

## **ESTUDO DA APLICAÇÃO DO PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO TIPO FENTON HOMOGÊNEO EM EFLUENTE TÊXTIL SINTÉTICO**

Lucas Pisoni da Silva, Fernanda Rosa da Silveira, Gabrielle Larissa de Oliveira Kühl,  
Thays Pinheiro Machado, Silvio Roberto Taffarel (orient.),  
Universidade La Salle

### **Resumo**

Este trabalho tem como finalidade estudar a aplicação do processo Fenton Homogêneo utilizando o planejamento de experimentos tipo BOX-BEHNKEN em efluente têxtil. Este processo faz parte dos tipos de processo oxidativo avançado conhecidos por serem formadores do radical hidroxila, altamente oxidante, podendo transformar compostos orgânicos em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e íons inorgânicos. O objetivo deste trabalho é a aplicação do processo Fenton em efluente têxtil, visando à degradação e análise das condições experimentais.

**Palavras-chave:** Efluente têxtil, processo oxidativo avançado, box-Behnken.

**Área Temática:** Engenharias e Computação

### **1. Introdução - Propósito central do trabalho**

A indústria têxtil desempenha um papel importante na economia de muitos países. No Brasil, esta indústria ocupa lugar de destaque entre os 8 setores mais importantes da atividade industrial, ocupando o 2º lugar em geração de empregos e entre os primeiros em faturamento, sendo o Brasil 5º maior produtor têxtil do mundo (ABIT, 2017).

No território nacional há cerca de 5.000 indústrias têxteis, sendo 11% indústrias de grande porte, 21% pequeno porte e 68% microempresas (Gondim et al., 2007), distribuídas pela região sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul), sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e nordeste (Pernambuco, Bahia e Ceará) (Guaratini; Zanoni, 2000).

Dentre os diversos compostos químicos utilizados no setor têxtil como matéria-prima, os corantes sintéticos ocupam posição de destaque. Atualmente 10.000 corantes são produzidos em escala industrial, sendo que aproximadamente 2.000 encontram-se disponíveis para esse setor (Dallago et al., 2005; Rodrigues, 2003). Assim, essa é a principal matéria-prima utilizada pela indústria têxtil em seu processo produtivo.

A função dos corantes no processo produtivo têxtil é basicamente conferir cor a seus produtos e para que isso ocorra no processo produtivo se faz necessário a utilização de elevada quantidade de água, gerando águas residuais a serem reconstituídas para seu reuso ou para realizar o lançamento nos corpos hídricos.

Na produção de tecidos de algodão, por exemplo, o consumo de água pode variar de 100 a 300 L/kg de tecido, formando assim grandes quantidades de efluentes a serem tratados. (HASSEMER, 2006).

Os corantes mais utilizados pela indústria são os azóicos (Azo Corantes), os quais formam uma importante classe de compostos orgânicos sintéticos, onde são



caracterizados pela presença de uma ou mais ligações do tipo azo (-N=N-). Podem ser encontrados nos processos de diferentes tipos de indústrias, tais como curtumes, indústrias têxteis, alimentícias, de cosméticos e de papel, sendo a indústria têxtil o maior consumidor, representando cerca de 50% da produção mundial de corantes. (SLEIMAN et al, 2007).

O tratamento de efluente proposto nesse trabalho é conhecido como Processos Oxidativos Avançados (POA) o qual representa uma área estratégica, pois sua inserção na indústria se justifica pelo potencial de aplicação em processos, tanto da degradação de poluentes, onde a remoção de cor está contida neste processo, como também no refinamento final de tratamento de efluentes (NOGUEIRA, 2010). Estes processos têm sido descritos como alternativas para a remoção de poluentes persistentes e de efluentes com elevada carga orgânica, quando os tratamentos convencionais não alcançam a eficiência necessária. Os Processos Oxidativos Avançados são definidos como formadores de radicais livres ( $\cdot\text{OH}$ ), os que são altamente oxidantes. O radical hidroxila é de extrema relevância, pois tem alto poder de oxidar diversos compostos orgânicos em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e íons inorgânicos provenientes de heteroátomos. (VOGELPOHL, et al. 2004).

