



## Tratamento de Efluentes Têxteis Utilizando Processos Físico-Químicos e Oxidativos Avançados

J. C. Tosato Jr <sup>a</sup>, M. R. T. Halasz <sup>b</sup>

*a. MPTA, Faculdade de Aracruz, Espírito Santo, juniortosato@ig.com.br*

*b. MPTA, Faculdade de Aracruz, Espírito Santo, halasz@fsjb.edu.br*

---

### Resumo

Este estudo tem como objetivo avaliar os desempenhos de três técnicas de tratamento de efluentes têxteis, especificamente a coagulação/sedimentação, a ozonização e o fenton, aplicados isoladamente, bem como, a aplicação dos processos oxidativos após o tratamento físico-químico. Foram verificados os efeitos dos tratamentos utilizados nas remoções das concentrações dos parâmetros cor aparente, DBO, DQO, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Os resultados obtidos revelaram que todas as propostas de tratamento alcançaram os padrões para lançamento no corpo receptor, sendo que, as reduções máximas foram alcançadas após o tratamento com coagulação/sedimentação seguido de ozonização, são elas: 94,39% para sólidos sedimentáveis, 93,5% para sólidos totais dissolvidos, 97,5% para sólidos sedimentáveis, 78,1% para DQO, 67,5% para DBO, 98,3% para turbidez e 96,6% para cor aparente. Com base nestes resultados, a utilização dos processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes têxteis, justifica-se pelo potencial de remoção dos parâmetros estudados, em função do tempo, proporcionando ganhos econômicos e ambientais para a indústria.

*Palavras-chave: efluentes têxteis, ozonização, fenton, coagulação.*

---

### 1 Introdução

De acordo com Collins (1989), a indústria têxtil apresenta como característica a produção de poluentes nos três estados físicos da matéria, no entanto, o efluente líquido gerado por esse ramo industrial, em virtude do grande volume, requer maior atenção, por apresentar grande potencial de danos ao meio ambiente. Além disso, o efluente das indústrias têxteis deve ser analisado de forma especial em decorrência da grande variedade de corantes utilizados.

Siquara (1994) observou que, as elevadas concentrações de DQO nos efluentes líquidos das indústrias têxteis, são decorrentes de uma grande carga de compostos orgânicos presentes nesse tipo de efluente. Neste sentido, O'Neill et al (1999) observaram que, aproximadamente 50% dos corantes utilizados no setor têxtil, acabam sendo descartados junto com o efluente, contribuindo significativamente para o aumento da cor e da concentração da DQO, bem como, para a apresentação de baixas concentrações de DBO. De acordo como o World Bank Group (1998), a relação DBO/DQO dos efluentes das indústrias têxteis está entre 0,2 e 0,5, com

DBO próxima a 700 mg/litro.

De acordo com Collins (1989), outra observação importante é sobre a presença de altas concentrações de sólidos em suspensão, o que provoca um considerável aumento da turbidez do efluente. Assim, devem ser aplicados métodos e técnicas mais eficientes no tratamento desse efluente, para que sejam alcançados os padrões mínimos de descarte.

A Associação Nacional das Empresas de Lavanderia – ANEL (1996) considera que todo efluente líquido gerado por uma lavanderia ou indústria têxtil, antes de ter iniciada sua destinação final, deverá ser submetido aos processos de tratamento que lhes melhor se aplique, para que sejam alcançados os padrões mínimos de descarte, segundo os órgãos ambientais de cada estado.

Conforme observado por Salgado (2009), os tratamentos físico-químicos como a coagulação, sedimentação e filtração, seguidos de outros processos como o biológico ou o carvão ativado estão entre os mais utilizados pelas indústrias têxteis. Mas alguns estudos recentes apontam outras alternativas, tais como a ozonização e o processo de Fenton.

A ozonização atualmente é considerada um dos mais promissores processos de oxidação, com o qual, pode-se controlar os níveis de poluentes orgânicos em águas residuárias de lavanderia têxteis.

