

Produção Mais Limpa: Fenton Homogêneo no Tratamento de Efluentes Têxteis

Marluce Teixeira Andrade Queiroz
marluce.queiroz@yahoo.com.br
UNILESTE

Claudinei de Melo Fernandes
claudinei@unilestemg.br
UNILESTE

Lucas Barbosa Alvim
l.barbosa.alvim@gmail.com
UNILESTE

Tamires Cristina Costa
ceq@unilestemg.br
UNILESTE

Camila Costa de Amorim
camila@desa.ufmg.br
UFMG

Resumo: O crescimento da indústria têxtil conduz à utilização dos mais diversos tipos de corantes visando o mercado consumidor. Os efluentes gerados se caracterizam pela sua resistência aos tratamentos convencionais e pelo tempo de permanência elevado no meio ambiente. Os Processos Oxidativos Avançados (POA) são utilizados para se alcançar a mineralização e em consequência a efetiva despoluição daquelas águas residuárias. Neste estudo, se analisou a degradação do Vermelho Congo (VC) aplicando a técnica do Fenton homogêneo. Verificou-se também que a remoção da cor e da Demanda Química de Oxigênio (DQO) corresponderam respectivamente a 98 e 96,75% com um tempo de contato de 60 (sessenta minutos) e concentração de peróxido de hidrogênio igual a 40mg/L. Conclui-se que o uso do Fenton homogêneo na degradação de compostos orgânicos recalcitrantes se constitui em uma opção viável contribuindo para se alcançar a produção mais limpa naquele segmento econômico.

Palavras Chave: Oxidação Avançada - Fenton Homogêneo - Corante Têxtil - Mineralização - Produção Mais Limpa

1. INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente e suas repercussões na qualidade de vida denotam a importância da busca por metodologias capazes de promover a descontaminação das águas residuárias.

As indústrias têxteis se destacam em função do uso cada vez maior dos corantes. Tais substâncias são utilizadas no tingimento e a complexidade de sua estrutura química é função da sua fixação nos tecidos (SOUZA, 2006).

No entanto, o efluente gerado apresenta alta concentração do corante que é um composto recalcitrante (TWARDOKUS *et al.*, 2005). Os compostos recalcitrantes ou refratários apresentam, em geral, efeito acumulativo na camada lipídica, podendo atingir concentrações superiores ao Limite de Tolerância Biológico (LTB) de alguns organismos, como invertebrados e peixes, ocasionando a mortandade de diversos espécimes. Através da biomagnificação na cadeia trófica podem atingir os humanos, trazendo como consequência, lesões incapacitantes, tais como, câncer, neuropatias, dentre outros (LEDKOWICZ *et al.*, 2001).

Os corantes também podem contribuir para disfunções ambientais relacionadas aos parâmetros físico-químicos das águas superficiais. A elevação da turbidez reduz a penetração da radiação solar no corpo d'água interferindo nos ciclos biogeoquímicos, o que afeta os organismos aquáticos (principalmente as algas e consequentemente os peixes que se alimentam delas) (SMAHA e GOBBI, 2003).

Bertolo *et al.* (2009) ressaltam que a deposição de substâncias recalcitrantes nos sedimentos de rios também se constitui em uma condição ambiental desfavorável. Aquelas substâncias podem percolar através do solo e atingir o lençol freático afetando o padrão sanitário das águas subterrâneas. Tal situação representa um sério risco para a saúde pública, afetando principalmente a comunidade rural.

O salto de qualidade em relação à proteção dos ecossistemas cresce na medida em que são estabelecidas relações de equilíbrio entre a descontaminação e os custos com o tratamento, com forte ênfase na remoção de poluentes recalcitrantes e/ou persistentes.

Neste contexto, o desenvolvimento de técnicas de tratamento que associem a proteção da biodiversidade e viabilidade econômica, cresceu nos últimos anos. No atendimento destes quesitos se destacam os Processos Oxidativos Avançados (POA).

Os POA são considerados como tecnologias limpas, pois não há formação de lodo e transferência de fase dos poluentes, sendo os produtos finais, gás carbônico, água, íons inorgânicos e subprodutos menos tóxicos. Estes processos podem, ainda, ser utilizados para a degradação de compostos orgânicos em fase aquosa ou adsorvidos numa matriz sólida (MOLINARI *et al.*, 2002).

