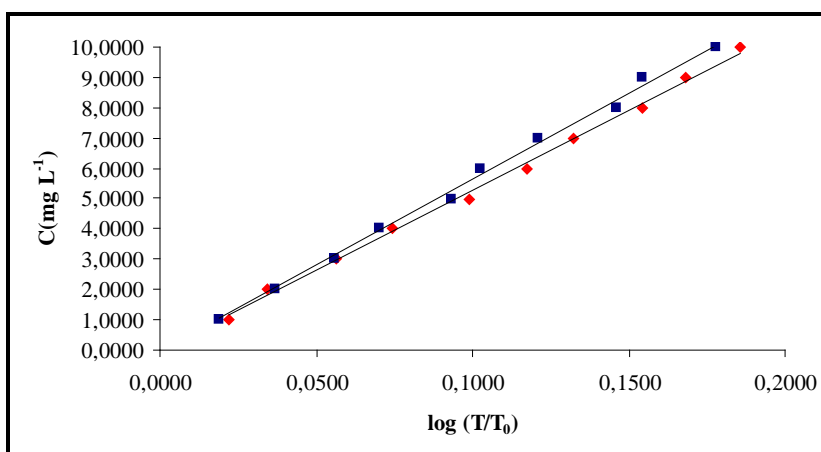
$$A = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \alpha Lc \quad (18)$$

Sendo  $A$ , a absorbância,  $I_0$ , a intensidade da luz incidente,  $I$ , a intensidade da luz ao atravessar o meio,  $\alpha$ , absorbtividade molar da substância,  $L$ , comprimento da câmara,  $c$ , a concentração da substância.

A relação da lei entre concentração e absorção de luz é a base do uso da espectroscopia para determinar a concentração de substâncias em química analítica.

### PRIMEIRA ETAPA: CALIBRAÇÃO DO ESPECTROFOTÔMETRO

A calibração do equipamento foi realizada do acordo com a Lei de Lambert-Beer. Os resultados estão mostrados na Figura 3.



**Figura 3:** calibração do espectrofotômetro. *Nylosan Blue*  $C = -56,518 \log (T/T_0)$  e  $R^2 = 0,9960$ ; *Drimaren*

$$Red C = -52,571 \log (T/T_0) \text{ e } R^2 = 0,9973$$

### RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

De acordo com o gráfico apresentado, a correlação entre o logaritmo da transmitância e a concentração dos corantes descreveu uma linearidade satisfatória, como pode ser visto pela proximidade do coeficiente de regressão linear à unidade, para os dois corantes. Portanto, nesta faixa de concentração, o método empregado é aceitável.

O comprimento de onda máximo para identificação espectrométrica do Nylosan Blue® é igual a 625 nm, enquanto que para o Drimaren Red é igual a 545 nm.

### SEGUNDA ETAPA: REDUÇÃO DA COR DO EFLUENTE SINTÉTICO

Foi realizado um planejamento experimental do tipo 2<sup>3</sup>, conforme descrito na metodologia. Os resultados referentes às reduções de cor e conseqüentemente às diminuições das concentrações do efluente sintético estão mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1: Resultados Para o Aumento da Transmitância e Redução da Concentração do Nylosan Blue®**

Experimento	Planejamento	Transmitância 30 minutos	Transmitância 60 minutos	Transmitância 90 minutos	Transmitância 120 minutos	Concentração Final (mg L <sup>-1</sup> )
1	-1 -1 -1	95,8000±0,8485	97,2000±0,2828	98,0500±0,0707	98,5000±0,4950	0,4835±0,1239
2	-1 -1 +1	94,6500±0,0707	96,4000±0,0707	97,0500±0,0707	97,7000±0,1414	0,5712±0,0355
3	-1 +1 -1	94,8000±0,2828	96,9000±0,2828	97,7000±0,0000	98,0000±0,1414	0,4959±0,0354
4	-1 +1 +1	93,7000±0,0000	95,5000±0,3536	95,7000±0,4243	96,4500±0,0707	0,8872±0,0180
5	+1 -1 -1	89,7500±0,4950	95,0000±0,0707	96,8000±0,0000	97,2500±0,0707	0,6845±0,0178
6	+1 -1 +1	89,7500±0,3536	95,1000±0,2828	95,6000±0,1414	96,9000±0,1414	0,7730±0,0358
7	+1 +1 -1	87,0000±0,2828	94,0000±0,0707	96,0500±0,0707	97,6500±0,2121	0,5837±0,0533
8	+1 +1 +1	88,6500±1,9092	97,2000±0,2121	97,8000±0,2828	98,3500±0,2121	0,4084±0,0529
9	0 0 0	92,5500±0,4950	95,6000±0,2121	96,4500±0,0707	96,9500±0,0707	0,7603±0,0179

Primeiro Parâmetro – Concentração do Corante – 25 e 50 mg L<sup>-1</sup>

Segundo Parâmetro – Volume da Solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 2 e 4 mL

Terceiro Parâmetro – Concentração de Fe<sup>2+</sup> – 15 e 40 mg L<sup>-1</sup>

A Figura 4 mostra a diminuição de cor ao longo do processo.

**Figura 4:** degradação da cor do corante (inicial a esquerda) após 30 minutos (centro) e 120 minutos (direita)

## RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

É possível observar na Tabela 1 que para um efluente contaminado com 25 mg L<sup>-1</sup>, o aumento da concentração do peróxido não alterou a concentração final do corante (comparando os experimentos 1 e 3), mas que o aumento no teor de íons ferrosos prejudicou um pouco tal degradação (comparando os experimentos 1 e 2). E que, neste caso, os efeitos combinados, peróxido de hidrogênio e Fe<sup>2+</sup> não se mostraram eficazes.