De acordo com Hoigne (1998), foi constatado que a reação entre os poluentes da água e o ozônio ocorre tanto por oxidação direta ( $\text{pH} < 6$ ) ou por uma via indireta ( $\text{pH} > 6$ ), em que os radicais oxigênio ( $\text{O}^*$ ), resultantes da decomposição do ozônio, servem como agentes oxidantes. A ozonização também pode ser utilizada para a remoção de substâncias inorgânicas, como adjuvante para os processos de coagulação e floculação.

Turhan et al (2009) estudaram a remoção da cor de efluentes têxteis através da ozonização. O processo de descoloração do corante foi realizado por borbulhamento de ozônio, na parte inferior de uma coluna que contém a solução corante.

Sens et al (2002) relataram em seu estudo, que diversos problemas envolvem as estações de tratamento de efluentes têxteis, especialmente o baixo nível de eficiência de remoção da cor. Foram investigados os tratamentos desses efluentes por meio da ozonização e da coagulação. Foi verificada a dosagem mínima de ozônio que fosse efetiva para o tratamento, e ensaios de coagulação e floculação determinaram a dosagem ótima de sulfato de alumínio, de cal e de polímero, para avaliar a remoção de cor e turbidez.

Para Lin et al (1999), uma alternativa simples e eficiente para o tratamento de efluentes têxteis é o processo de fenton. Este método emprega o íon ferroso e peróxido de hidrogênio em condições ácidas, onde  $\text{Fe}^{2+}$  é oxidado a  $\text{Fe}^{3+}$  e um forte agente oxidante, o radical hidroxila ( $\text{OH}^*$ ), é formado. Os íons férricos também são excelentes agentes coagulantes, portanto, o processo de fenton pode exercer dupla função, de oxidação e de coagulação no processo de tratamento.

Vilve et al (2009) apresentaram a eficiência do processo fenton na degradação de compostos orgânicos do efluente gerado por uma lavanderia. Foram investigadas a influência do  $\text{Fe}^{2+}$  em relação ao peróxido de hidrogênio, a dose de peróxido de hidrogênio, o pH e o tempo de tratamento.

Pérez et al (2002) demonstraram a utilização simultânea do fenton e irradiação, para o tratamento de efluentes têxteis, gerados durante um processo de

branqueamento utilizando peróxido de hidrogênio.

## 2 Metodologia

As coletas das amostras deste estudo seguiram as recomendações do Standard Methods (2005) e ABNT/NBR 9898 de junho de 1987, e os procedimentos apresentados foram executados em triplicata e a temperatura ambiente.

### 2.1. Coleta da amostra

A primeira etapa do estudo foi a coleta do efluente, o qual teve que ser padronizado, para que triplicatas pudessem ser realizadas nas mesmas condições experimentais. Para isso, foi escolhido como fonte do efluente, o processo de lavação SUPER STONE SALSA RI-19.

Os componentes do processo de lavação supracitado foram: 20 kilogramas de jeans; 200 litros de desengomante GB número 7; 20 gramas de Faip Extra AM 500 0,10%; 240 gramas de Texgal AMG 0,6 gramas/litro; 120 gramas de ácido acético 0,6%; 40 gramas de enzima ácida a 0,2% e 500 litros de água.

### 2.2. Caracterização físico-química

O volume das amostras coletadas para caracterização físico-química foi de 1 litro. A Tabela 1 apresenta os parâmetros e os métodos utilizados na caracterização das amostras.

**Tabela 1 – Parâmetros e métodos utilizados na caracterização das amostras.**

<i>Ensaio</i>	<i>Método</i>
Cor aparente	SM 2120 A/B
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	SM 5210 B
Demanda química de oxigênio (DQO)	SM 5220 D
pH	SM 4500 H + B
Sólidos sedimentáveis	SM 2540 F
Sólidos suspensos totais	SM 2540 D
Sólidos totais dissolvidos	SM 2540 C
Turbidez	SM 2130 B

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21<sup>st</sup> Ed., 2005.

A partir da caracterização de cada amostra, antes e após os respectivos tratamentos, os parâmetros foram verificados e comparados para a determinação da eficiência de cada processo de tratamento proposto neste trabalho.