Neste trabalho utilizou-se um Processo Oxidativo Avançado conhecido como Fenton que é a combinação de íons  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Neste processo, os radicais hidroxila são gerados, eficientemente, em quantidade estequiométrica, devido a ocorrência da reação de Fenton apresentada na Equação 1.

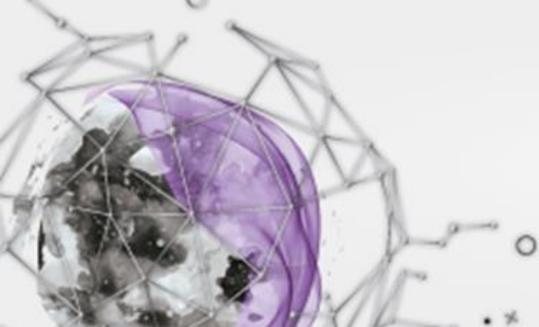


O reagente de Fenton típico inclui íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Em condições ácidas, forte radical oxidativo ( $\text{HO}\cdot$ ) é gerado na reação de oxidação catalítica como na equação (1) de  $\text{H}_2\text{O}_2$  com  $\text{Fe}^{2+}$ . Além da reação principal, uma série de reações em cadeia como nas equações (2), (3), (4) e (5) envolvendo  $\text{Fe}^{2+}$ , férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ),  $\text{H}_2\text{O}_2$ , superóxido ( $\text{O}_2\cdot^-$ ) e radical  $\text{HO}\cdot$  também são possíveis.



O pH do meio reacional é fator essencial no processo Fenton para que se tenha uma máxima produção do radical hidroxila. Diversos autores apresentam o pH ótimo na faixa de 3,0. A queda na eficiência do processo em pH acima desse valor é explicada pela formação e precipitação de ferro na forma  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , prejudicando a produção de  $\cdot\text{OH}$ . Por outro lado, em meio mais ácido, abaixo de 3,0, ocorre a formação de diferentes espécies complexadas de ferro em solução, que reagem mais lentamente com o peróxido, além da formação do íon estável  $\text{H}_3\text{O}_2^+$ , que reduz a possibilidade de produção de  $\cdot\text{OH}$  (PÉREZ et al, 2002 e TEIXEIRA & JARDIM, 2004).

O presente trabalho tem os seguintes objetivos: estudar o Processo Oxidativo Avançado via Processo Fenton em efluente sintético que contem azo corante Preto de Amido 10 B comercializado por Neon Comercial Ltda., através do emprego de um planejamento experimental tipo Box-Behnken para que se obtenha as melhores condições experimentais no processo.



## 2. Marco Teórico

A indústria têxtil é uma das maiores geradoras de águas residuais, devido elevada necessidade de água em seu processo produtivo. Consome cerca de 15% de toda a água destinada à indústria usando-a como meio de transporte para os produtos químicos que entram no processo, para remoção do excesso daqueles produtos que são indesejáveis e como fluido térmico (aquecimento e resfriamento). (MACHADO L, L. 2007). De 15 a 20% da produção mundial de corantes é perdida para o meio durante o processo industrial (GUARATINI, ZANONI, 2000). Este resíduo contém concentrações de contaminantes, pelo fato da grande parte dos corantes não se fixarem nas fibras, tornando o efluente colorido de difícil tratamento. (dos SANTOS et al., 2007). Algumas condições dificultam e encarecem o tratamento dos efluentes da indústria têxtil, pois os mesmos apresentam em sua maioria cargas orgânicas elevadas, cor elevada, pH alcalino e/ou com contaminações na forma solúvel (VANDEVIVERE et al., 1988; RAMOS, 2002). A ineficiência nos tratamentos de efluentes e a disposição inadequada de maneira irregular atingem a saúde humana e o meio ambiente. Nos seres humanos esses efeitos compreendem desde náuseas, dores de cabeça, irritações na pele e pulmões, entre outras complicações, até mesmo câncer. (HOUK C. P, 1992).