Neste trabalho, é enfatizado o processo Fenton homogêneo na degradação do corante Vermelho Congo (VC). A relevância deste trabalho se traduz em produzir resultados sobre o uso de um tratamento que se encontra inserido no conceito de Produção Mais Limpa (P+L) contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

2. INDÚSTRIA TÊXTIL

Na indústria têxtil, o processo produtivo é constituído basicamente por cinco etapas essenciais: fiação, beneficiamento, tecelagem e/ou malharia, enobrecimento e confecções (Figura 1). A partir da etapa de obtenção do fio o material pode ser transferido para o beneficiamento ou diretamente para tecelagens e malharias (SINDTÊXTIL, 2010).

O beneficiamento consiste na preparação dos fios para o seu uso final ou não, envolvendo tingimento, engomagem, retorção (linhas, barbantes, fio, etc.) e tratamentos especiais. No tingimento são introduzidos os corantes que são selecionados em função da destinação final do tecido (SINDTÊXTIL, 2010).

Na tecelagem e/ou malharia são desenvolvidas as etapas de elaboração do tecido plano ou circular, a partir dos fios têxteis. No enobrecimento, o tecido pode ser submetido a uma nova etapa de tingimento, estamparia e acabamento conforme estabelecido pelo cliente. A confecção final utiliza tecnologias diversificadas que viabilizam a introdução de outros acessórios nas peças acabadas (SINDTÊXTIL, 2010).

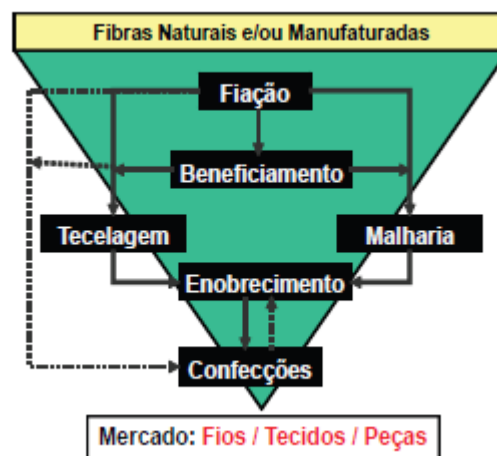


Figura 1: Fluxo de produção na indústria têxtil.
Fonte: SINDTÊXTIL (2010).

Considerando a cadeia têxtil pode-se afirmar que as etapas que envolvem a aplicação dos corantes são as que produzem os efluentes com maior probabilidade de impacto ambiental negativo, demandando a adoção de técnicas apropriadas para a contenção dos danos aos ecossistemas (AXELSON *et al.*, 2008).

Na elaboração do programa de prevenção dos riscos ambientais deve-se levar em consideração a constituição química do corante, sua aplicação, solidez em geral e comportamento óptico (AXELSON *et al.*, 2008).

3. VERMELHO CONGO

Os corantes incorporam dois elementos essenciais: o grupo cromóforo, responsável pela cor que absorve a luz solar e o grupo funcional que permite a fixação das fibras de tecido (DURAN *et al.*, 2000).

No mercado mundial aproximadamente 70% do total de corantes sintéticos consumidos são do tipo azo, ou seja, os grupos cromóforos estão associados às duplas ligações entre os átomos de nitrogênio ($-N=N-$) (AXELSON *et al.*, 2008).

Estimativas indicam que entre 10% e 20% dos corantes usados no processamento fabril são perdidos durante as etapas secundárias de beneficiamento têxtil (LEVIN e PAPINUTTI 2004). O Vermelho Congo (VC) se destaca neste panorama econômico, embora seja não biodegradável, potencialmente tóxico, suspeito de ser carcinogênico e mutagênico (AXELSON *et al.*, 2008).

O Vermelho Congo (VC) é o sal sódico do ácido benzidinodiazobis-1-naftilamina-4-sulfônico, cuja fórmula molecular é $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$, com massa molar é $696,66g.mol^{-1}$ e estrutura molecular (Figura 2) bastante complexa contendo anéis aromáticos que dificultam ainda mais a sua degradação química. Trata-se de um corante classificado como diazo secundário por apresentar dois grupos de ligações estáveis azo ($-N=N-$) (Figura 2) (AXELSON *et al.*, 2008).