### 2.3. Tratamento do efluente

O tratamento do efluente líquido da empresa, até então, é baseado em etapas de coagulação e sedimentação, como podemos observar na Fig. 1. O lodo gerado é secado à sombra e tem como disposição final o aterro sanitário da cidade.

O efluente bruto, gerado na etapa de descarte, foi submetido a cinco alternativas diferentes de tratamento:

- 1- Efluente bruto tratado por coagulação e sedimentação com o sulfato de alumínio como agente coagulante;
- 2- Efluente bruto tratado por coagulação e sedimentação com o sulfato de alumínio adicionado de polímero catiônico como agentes coagulantes;

3- Efluente bruto tratado por coagulação e sedimentação com o sulfato de alumínio como agente coagulante, seguido do tratamento com processos oxidativos avançados (fenton e ozonização);

4- Efluente bruto tratado por coagulação e sedimentação com o sulfato de alumínio e polímero catiônico como agentes coagulantes, seguido do tratamento com processos oxidativos avançados (fenton e ozonização);

5- Efluente bruto tratado com processos oxidativos avançados (fenton e ozonização).

Após os tratamentos propostos, os efluentes tratados foram caracterizados seguindo os mesmos critérios citados anteriormente, afim de, proporcionar a verificação das eficiências individuais de cada proposta de tratamento, bem como compará-las.

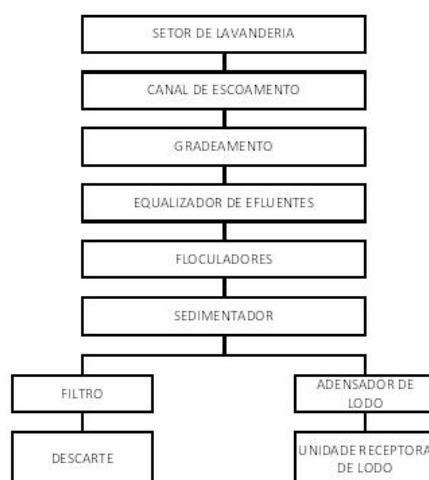


Figura 1 - Fluxograma das etapas do tratamento utilizado pela indústria.

#### 2.4. Determinação da concentração ótima do coagulante

A intensa coloração do efluente têxtil dificultou a realização dos ensaios de determinação da concentração ótima dos agentes coagulantes durante a execução dos ensaios de Jar-test.

O procedimento adotado para sanar essa dificuldade foi clarificar o efluente. Para isso, o efluente foi acidificado até pH 1,5. Após a acidificação foi adicionado hipoclorito de sódio 2% ao efluente. O volume de efluente contido em cada cuba amostral foi de 1 litro. Antes de ser utilizado para a determinação das concentrações dos agentes coagulantes, o efluente clarificado foi alcalinizado com NaOH 10% corrigido o pH para 6,5.

Os primeiros testes utilizaram o sulfato de alumínio 20% e cada um dos ensaios foi realizado com 1 litro do efluente. As diferentes concentrações do agente coagulante foram: 0,01%; 0,02%; 0,04%; 0,06%; 0,08% e 0,1%.

A etapa de coagulação teve a duração de dez minutos, sendo dois minutos sob agitação de 120 rpm e oito minutos sob agitação de 10 rpm. Logo após foi realizada a etapa de sedimentação, onde o conteúdo de cada cuba permaneceu em repouso pelo período de 1 hora.

A determinação da concentração ótima do agente coagulante foi realizada pela verificação dos padrões de formação dos flocos e por avaliação dos resultados dos testes de turbidez de cada cuba amostral.

Com relação ao teste com polímero catiônico, foram realizados ensaios com o sulfato de alumínio 0,04% e polímero catiônico PRAESTOL 2640 Z.

Foram avaliadas as seguintes concentrações do polímero: 0 (branco, apenas com sulfato de alumínio a 0,04%); 0,06 ppm; 0,05 ppm; 0,04 ppm; 0,035 ppm; 0,03 ppm; 0,025 ppm; 0,02 ppm; 0,015 ppm; 0,01 ppm e 0,005 ppm.

Utilizou-se a mesma estratégia para determinação do tempo do teste e avaliação do resultado.