Com relação à carga de DQO (Demanda Química de Oxigênio) a média gerada nas indústrias têxteis é de aproximadamente 1700 mgO<sub>2</sub>/L. Outra fonte de poluição e toxicidade dos corantes é devido à presença, em sua composição, de metais pesados (cromo, cobalto, cobre, cádmio, níquel e outros) os quais são tóxicos à flora e a fauna aquática. Efluentes que contenham esses metais pesados e que sejam submetidos a um tratamento com lodo ativado, por exemplo, serão adsorvidos pelo tratamento, trazendo assim problemas posteriores na deposição. (BAPTISTA, I.E., 2001). A busca pela eficiência nos tratamentos de efluentes e a utilização de outras tecnologias justifica o estudo de Processos Oxidativos Avançados. Os POAs, como são conhecidos, são ótimos na aplicação de remoção de cor e na degradação de corantes pois este processo quebra as moléculas orgânicas poluentes transformando-as em espécies inertes tais como: O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e íons inorgânicos. (CISNEROS et al. 2002).

## 3. Metodologia

O trabalho de pesquisa e seus experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisas Ambientais e Desenvolvimento de Nanotecnologia, sediado no município de Nova Santa Rita/RS.

### 3.1. Reagentes e Catalizadores

O Peróxido de Hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 50% (Brentag Química Brasil) - será utilizado em todos os Processos Oxidativos Avançados e CaOH e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ambos, em concentração 1 N serão utilizados para a obtenção do pH inicial do meio reacional.

Sulfato Ferroso (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) - (Synth), utilizado no Reagente Fenton. Todos os reagentes utilizados nas análises possuem grau analítico (P.A.) e as soluções foram preparadas com água deionizada (Milli-Q).

### 3.2. Efluente sintético

Geralmente, efluentes oriundos da indústria têxtil são compostos por materiais orgânicos, como corantes, álcool polivinílico (PVA) e ácido poliacrílico (PAA), e



materiais inorgânicos tais como cloreto de sódio, sulfato de sódio e sulfato de magnésio. (MO J. et al, (2007). Assim, o efluente sintético que será utilizado nos ensaios foi elaborado conforme metodologia apresentada por MO J. et al, (2007), e sua composição apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição do efluente sintético

Composição	Concentração (g.L <sup>-1</sup> )
Corante	0,10
Álcool polivinílico	0,50
NaCl	0,25
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,75

Fonte: MO J. et al, (2007).

### 3.3. Planejamento Experimental - Tipo Box-Behnken

O Planejamento Box-Behnken é um planejamento que trabalha com três fatores e três níveis (BOX e BEHNKEN, 1960; BOX et al, 1978). Este planejamento permite a construção de um modelo polinomial de segunda ordem para caracterizar e/ou otimizar um processo com um menor número de experimentos. Este modelo inclui pelo menos um nível intermediário (0), estabelecido para cada combinação de fatores. A Tabela 2 e Tabela 3 mostram os fatores e seus níveis para o desenvolvimento de Box-Behnken.

Tabela 2 - Fatores e seus níveis para o desenvolvimento de Box-Behnken.

<i>FATORES</i>	<i>NÍVEIS</i>			
<b>Fator A</b>	X1	-1	0	1
<b>Fator B</b>	X2	-1	0	1
<b>Fator C</b>	X3	-1	0	1

Fonte: (BOX, George EP; BEHNKEN, Donald W. 1960).

Tabela 3 - Fatores e seus níveis para o Reagente Fenton

<i>FATORES</i>	<i>NÍVEIS</i>			
<b>Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe</b>	X1	45:1	30:1	15:1
<b>C. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	X2	0,9862	1,3149	1,6436
<b>pH</b>	X3	2	3	4

Fonte: (BOX, George EP; BEHNKEN, Donald W. 1960).