O VC pode ser aplicado em fibras celulósicas, seda, viscose e poliamida, apresentando alto padrão de fixação e resistência contra a luz e umidade. Tais qualidades o tornam muito atraente, encontrando grande aplicação como insumo na indústria têxtil (AXELSON *et al.*, 2008).

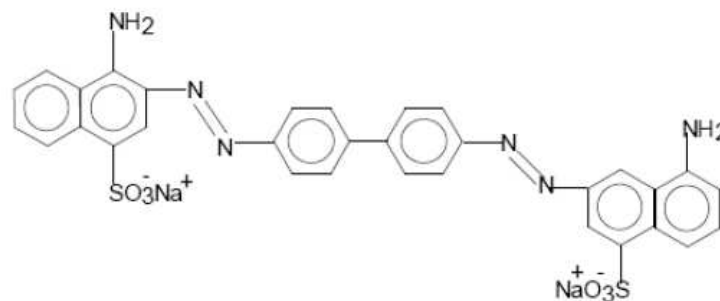


Figura 2: Estrutura molecular do corante vermelho congo.

Fonte: AXELSON *et al.*, 2008.

A quantidade de corante que efetivamente se encontra dissolvido no efluente industrial relaciona-se com as fibras utilizadas para elaborar os tecidos crus. No entanto, pode-se afirmar que teores significativos estão sempre presentes nas águas residuárias sendo necessária a adição de oxidantes para promover a sua mineralização completa (YANG *et al.*, 2008).

Um parâmetro importante na avaliação da eficiência da remoção se refere à análise relativa à Demanda Química de Oxigênio (DQO) que avalia a quantidade de oxigênio consumido em meio ácido que leva à decomposição do poluente, sendo este biodegradável ou não (BAIRD, 2002).

4. . FENTON HOMOGÊNEO

Os POA são processos baseados na geração de radical hidroxila ($\bullet OH$), um forte agente oxidante, capaz de degradar moléculas orgânicas resistentes à biodegradação. O

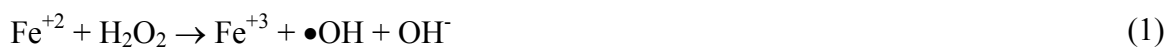
potencial de oxidação do radical $\bullet\text{OH}$ é igual a 2,80eV, sendo superior ao do cloro (Cl_2) e ao do ozônio (O_3) que correspondem respectivamente à 1,36eV e 2,07eV (Tabela 1).

Tabela 1: Poder oxidante de algumas espécies químicas.

Oxidante	Potencial de Oxidação (eV)
Radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$)	2,80
Ozônio (O_3)	2,07
Cloro elementar (Cl_2)	1,36

Fonte: PERA-TITUS *et al.*, 2004.

No processo Fenton homogêneo a geração do radical $\bullet\text{OH}$ ocorre através da reação entre o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o ferro II (Fe^{+2}) em meio ácido e pode ser descrita conforme a Equação (1) (TEIXEIRA E JARDIM, 2004):



A taxa de oxidação do poluente é função do radical $\bullet\text{OH}$, sendo assim se encontra intimamente relacionada com a concentração de peróxido de hidrogênio. No entanto, o teor de contaminante orgânico (substrato) atua como limitante no processo. Nesta condição, o radical $\bullet\text{OH}$ entra em reação com os íons ferrosos formando ferro III (Fe^{+3}) e íons hidroxila (OH^-) (Equação 2) (TEIXEIRA e JARDIM, 2004):



A faixa de pH ótimo para a oxidação Fenton se situa no meio ácido, com predominância de íons H^+ (Equação 3). Em contrapartida, se o pH está muito ácido também ocorrem efeitos adversos. Pode-se citar a alteração do padrão de atuação do catalisador afetando o seu rendimento, a principal fonte de dificuldades se relaciona a não regeneração do ferro II (Fe^{+2}). Ou seja, a reação do ferro III (Fe^{+3}) com peróxido de hidrogênio (Equação 4) é inibida, implicando em baixas concentrações do catalisador (BAUTISTA *al.*, 2008).



Em pH mais alcalino se inicia a precipitação do hidróxido de ferro III ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), oportunizando a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio com formação de água e oxigênio gasoso (Equação 5).