Para o efluente contaminado com 50 mgL<sup>-1</sup> a inserção de íons ferrosos também não se mostrou relevante para diminuição da cor do corante (experimentos 5 e 6). Em compensação, um aumento da concentração do oxidante favoreceu-a (experimentos 5 e 7). Entretanto, nesta faixa de concentração do efluente, os efeitos combinados peróxido/ Fe<sup>2+</sup> revelaram-se pertinentes na degradação da concentração do corante.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se preliminarmente que:

O processo oxidativo avançado Fenton foi eficaz na diminuição da concentração do corante Nylosan Blue.

Na tabela 1 foram postas informações referentes ao decaimento da concentração do corante. Todas as concentrações finais obtidas ficaram abaixo de 1 mg L<sup>-1</sup>, sugerindo então uma aplicação do método para o tratamento de efluentes corantes.

Porém, por se tratar de um processo químico é possível que o corante reaja com o oxidante, perdendo a cor, como foi observado e quantificado por espectroscopia. Entretanto, existe a possibilidade da não degradação completa da matéria orgânica oriunda do mesmo.

Para investigar a degradação dos orgânicos totais, será realizada, associada à espectroscopia, a quantificação da demanda química de oxigênio DQO. Esse resultado dará o encerramento à mensuração da degradação orgânica do corante no efluente sintético. A partir dele, ratificaremos a desconfiança que acomete tal pesquisa, no que se refere a aplicabilidade do método de tratamento de um efluente têxtil.

Os experimentos para degradação da DQO, bem como a análise estatística da influência das variáveis na degradação da matéria orgânica do efluente, serão apresentados junto com este trabalho no CBESA 2011.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAMA 357 – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.
2. BELTRÁN, F. J.; GONZÁLEZ, M. ; ÁLVAREZ, P. “Tratamiento de águas mediante oxidación avanzada (II): Procesos con peróxido de hidrógeno”. *Ingeniería Química*, v. 332, p. 165-169, 1997.
3. DIAS, F. F. S.; PACHECO FILHO, J. G. A.; CHIAVONE FILHO, O.; MELO, R. P. F. Utilização de luz solar no processo foto-Fenton para o tratamento fotoquímico de efluente têxtil. *Encontro Sobre Aplicações Ambientais de Processos Oxidativos Avançados (V EPOA)*, São Paulo, 2009.]
4. GHISELLI, G. “Remediação de solos contaminados com pesticidas organoclorados”. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química, Campinas, 2002.
5. HIGARASHI, M. M.; MOREIRA, J. C.; OLIVEIRA, A. S.; FERREIRA, L. F. V. “A utilização de processos oxidativos avançados na descontaminação do meio ambiente”. *Química Nova*, v. 79 p. 16, 2000.
6. KHALED, A.; EL-NEMR, A.; EL-SIKAILY, A.; ABDELWAHAB, O. Treatment of artificial textile dye effluent containing Direct Yellow 12 by orange peel carbon. *Desalination*. v. 238, p. 210-232, 2009.
7. KUNZ, A.; ZAMORA, P. P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*. v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
8. LEAL, C. C. A. Avaliação da remoção do corante Remazol Black B em efluentes têxteis utilizando como adsorvente o mesocarpo do coco verde. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 54 p., 2003.
9. LEGRINI, O.; OLIVEROS, E.; BRAUN, A. M. “Photochemical processes for water treatment”. *Chemical Reviews*, v. 93(2), p. 671-698, 1993.
10. MARTYANOV, I. N.; SAVINOV, E. N. ; PARMON, V. N. “A comparative study of efficiency of photooxidation of organic contaminants in water solutions in various photochemical and photocatalytic systems. 1. Phenol photooxidation promoted by hydrogen peroxide in a flow reactor”. *Journal of Photochemistry and Photobiology, A: Chemistry*, v. 107(1-3), p. 227-231, 1997.
11. MELO, A. R. Outilização do reuso de água em lavadores contínuos da indústria têxtil. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 206 p., 2005.
12. MELO, C. Remoção de cor de efluente de tinturaria em leito poroso. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 83 p., 2007.
13. QUADROS, S. S. Tratamento e reutilização de efluentes têxteis gerados nos tingimentos de tecidos de algodão. *Dissertação de Mestrado em Química*. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau-SC, 110 p., 2005.
14. SILVA, G. L. Redução de corante em efluente de processo de tingimento de lavanderias industriais por adsorção em argila. Tese de Doutorado em Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 116 p., 2005.
15. TACHIEV. “Hydrogen peroxide oxidation of phenol catalyzed by iron ions”. *Chemical oxidation Symposium*, 1998.
16. TE-FU, L. H.; JAMES R. B. “Toxicity changes during the UV treatment of pentachlorophenol in dilute aqueous solution”. *Water Research*, v. 32(2), p. 489-497, 1998.
17. TIBURTIUS, E. R. L.; PERALTA-ZAMORA, P. ; Leal, E. S. “Contamination of waters by BTXs and processes used in the remediation of contaminated sites”. *Química Nova*, v. 27(3), p. 441-446, 2004.
18. WANG, Y.; FENGKAI, L.; ZHULU, L.; ZHENG, X. ; YUBIN, T. “Photolysis of anthracene and chrysene in aquatic system”. *Chemosphere*, v. 38(6), p. 1273-1278, 1999.