#### 3.3.1. Procedimento de degradação pelo processo Reagente Fenton

Em um reator encamisado com temperatura controlada a 20°C por banho termostático e sob agitação magnética foi colocado 500 ml de efluente sintético e seu pH ajustado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e/ou CaOH) de acordo com o planejamento do experimento. Em seguida, adicionou-se o peróxido de hidrogênio e o sulfato ferroso nas concentrações estabelecidas, instante onde o tempo começou a ser cronometrado. No final de cada ensaio (30 minutos) foram coletadas amostras de 30 ml e tiveram seu pH ajustado para 8 para que a reação fosse interrompida. Manteve-se as amostras em repouso por 1 hora para que o material em suspensão floculasse/coagulasse. No final desta etapa, alíquotas foram retiradas, filtradas e analisadas.



### 3.4. Procedimento Analítico

Uma curva de calibração foi determinada no espectrofotômetro (Bel Photonics SP1105) para padronização e análise da concentração de corante no efluente sintético. A degradação foi analisada através de espectrofotômetro de feixe simples, no comprimento de onda de 600 nm após a preparação de cada amostra coletada. A preparação ocorreu após período de submissão ao processo, elevando-se o pH do meio reacional para 8, acrescentando-se CaOH. Após o ajuste do pH o sistema era mantido em repouso por 1 hora para que ocorresse a etapa de coagulação/floculação. No final desta etapa alíquotas eram retiradas, filtradas e analisadas.

### 4. Resultados e Discussões

A análise dos resultados obtidos para a Razão  $H_2O_2:Fe^{2+}$ , C.  $H_2O_2$  e pH do meio reacional, tendo como resposta o percentual de remoção de Cor, ou seja, a degradação do corante, foi realizada através de métodos estatísticos, utilizando-se o programa “Action” versão 3.5. de acordo com o planejamento fatorial Box Behnken com três repetições no ponto central (Tabela 4). O ensaio que apresentou maior % de remoção foi o de número 1, 99,55 % de degradação, onde se trabalhou com nível baixo de  $H_2O_2:Fe^{2+}$ , a concentração de  $H_2O_2$  em nível baixo e o pH do meio em nível intermediário.

Tabela 4 - Planejamento Box Behnken com matriz das variáveis independentes reais e a variável resposta para os ensaios de degradação.

Ensaio	Razão $H_2O_2:Fe^{2+}$	C. $H_2O_2$ (mg L <sup>-1</sup> )	pH	% Remoção de cor
1	45:1	0,9862	3	99,55
2	15:1	0,9862	3	98,51
3	45:1	1,6436	3	99,41
4	15:1	1,6436	3	99,38
5	45:1	1,3149	2	99,06
6	15:1	1,3149	2	99,32
7	45:1	1,3149	4	94,76
8	15:1	1,3149	4	97,38
9	30:1	0,9862	2	97,98
10	30:1	1,6436	2	98,11
11	30:1	0,9862	4	95,16
12	30:1	1,6436	4	92,74
13	30:1	1,3149	3	96,85
14	30:1	1,3149	3	97,96
15	30:1	1,3149	3	98,57

Fonte: Action versão 3.5.

### Análise da ANOVA

A Tabela 5 apresenta o resultado do teste de variância (ANOVA) realizado para o experimento.

Tabela 5 - Efeitos estimados do planejamento Box-Behnken.

Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	p-valor
Razão $H_2O_2:Fe^{2+}$	1	0,415	0,415	0,408	0,551
C. $H_2O_2$	1	0,297	0,297	0,292	0,612



Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	p-valor
pH	1	25,999	25,999	25,528	0,004
I(Razão H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :Fe <sup>2+</sup> )	1	10,233	10,233	10,047	0,025
I(C. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1	0,002	0,002	0,002	0,967
I(pH <sup>2</sup> )	1	10,534	10,534	10,343	0,024
Razão H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :Fe <sup>2+</sup> :C.H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	0,254	0,254	0,249	0,639
Razão H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :Fe <sup>2+</sup> :pH	1	1,389	1,389	1,363	0,296
C. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :pH	1	1,625	1,625	1,595	0,262
Resíduos	5	5,092	1,018		

Fonte: Action versão 3.5.