#### *2.5. Tratamento com ozonização*

Foi determinado que o pH das amostras submetidas à ozonização seria 6,5, reproduzindo a condição do jar-test, para isso, as amostras foram alcalinizadas com hidróxido de sódio (NaOH) 10%. Foram investigados quatro tempos de reação: 15, 30, 45 e 60 minutos.

Um litro do efluente foi disposto em um erlenmeyer de 4 litros que foi colocado sobre um agitador magnético e uma mangueira injetora de ozônio foi introduzida no erlenmeyer. A vazão de ozônio produzida pelo gerador e introduzida no erlenmeyer foi de 200 mg/s.

As amostras submetidas à ozonização foram: o efluentes bruto sem pré-tratamento, o efluentes tratado por coagulação e sedimentação, com sulfato de alumínio 0,04% e o efluentes tratados por coagulação e sedimentação, com sulfato de alumínio 0,04% e polímero catiônico 0,02 ppm.

#### *2.6. Tratamento com fenton*

Antes de iniciar as reações de fenton, o efluente bruto teve seu pH corrigido para 5 com adição de hidróxido de sódio (NaOH) 10%. Foram investigados quatro tempos de reação: 15, 30, 45 e 60 minutos.

Um litro do efluente foi disposto em um erlenmeyer de 4 litros sendo colocado sobre um agitador magnético e sendo adicionados 0,31 gramas de sulfato ferroso e 930 µl de peróxido de hidrogênio.

As amostras submetidas à reação de fenton foram: efluentes brutos sem pré-tratamento, efluentes tratados por coagulação e sedimentação, com sulfato de alumínio 0,04% e efluentes tratados por coagulação e sedimentação, com sulfato de alumínio 0,04% e polímero catiônico 0,02 ppm.

### **3 Resultados e Discussões**

O resultado da caracterização do efluente têxtil padrão, oriundo do processo de lavagem SUPER STONE SALSA RI-19 está apresentado na Tab. 2.

Tabela 2 – Caracterização físico-química do efluente têxtil.

AMOSTRA 01	EFLUENTE BRUTO.								
	ENSAIO	BATELADA 1	BATELADA 2	BATELADA 3	MÉDIA	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	MÉTODO	DESVIO PADRÃO
pH	4,36	4,38	4,33	4,4	...	1 a 14	SM 4500 H+ B	0,025166115	6 a 9 ***
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	32,4	32,8	33,1	32,8	ml/l	1	SM 2540 F	0,351188458	1 ***
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	1788,3	1779,8	1783,7	1783,9	mg/l	1	SM 2540 C	4,25480121	500 *
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	408,4	412,8	411,3	410,8	mg/l	1	SM 2540 D	2,236813209	155 **
DQO	394,8	398,7	393,3	395,6	mg/l O <sub>2</sub>	15	SM 5220 D	2,787471973	360 **
DBO	107,8	105,3	105,9	106,3	mg/l O <sub>2</sub>	2	SM 5210 B	1,30511813	85% de redução* ou 150 **
TURBIDEZ	49,5	46,9	51,2	49,2	UNT	0,058	SM 2130 B	2,165640783	100 *
COR APARENTE	2756,4	2745,9	2759,8	2754,0	mg/l Pt-Co	0,05	SM 2120 A/B	7,245918391	75 *

\* COMPAM n°10 de 1986; \*\* CONSEMA 128/2006; \*\*\* COMPAM n°10 de 1986 e CONSEMA 128/2006.

Na Tab. 2 também é possível observar os limites aceitáveis dentro da legislação pertinente. É possível observar que todos os parâmetros estão fora destes limites, com destaque para a cor aparente.

Conforme é possível observar na Fig. 2, a clarificação do efluente possibilitou a verificação das diferenças nos padrões de formação dos flocos, em cada faixa de concentração do agente coagulante, durante a execução do ensaio de Jar-test. Os resultados utilizando somente o sulfato de alumínio (20%) em diversas dosagens encontram-se na Tab. 3. A concentração de sulfato de alumínio definida como ideal foi de 0,04%.