O excesso de peróxido de hidrogênio também é interferente atuando como receptor de radicais hidroxilas ($\bullet\text{OH}$) reduzindo a capacidade oxidante do meio reacional. O Fenton homogêneo apresenta eficácia comprovada no tratamento de diversos poluentes persistentes. No entanto, apresenta como desvantagem a necessidade de separação dos sais de ferro. Os coeficientes de solubilidade muito baixos dos compostos contendo o ferro conduzem a precipitação na forma de flocos com diferenças granulométricas significativas (BAUTISTA *et al.*, 2008).

Em termos gerais, o tratamento utilizando a oxidação Fenton deve atender uma sequência de procedimentos padronizados apresentados na Figura 3. A primeira etapa ocorre no tanque de oxidação onde são misturados a água residual bruta, o peróxido de hidrogênio (agente oxidante), o sulfato ferroso heptaidratado (catalisador) e o agente de ajuste de pH (ácido sulfúrico). Em seguida, é realizada a neutralização através da adição do agente alcalino

(hidróxido de sódio), ocorrendo à degradação do peróxido de hidrogênio residual. Finalizando são desenvolvidas as etapas de floculação e decantação se obtendo a água residual tratada (BAUTISTA *al.*, 2008).

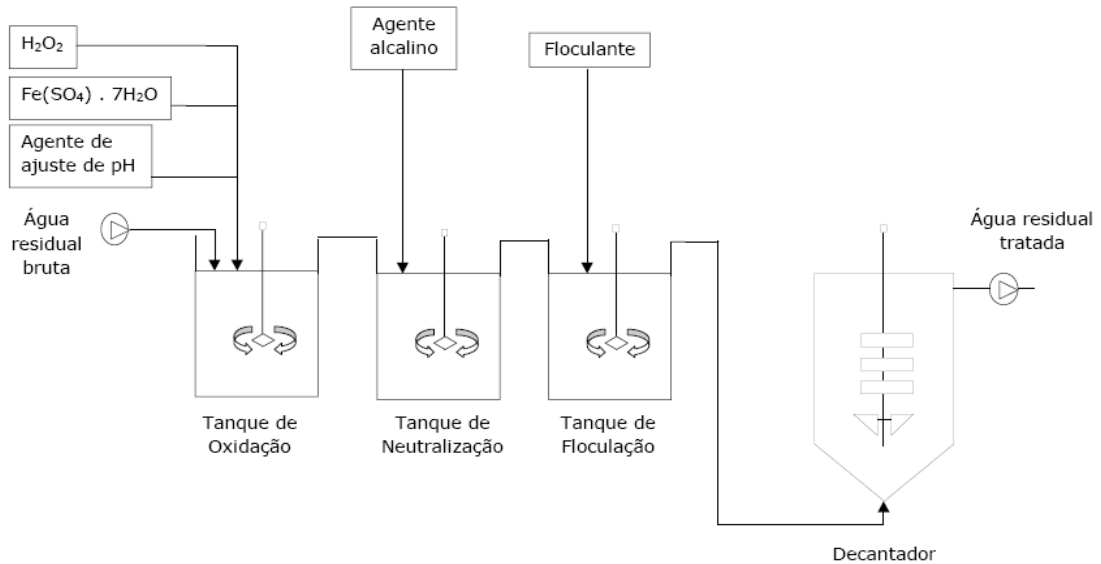


Figura 3: Fluxograma típico do tratamento de efluentes com oxidação Fenton.
Fonte: (BAUTISTA *al.*, 2008).

4. FENTO HOMOGÊNEO E A PRODUÇÃO MAIS LIMPA

O conceito de Produção Mais Limpa (P+L) foi definido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), no início da década de 1990, como sendo a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente (TANIMOTO *et.al.*, 2010).

A aplicação da P+L inclui o desenvolvimento de critérios e métodos para avaliar os efeitos sobre o meio ambiente e necessidades de recursos durante a totalidade dos processos e todo o ciclo de vida dos produtos (TANIMOTO *et.al.*, 2010).

As leis e normas ambientais estão cada vez mais restritivas e o mercado cada vez mais competitivo, exigindo que as empresas sejam mais eficientes, do ponto de vista produtivo e ambiental, ou seja, o crescimento da produção deve estar alinhado ao menor consumo de matérias-primas e minimização da emissão de poluentes (CETESB, 2009).