A análise da ANOVA mostra que o fator de estudo pH, possui significância estatística ao nível de 95% de confiança, p-valor < 0,05, sendo a variável que tem maior influência no processo da remoção de cor no processo de degradação, seguido do fator I(pH<sup>2</sup>) e I(Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup>) que também apresentaram valores abaixo de 0,05. Para avaliar os ajustes realizados pelo modelo e sua qualidade utilizamos os resultados encontrados para o coeficiente de determinação R<sup>2</sup> e o R<sup>2</sup> Ajustado permitindo ter ideia da qualidade do ajuste do modelo de regressão.

Tabela 6 - Tabela de Coeficientes de Determinação para o modelo proposto pelo Planejamento Box-Behnken.

Medida Descritiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado
<b>1,01</b>	5	0,91	0,74

Fonte: Action versão 3.5.

Como obtemos um R<sup>2</sup> de 0,91, indicando que o modelo quadrático representa bem a relação entre os efeitos e a resposta. Entretanto, para conhecer o modelo quadrático proposto possui significância estatística e se é útil para fazer previsão deve-se fazer uma análise de variância (ANOVA), para o modelo proposto.

#### Análise via Método de Superfície de Resposta (MSR)

Observando as superfícies de respostas obtêm-se também indícios que um modelo quadrático parece representar bem a relação entre a resposta (% de remoção de cor), e os fatores estudados. A Figura 1 e Figura 2 demonstram o contorno de área e a superfície de resposta para a remoção de cor (%), em função da Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup> e a C.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, para o pH do meio racional, no ponto central, ou seja, pH 3. Quando se compara a relação entre os fatores Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup> e a C.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pode-se observar que o percentual de remoção da Cor é mais efetivo nas extremidades (-1 e 1) enquanto para C. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seu potencial de trabalho está em nível baixo (-1).

O poder de relevância dados aos gráficos de superfície é permitir a visualização que se pode obter mais de 99% de remoção de Cor aplicando os fatores em níveis baixos, economizando nos custos do processo.

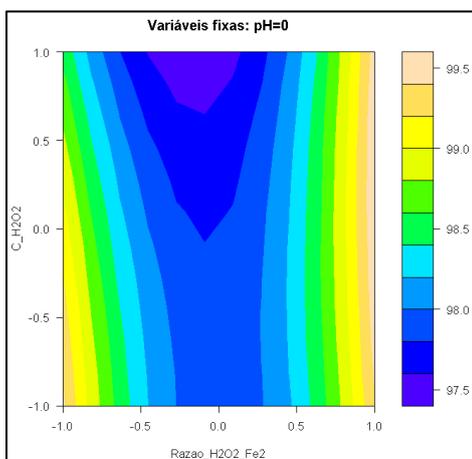


Figura 1 – Contorno (área) de C. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> versus Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup>. Fonte: própria do autor.

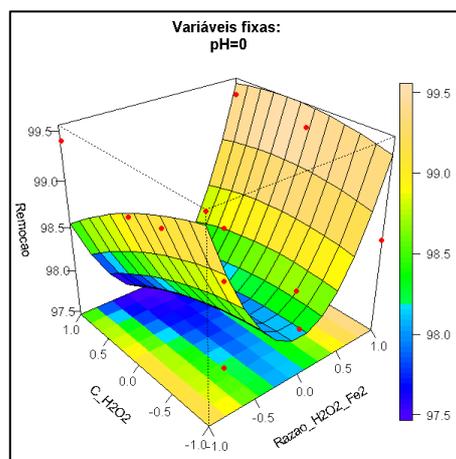


Figura 2 – Superfície de C. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> versus Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup>. Fonte: própria do autor.

A Figura 3 e Figura 4 demonstram o contorno de área e a superfície de resposta para a remoção de cor (%), em função da Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup> e do pH para a C. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no ponto central. Observa-se que o comportamento ilustrado demonstra maior remoção da cor em pHs baixos (-1) e intermediários (0) ao ponto de que próximo ao nível alto, ou seja, pH 4, o % remoção decresce consideravelmente apresentando a pior área de trabalho. A baixa remoção em pH 4 pode estar ocorrendo o fato da rápida decomposição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produzindo oxigênio molecular sem formação apreciável de HO<sup>•</sup>, resultando numa insignificante remoção de cor do efluente (RAMIZEZ et al., 2006). Também é demonstrado pelos gráficos de superfície que a Razão de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup> apresenta maior eficiência em seus extremos (1 e -1).