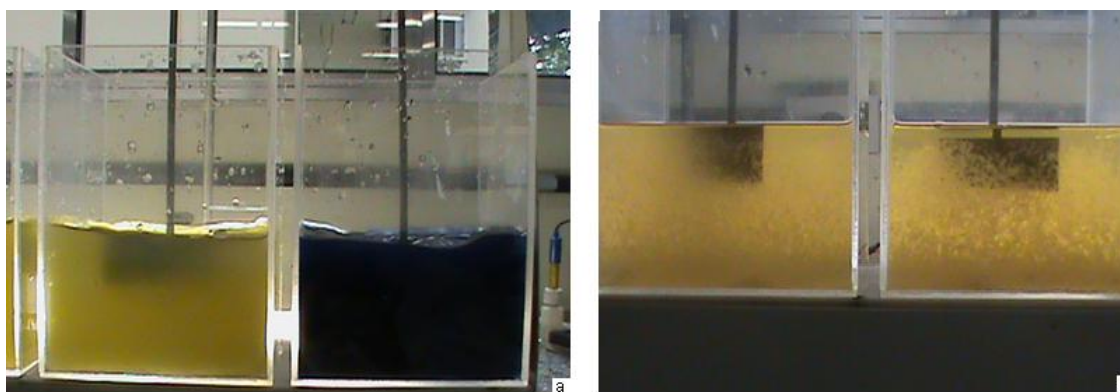


Figura 2 – a) comparação da amostra antes e depois da clarificação; b) visualização dos flocos.

Tabela 3 – Determinação da concentração ótima de sulfato de alumínio.

Sulfato de alumínio 20% (ml)	Concentração do Sulfato de alumínio na cuba	Presença de flocos	Característica do sobrenadante	Turbidez (NTU)	Conclusão final
5	0,10%	Positivo	Límpido	20,8	Excesso de coagulante
4	0,08%	Positivo	Límpido	21,2	Excesso de coagulante
3	0,06%	Positivo	Límpido	21,2	Excesso de coagulante
2	0,04%	Positivo	Límpido	21,3	Concentração ótima
1	0,02%	Positivo	Turvo	39,9	Déficit de coagulante
0,5	0,01%	Positivo	Turvo	44,6	Déficit de coagulante

A determinação da concentração ótima de polímero catiônico foi pautada no padrão de formação dos flocos e nos valores de turbidez das amostras dos sobrenadantes das cubas do Jar-test, conforme apresenta a Tab. 4.

Tabela 4 – Determinação da concentração de polímero catiônico.

Sulfato de alumínio 20% (ml)	Concentração do Sulfato de alumínio na cuba	Polímero catiônico (ppm)	Presença de flocos	Velocidade de sedimentação	Característica do sobrenadante	Turbidez (NTU)	Conclusão final
2	0,04%	0,06	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	12,9	Excesso de polímero
2	0,04%	0,05	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	12,9	Excesso de polímero
2	0,04%	0,04	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	13	Excesso de polímero
2	0,04%	0,035	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	13,1	Excesso de polímero
2	0,04%	0,03	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	13,1	Excesso de polímero
2	0,04%	0,025	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	13,2	Excesso de polímero
2	0,04%	0,02	Positivo	Maior que o padrão	Límpido	13,2	Concentração ótima
2	0,04%	0,015	Positivo	Semelhante ao padrão	Límpido	20,1	Déficit de polímero
2	0,04%	0,01	Positivo	Semelhante ao padrão	Límpido	20,8	Déficit de polímero
2	0,04%	0,005	Positivo	Semelhante ao padrão	Límpido	21	Déficit de polímero
2	0,04%	0	Positivo	Padrão	Límpido	21,5	...

A concentração de 0,02 ppm de polímero catiônico foi definida como a concentração ideal para promover, junto com o sulfato de alumínio 0,04%, a coagulação ideal do efluente estudado.

### 3.1. Efluente tratado somente com coagulação/sedimentação

O efluente têxtil, tratado por coagulação/sedimentação, utilizando apenas o sulfato de alumínio 0,04% como agente coagulante apresentou os seguintes resultados (Tab. 5). É possível observar que tanto os sólidos sedimentáveis quanto os dissolvidos continuam acima do limite permitido, mas o valor mais crítico é a cor aparente.