De forma geral, pode-se dizer que uma das estratégias para uma Produção Mais Limpa (P+L) em uma indústria têxtil, é o tratamento de todo o material recalcitrante existente em seu efluente, da forma mais abrangente e eficiente possível, evitando a probabilidade de sua bioacumulação, e garantindo a sua degradação com a geração de substâncias não tóxicas, com o menor uso possível de insumos e recursos (água, energia, etc.) (CETESB, 2009).

Neste contexto, o uso do processo Fenton homogêneo se torna ainda relevante já que agrega valor também no atendimento deste quesito (TANIMOTO *et al.*, 2010). No Fenton homogêneo, o uso do agente oxidante, peróxido de hidrogênio, se reveste de diversas vantagens em relação aos outros métodos químicos ou fotoquímicos de tratamento de efluentes. Podem ser citados: baixo custo, estabilidade térmica, elevada solubilidade em água, inexistência de problemas decorrentes da transferência de massa, maior rendimento, facilidade

de armazenagem, procedimentos operacionais simples, baixa probabilidade de dano no manuseio e investimento reduzido de capital e redução ou eliminação da toxicidade em função da mineralização dos poluentes (NOGUEIRA *et al.*, 2005).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foram obtidos espectros de absorvância no UV/Vis de uma solução de 100mg/L do corante vermelho congo. A partir dos espectros, foi determinado o comprimento de onda em que o corante apresentava a maior absorvância. A Demanda Química de Oxigênio (DQO_{inicial}) foi determinada segundo as metodologias da *American Public Health Association* (APHA, 1998).

As cinéticas de descoloração do corante foram realizadas em triplicatas, em batelada, utilizando-se béqueres revestidos com papel alumínio, com sistema de agitação contínuo e magnético (200rpm) e volume reacional de 500mL. Os experimentos foram realizados a 20°C, utilizando uma razão molar [Fe⁺²]/[H₂O₂] de 0,5 e o pH igual a 3,0. O pH do meio reacional foi ajustado com uma solução de ácido sulfúrico de 2mol/L. Alíquotas de 5mL foram retiradas do meio reacional nos seguintes intervalos de tempo: 10, 20, 30, 40, 50 e 60min. Essas amostras foram utilizadas para a determinação da cor residual em porcentagem ($C/C_{inicial}$), utilizando a equação 6.

$$C / C_{inicial} \times 100\% = A / A_{inicial} \times 100\% \quad (6)$$

Sendo:

$C_{inicial}$ = concentração inicial do corante

C = concentração em um dado instante do corante

A_i = absorvância instantânea do corante

A_o = absorvância inicial do corante

A remoção da cor foi determinada por meio da equação 7:

$$\text{Remoção (\%)} = [1 - (A_i/A_o)] \times 100 \quad (7)$$

Sendo:

A_i = absorvância instantânea do corante

A_o = absorvância inicial do corante

Os experimentos foram realizados utilizando as seguintes concentrações iniciais de H₂O₂: 100mg/L, 80mg/L, 40mg/L e 20mg/L. As outras variáveis, como dosagem de Fe⁺², temperatura e pH foram mantidas constantes.

Após 60min de reação, o excesso de H₂O₂ foi eliminado por meio da adição de hidróxido de sódio 2mol/L, até o pH atingir o valor 10. Em seguida, as amostras foram mantidas em repouso por 30min para decantação do material suspenso. A fase sobrenadante foi filtrada para a determinação da DQO (APHA, 1998). Os resultados obtidos em relação à eficiência de remoção da cor e da DQO foram comparados com os obtidos por Salgado *et al.* (2009).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros da solução de corante 100mg/L apresentaram uma banda larga de maior absorção entre 465 e 600nm e maior absorvância em 510nm, sendo este último adotado como referência. O comprimento de onda adotado é consoante com o estabelecido pelo *Standart*

methods for the examination of water and wastewater (APHA/AWWA/WEF, 1998) e com os achados de Salgado *et al.*, 2009.