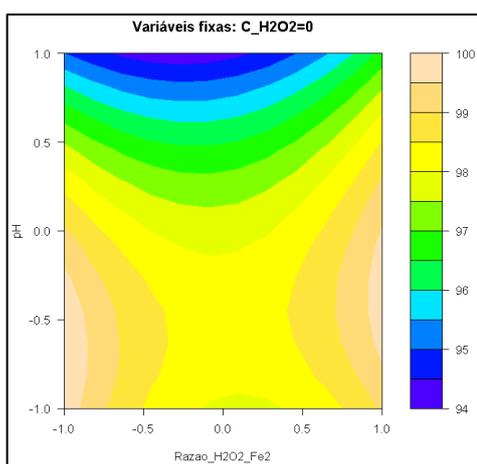


Figura 3 – Contorno (área) de pH versus Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup>. Fonte: própria do autor.

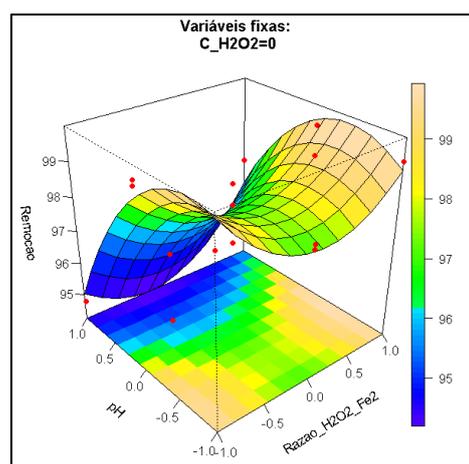


Figura 4 – Superfície pH versus Razão H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup>. Fonte: própria do autor.

Por fim, com relação a análise de superfícies, a Figura 5 e Figura 6 demonstram o contorno de área e a superfície de resposta para a remoção de cor (%), em função da C. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e o pH, quando a Razão de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:Fe<sup>2+</sup> estiver em seu nível intermediário (0). Observa-se que o pH é novamente fundamental para a eficiência do processo ao modo



que se o pH estiver em nível baixo ou próximo ao intermediário e a concentração de  $H_2O_2$  variar o % de remoção de cor não terá grandes variações.

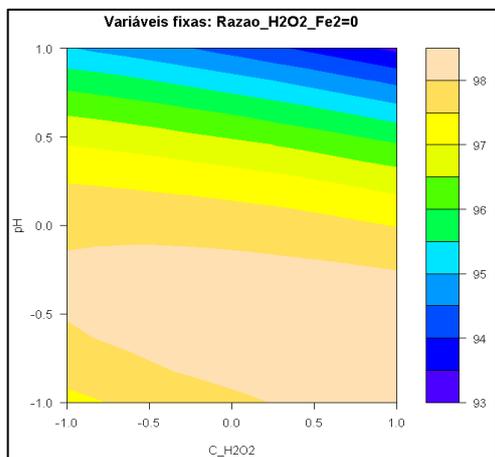


Figura 5 – Contorno (área) de pH versus Razão C.  $H_2O_2$ . Fonte: própria do autor.

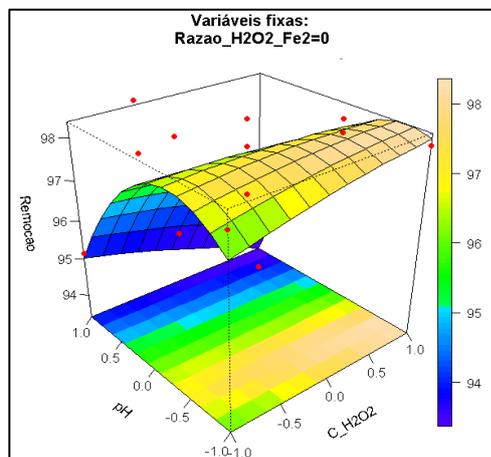


Figura 6 – Superfície pH versus Razão C.  $H_2O_2$ . Fonte: própria do autor.