Tabela 5 – Tratamento somente com coagulação/sedimentação ( $Al_2(SO_4)_3$  0,04%).

AMOSTRA 02	EFLUENTE TRATADO COM SULFATO DE ALUMÍNIO 0,04%.								
ENSAIO	BATELADA 1	BATELADA 2	BATELADA 3	MÉDIA	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	MÉTODO	DESVIO PADRÃO	LIMITE ACEITÁVEL
pH	5,12	5,18	5,09	5,13	...	1 a 14	SM 4500 H+ B	0,045825757	6 a 9 ***
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	4,2	4,5	4,1	4,3	ml/l	1	SM 2540 F	0,2081666	1 ***
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	686,4	681,2	678,8	682,1	mg/l	1	SM 2540 C	3,885013942	500 *
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	44,6	41,1	42,4	42,7	mg/l	1	SM 2540 D	1,769180601	155 **
DQO	122,4	124,7	121,3	122,8	mg/l O <sub>2</sub>	15	SM 5220 D	1,734935157	360 **
DBO	45,6	44,8	44,9	45,1	mg/l O <sub>2</sub>	2	SM 5210 B	0,435889894	85% de redução* ou 150 **
TURBIDEZ	2,06	2,03	2,05	2,04	UNT	0,058	SM 2130 B	0,015275252	100 *
COR APARENTE	873,2	870,3	868,9	870,8	mg/l Pt-Co	0,05	SM 2120 A/B	2,19317122	75 *

\* COMPAM n°10 de 1986; \*\* CONSEMA 128/2006; \*\*\* COMPAM n°10 de 1986 e CONSEMA 128/2006.

O efluente têxtil, tratado por coagulação/sedimentação, utilizando o sulfato de alumínio 0,04% e o polímero catiônico 0,02 ppm como agentes coagulantes apresentou os seguintes resultados (Tab. 6). Os resultados mostram que a adição do polímero, como é atualmente realizada na empresa estudada, não reflete em resultados significativamente positivos.

Tabela 6 – Tratamento somente com coagulação/sedimentação ( $Al_2(SO_4)_3$  0,04%) com adição de e polímero catiônico 0,02 ppm.

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

AMOSTRA 03		EFLUENTE TRATADO COM SULFATO DE ALUMÍNIO 0,04% E POLÍMERO CATIÔNICO 0,02 PPM.							
ENSAIO	BATELADA 1	BATELADA 2	BATELADA 3	MÉDIA	UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	MÉTODO	DESVIO PADRÃO	LIMITE ACEITÁVEL
pH	5,08	5,14	5,09	5,1	...	1 a 14	SM 4500 H+ B	0,032145503	6 a 9 ***
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	3,8	3,9	3,8	3,8	ml/l	1	SM 2540 F	0,057735027	1 ***
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	674,6	679,8	682,2	679	mg/l	1	SM 2540 C	3,885013942	500 *
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	35,4	33,6	33,9	34,3	mg/l	1	SM 2540 D	0,964365076	155 **
DQO	124,6	126,1	123,7	124,8	mg/l O <sub>2</sub>	15	SM 5220 D	1,212435565	360 **
DBO	44,7	43,9	43,9	44,1	mg/l O <sub>2</sub>	2	SM 5210 B	0,461880215	85% de redução* ou 150 **
TURBIDEZ	2,08	2,01	2,08	2,06	UNT	0,058	SM 2130 B	0,040414519	100 *
COR APARENTE	867,2	869,9	873,2	870,1	mg/l Pt-Co	0,05	SM 2120 A/B	3,00499584	75 *

\* COMPAM n°10 de 1986; \*\* CONSEMA 128/2006; \*\*\* COMPAM n°10 de 1986 e CONSEMA 128/2006.

### 3.2. Efluente tratado com coagulação/sedimentação acrescidos de ozonização

Tanto o efluente bruto como o efluente previamente tratado por coagulação seguido de sedimentação foram submetido a ozonização por diversos períodos de tempo. Os resultados podem ser observados na Tab. 7, onde fica claro que após 30 minutos de ozonização, é possível atingir valores de parâmetros que permitem o lançamento no corpo receptor, com exceção dos sólidos sedimentáveis e da cor aparente.