A leitura da absorbância instantânea foi realizada a cada 10(dez) minutos e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Absorbância instantânea (A_i) em função da concentração de peróxido de hidrogênio.

t (min)	Absorbância [H ₂ O ₂] = 20mg.L ⁻¹	Absorbância [H ₂ O ₂] = 40mg.L ⁻¹	Absorbância [H ₂ O ₂] = 80mg.L ⁻¹	Absorbância [H ₂ O ₂] = 100mg.L ⁻¹
0	1,421	1,421	1,421	1,421
10	1,112	0,819	0,807	0,821
20	0,875	0,553	0,536	0,557
30	0,654	0,379	0,367	0,391
40	0,578	0,264	0,254	0,268
50	0,415	0,108	0,098	0,18
60	0,347	0,028	0,028	0,045

Constatou-se que a A_i decaiu de 1,421 até um mínimo de 0,028 após 60(sessenta minutos) com as concentrações de peróxido de hidrogênio correspondentes a 40 e 80mg.L⁻¹ (Tabela 1). Com teor de 20mg.L⁻¹ a A_i atingiu um mínimo 0,347 (Tabela 1) denotando que a produção de hidroxila não foi satisfatória para garantir a destruição dos grupos cromóforos. Em contrapartida com a concentração de peróxido de hidrogênio igual a 100mg.L⁻¹ identificou-se que a A_i mínima foi de 0,045 (Tabela 1) explicitando relação com a redução da ação oxidante do radical •OH em comparação com as concentrações de 40 e 80 mg.L⁻¹.

A contabilização da eficiência de remoção indicou um decréscimo a partir do tempo de 50 minutos na concentração de 100mg.L⁻¹ em comparação com as concentrações de 40 e 80mg.L⁻¹ (Figura 4).

Outro aspecto evidenciado na tabulação de dados é que mesmo à temperatura ambiente a degradação dos grupos cromóforos é muito satisfatória em baixas concentrações de peróxido de hidrogênio, principalmente para as soluções de 40 e 80mg.L⁻¹ que atingiram uma eficiência aproximada de 98% (Figura 4), sugerindo amplas possibilidades de tratamento *in situ* com a utilização do processo Fenton homogêneo com economia de energia em atendimento aos requisitos da P+L.

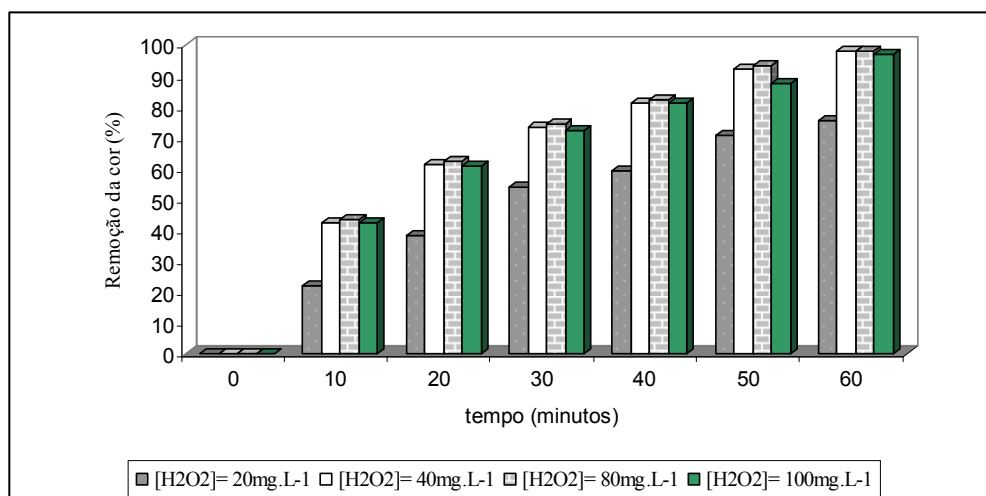


Figura 4: Variação da eficiência (%) da remoção da cor em função da concentração de peróxido de hidrogênio.

Os resultados obtidos (Figura 4) mostraram estreita similaridade com os obtidos por Salgado *et al.* (2009) para azocorantes explicitando que o processo Fenton homogêneo apresenta um padrão de comportamento bastante satisfatório em relação à remoção da cor com o uso de quantidades relativamente pequenas de peróxido de hidrogênio e ferro II, ou seja, atendendo a relação custo *versus* benefício. Novamente os resultados indicaram que o Fenton Homogêneo viabiliza o atendimento dos requisitos da P+L.

Com relação à remoção da DQO constatou-se que o melhor resultado também foi obtido para a concentração de 40 mg.L⁻¹ de H₂O₂ atingindo um percentual de 96,75% (Tabela 2), sendo um pouco mais elevado que o obtido por Salgado *et al.*, 2009 que foi de 94% em concentrações distintas de oxidante e catalisador.