### Processo de Otimização

Segundo Hassamer (2006), a velocidade de oxidação do poluente é limitada pela velocidade da formação do radical hidroxila, portanto, a chave para promover a eficiência do processo é otimizar as condições no sentido da aceleração do processo. A Figura 7 apresenta os resultados do processo de otimização realizado a partir dos experimentos realizados. O processo de otimização foi realizado por meio do Método de Superfície de Resposta (MSR). Para o fato de Razão  $H_2O_2:Fe^{2+}$  seu ponto de maior potencial para o modelo é trabalhar em nível baixo, ou seja, na proporção de 1:45. Para o fator de concentração de  $H_2O_2$  pouco é sua variação, contudo o gráfico aponta para que seja utilizado nível baixo, ou seja, 0,9862. Por fim o pH demonstra a extrema relevância de trabalhar em nível baixo ou intermediário variando de 2 a 3 respectivamente, justificando assim a queda na eficiência do processo em pH acima desses valores os quais já foram relatados por (PÉREZ et al, 2002 e TEIXEIRA & JARDIM, 2004).

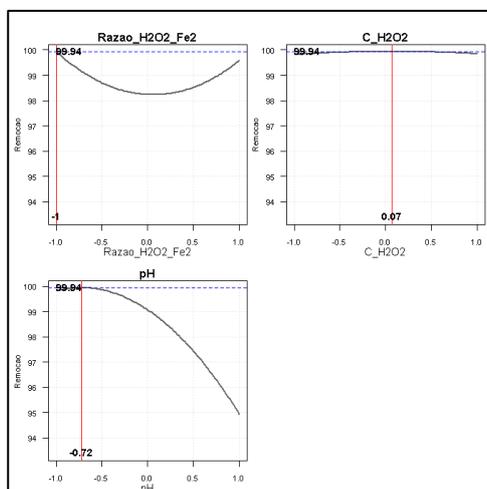


Figura 7 – Otimização no Planejamento Experimental proposto. Fonte: Action versão 3.5.



## 5. Considerações Finais

Em função dos resultados observados é possível concluir que, o processo Fenton demonstrou melhores condições de remoção e degradação do efluente sintético em nível baixo da Razão de  $\text{H}_2\text{O}_2:\text{Fe}^{2+}$  (0,1067 g), nível baixo da Concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,9862 ml) e intermediário de pH (3). No estudo de otimização foi demonstrado que para se obter melhores resultados seria necessário apenas reduzir o pH para próximo a 2, podendo assim atingir o % de remoção de 99,94. Perante os resultados obtidos e apresentados podemos concluir que esse processo é vantajoso economicamente com relação ao consumo de reagentes, já que a sua condição ótima utiliza quantidade menor de ferro, e de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , resultando também em uma menor quantidade de matéria ao final do processo. Apesar do Fenton ser muito visado para o uso da degradação de contaminantes, deve-se ressaltar que após seu uso, os sais de ferro formados devem ser retirados, visto que a legislação permite que haja de 0,3 a 5 mg/L de ferro, dependendo da classificação do recurso hídrico que será disposto e efluente tratado. (CONAMA 357). Contudo, nosso processo também demonstra eficiência nesse quesito, pois apresentou 0,03 mg/L de residual pós processo Fenton.

Por fim esclarecemos que este trabalho faz parte do projeto de mestrado de mestrado de Lucas Pisoni da Silva, o qual irá avaliar e comparar a eficiência de três processos oxidativos avançados, sendo que um deles irá utilizar o rejeito da indústria metal-mecânica. Será também avaliado a ecotoxicidade do efluente bruto e do efluente tratado.