Tabela 2. Remoção da DQO com o uso do processo Fenton homogêneo para diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio.

Concentração de H ₂ O ₂ (mg.L ⁻¹)	Remoção da DQO (%)
20	80,65
40	96,75
60	95,35
80	89,25

Utilizando-se os parâmetros de remoção de cor e de DQO verificou-se que a concentração de 40mg/L foi a mais adequada (Figura 5) denotando que a destruição dos grupos cromóforos estava associada à mineralização do corante.

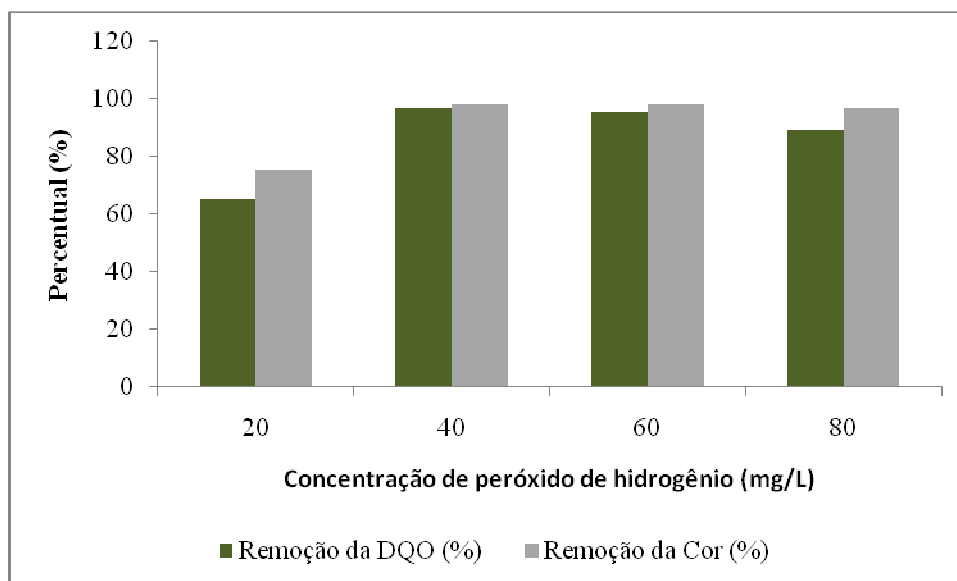


Figura 5: Remoção de DQO e de cor para as diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio.

8. CONCLUSÃO

A Produção Mais Limpa (P+L) se apresenta como condição essencial para se minimizar os impactos ambientais decorrentes do processo produtivo, representando uma mudança na visão organizacional, buscando integrar recursos naturais e geração de bens de consumo numa relação sustentável. Os benefícios abrangem a redução da probabilidade de multas por ação da fiscalização, aumento da produtividade, maior segurança para os colaboradores, competitividade e uso de tecnologias inovadoras.

Esta pesquisa analisou o uso do Fenton homogêneo no tratamento de efluentes têxteis contendo o corante vermelho congo e os resultados evidenciaram que o processo estudado se adequa às exigências da P+L.

O Fenton homogêneo atingiu 98% de eficiência na remoção da cor garantindo que a descarga em um corpo d'água não implique em redução na penetração da luz viabilizando a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.

A eliminação total de todos os resíduos pode ser considerada impossível. No entanto, o uso do Fenton homogêneo permitiu alcançar uma redução da DQO correspondente a 96,75%. Certamente a gestão ambiental e a P+L são processos de melhoria contínua, sendo possível e necessária a busca da otimização do processo.

Vale destacar, que esses resultados foram encontrados em uma concentração bastante reduzida de agente oxidante, sendo 40mg.L^{-1} de peróxido de hidrogênio e tempo de contato de apenas 1h à temperatura de 20°C .

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, Y.; AHMAD, N.; , KHAN, A. A. A.; YOUSAF, A. Decolorization of Blue CL-BR dye by AOPs using bleach wastewater as source of H_2O_2 . *Journal of Environmental Sciences*, v. 19, n. 10, p. 1183-1188, 2007.
- ALEBOYEH, A. ALEBOYEH, H., MOUSSA, Y. Critical effect oh hydrogen peroxide in photochemical oxidative decolorization of dyes: acid orange 8, acid blue 74 e methyl orange. *Dyes and Pigments*, v. 57, p. 67-75, 2003.
- APHA (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20a. ed. Washington: American Public Health Association.
- AXELSON, G.K; GIORGADZE, T; YOUNGBERG, G.A. Evaluation of the use of Congo red staining in the differential diagnosis of *Candida* vs. various other yeast-form fungal organisms. *Journal of Cutaneous Pathology*. V.35, p.27-30, 2008.
- BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BAUTISTA, P. MOHEDANO, A.F. CASAS, J. A. ZAZO, J. A. RODRIGUES, J.J. *Review – Na overview of the application of Fenton oxidation to industrial wastewaters treatment*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. Society of Chemical Industry. 2008.
- BERTOLO, R. A.; MARCOLAN, L. N. O; BOUROTTE, C. *Relações água-rocha e a hidrogeoquímica do cromo na água subterrânea de poços de monitoramento multiníveis de Urânia, SP, Brasil*. *Geologia USP. Série Científica*, v. 9, p. 47-62, 2009.
- CETESB (São Paulo). *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual para implementação de um programa de prevenção à poluição, 4ª Ed., São Paulo, 2009 (Relatórios Ambientais)*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/manual_implem.pdf>. Acesso em: maio/2011.
- DURÁN N; MORAIS S.G; FREIRE R.S. Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation processes. *Chemosphere*. V.40, p.369-373, 2000.
- LEDAKOWICZ, S., SOLECKA, M., ZYLLA, R., 2001, Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes, *J. Biotechnol.* v. 89 pp.175-184.
- LEVIN, L.; PAPINUTTI, L., FORCHIASSIN., F. Evaluation of Argentinean white rot fungi for their ability to produce lignin-modifying enzymes and decolorize industrial dyes. *Bioresource Technology*, Argentina, v. 94, n. 2, p. 169-176, 2004.
- MOLINARI, R., PALMISANO, L., DRIOLLI, E., Studies on various reactor configurations for coupling photocatalysis and membrane processes in water purification. *Journal of Membrane Science* v. 206 n. 1-2 pp. 399-415, 2002.
- NOGUEIRA, R.F.P; OLIVEIRA, M.C.; PATERLINI, W.C., Simple and fast spectrophotometric determination of H_2O_2 in photo-Fenton reactions using metavanadate, *Talanta*, 66 (2005), pp. 86-91.

- PERA-TITUS, M.; GARCIA-MOLINA, V.; BAÑOS, M. A.; GIMÉNEZ, J.; ESPLUGAS, S. Degradation of chlorophenols by means of advanced oxidation processes: a general review, *applied catalysis B. Environmental*, v. 47, p. 219 – 256, 2004.
- SALGADO, B. C. B.; NOGUEIRA, M. I. C.; ROGRIGUES, K. A.; SAMPAIO, G. M. M. S.; BUARQUE, H. L. B.; ARAÚJO, R. S. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e fotoassistidos (UV e UV/H₂O₂). *Engenharia sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, jan/mar, 2009.
- SINDTÊXTIL – Sindicato das Indústrias Têxteis do Estado de São Paulo. Disponível em : <<http://www.sindtextilsp.org.br>>. Acesso em: 24/05/2011.
- SMAHA, N.; GOBBI, M.F., 2003. Implementação de um modelo para simular a eutrofização do Reservatório do Passaúna - Curitiba - PR. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 8 (3): 59-69.
- SOUZA, C. R. L. Degradação de corantes reativos e remediações de efluentes têxteis por processos avançados envolvendo ferro metálico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2006.
- TEIXEIRA, C.P. E JARDIM, W.F. Caderno Temático volume 03 – Processos oxidativos avançados – Conceitos teóricos. Universidade Estadual de Campinas; Unicamp, Instituto de Química; Laboratório de Química Ambiental, 2004.
- TWARDOKUS, R.G; SOUZA, A.A. U; SOUZA, S.M.A.G.U. Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. *Revista Química Têxtil*. N.79, p.32, 2005.
- YANG, Q.; TAO, L.; YANG, M.; ZHANG, H. Effects of glucose on the decolorization of Reactive Black 5 by yeast isolates. *Journal of Environmental Sciences, China*, v. 20, n. 1, p. 105-108, 2008.