## Referências

- ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. 2016. Disponível em: <[http://www.abit.org.br/conteudo/links/apresentacoes/2016/app-circuito-para\\_fernando.pdf](http://www.abit.org.br/conteudo/links/apresentacoes/2016/app-circuito-para_fernando.pdf)> Acesso em: 19 de abril de 2017.
- BAPTISTA, I.E., Avaliação da Toxicidade de Efluentes Gerados em uma Indústria Têxtil Catarinense. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Curso de Pós-Graduação em Engenharia sanitária e Ambiental, UFSC, Florianópolis. 2001.
- BOX, George EP; BEHNKEN, Donald W. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*, v. 2, n. 4, p. 455-475, 1960.
- CISNEROS, R.L., ESPINOZA, A.G., LITTER, M.I. Photodegradation of an azo dye on the textile industry. *Chemosphere*, 48, pp.393-399. 2002.
- BRASIL. Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L. C. A. Resíduos sólidos de curtumes como absorventes para remoção de corantes em meio aquoso. *Química Nova*, v. 28, n. 3, p. 433-437, 2005.
- DOS SANTOS A.B.; CERVANTES F.J.; VAN LIER, J.B. A review on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: perspectives for anaerobic biotechnology. *Bioresource Technology*, v.98, pp.2369-2385, 2007.
- GUARATINI C. C. I.; ZANONI M. V. B. - Corantes Têxteis. *Química Nova*. v.23, n.1, pp.71-78, 2000.



**SEFIC2018**  
**UNILASALLE**

CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA A  
REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES

**22 A 27**  
DE OUTUBRO

HASSEMER M. E. N., Oxidação Fotoquímica - UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - Para degradação de poluentes em efluentes da indústria têxtil. 2006. 175. Tese (Doutor em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

HOUK V. S., The genotoxicity of industrial wastes and effluents: a review. *Mutat Res* v.277, pp.91-138, 1992.

MACHADO L, L. Utilização de Compósito Carvão/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Piritita como Catalisadores da Peroxidação de Efluentes Têxteis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

MO J. et al. Pretreatment of a dyeing wastewater using chemical coagulants. *Science Direct. Dyes and Pigments* v. 72. Pp. 240-245, 2007.

NOGUEIRA M. R. C., Tratamento de efluentes líquidos através de adsorção e oxidação catalítica utilizando catalisadores mistos de ferro e manganês. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2010.

PÉREZ, M.; TORRADES, F.; GARCIA-HORTAL, J.A., DOMÉNECH, X.; PERAL, J. Removal of organic contaminants in paper pulp treatment effluents under fenton and photo-fenton conditions. *Applied Catalysis*, v. 36, p. 63-74. 2002.

PORTAL ACTION. Planejamento de experimento. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br>> Acesso em: 05 abril 2018.

RAMOS I. R. A. Aplicação de Membranas Dinâmicas ao Tratamento de Efluentes na Indústria Têxtil. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente). Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho, Portugal. 2002.

RAMIREZ J.H.; COSTA C.A.; MADEIRA L.M.; MATA G.; VICENTE M.A.; CERVANTES M.L.R.; PEINADO A.J.L.; ARANDA R.M.M. Fentonlike oxidation for Orange II solutions using heterogeneous catalyst based on saponite clay. *Applied Catalysis*, v. 71, p. 44-56. 2006.

RODRIGUES, T. A. Estudo da interação biosortiva entre o corante reativo procion blue mxg e as linhagens CCB 004, CCB 010 e CCB 650 de *Pleurotus ostreatus* paramorfogênico. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003.

SLEIMAN M. et al. Photocatalytic degradation of azo dye Metanil Yellow: Optimization and kinetic modeling using a chemometric approach. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 77, n. 1-2, p. 1-11, 2007.

TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. F. Processos oxidativos avançados: Caderno temático. Volume 03. UNICAMP, Campinas, 83 f. Apostila. 2004.

VANDEVIVERE P. C.; BIANCHI R.; VERSTRAETE W. Treatment and Reuse of Wastewater from the Textile Wet-Processing Industry: Review of Emerging Technologies. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* n.72, pp.289-302, 1998.

VOGELPOHL A.; KIM S-M. Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment. *Jour. Ind. Chem.*, v. 10, pp.33-40, 2004.