Outro ponto a ser considerado é que o efluente bruto tratado diretamente com a ozonização requer um tempo maior de reação para alcançar os valores aceitáveis para lançamento do efluente.

Tabela 7 - Efluente tratado com coagulação/sedimentação acrescidos de ozonização

ENSAIO	RESULTADO	EFLUENTE TRATADO COM SULFATO DE ALUMÍNIO 0,04%				EFLUENTE TRATADO COM SULFATO DE ALUMÍNIO 0,04% E POLÍMERO CATIÔNICO 0,02 PPM				EFLUENTE BRUTO				UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	MÉTODO	LIMITE ACEITÁVEL
		OZONIZAÇÃO				OZONIZAÇÃO				OZONIZAÇÃO							
		15'	30'	45'	60'	15'	30'	45'	60'	15'	30'	45'	60'				
pH	4,4	5,1	5,09	5,08	5,07	5,07	5,09	5,09	5,1	4,42	4,37	4,38	4,35	...	1 a 14	SM 4500 H+ B	6 a 9 ***
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	32,8	3,8	3,1	2,14	2,12	2,8	2,6	2,01	1,84	10	6,7	3,8	2,7	ml/l	1	SM 2540 F	1 ***
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	1783,9	542,6	315,4	170,2	131,4	544,3	297,9	141,2	116,2	1295,3	670,3	251,6	149	mg/l	1	SM 2540 C	500 *
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	410,8	36,8	34,8	21,5	24	31,6	27	15,7	10,2	50	38,4	25	17,8	mg/l	1	SM 2540 D	155 **
DQO	395,6	114,2	98,8	88,1	91	120,7	102,7	91,4	86,7	281,4	203,7	152	152	mg/l O <sub>2</sub>	15	SM 5220 D	360 **
DBO	106,3	41,6	35,5	34,5	36,2	38,5	40,4	42,9	36	67,2	44,1	44,3	43,9	mg/l O <sub>2</sub>	2	SM 5210 B	85% de redução* ou 150 **
TURBIDEZ	49,2	1,69	1,46	1,5	1,51	1,46	1,28	1,1	0,85	28,3	14,8	7,7	34,4	UNT	0,058	SM 2130 B	100 *
COR APARENTE	2754,0	527	211,3	152,5	116,1	482,4	184	121	92,5	1094,2	490,7	187,3	120,6	mg/l Pt-Co	0,05	SM 2120 A/B	75 *

\* COMPAM n°10 de 1986; \*\* CONSEMA 128/2006; \*\*\* COMPAM n°10 de 1986 e CONSEMA 128/2006.

### 3.3. Efluente tratado com coagulação/sedimentação acrescidos do fenton

Tanto o efluente bruto como o efluente previamente tratado por coagulação seguido de sedimentação foram submetido ao tratamento com fenton por diversos períodos de tempo. Os resultados podem ser observados na Tab. 8, onde fica claro que para alcançar o valor que permite o lançamento para o parâmetro sólidos totais dissolvidos, o efluente bruto teve que ser tratado por fenton por 45 minutos. Quando pré-tratado com coagulação e sedimentação esse tempo foi reduzido para 30 minutos. Os parâmetros cor aparente e sólidos sedimentáveis apresentaram, após o tratamento com fenton, valores acima do aceitável para lançamento. Ficou



evidente que o efluente bruto tratado diretamente com o fenton requer um maior tempo de reação para alcançar os valores aceitáveis para lançamento do efluente.

Tabela 8 - Efluente tratado com coagulação/sedimentação acrescidos do fenton

ENSAIO	EFLUENTE BRUTO RESULTADO	EFLUENTE TRATADO COM SULFATO DE ALUMÍNIO 0,04%				EFLUENTE TRATADO COM SULFATO DE ALUMÍNIO 0,04% E POLÍMERO CATIÔNICO 0,02 PPM				EFLUENTE BRUTO				UNIDADE	LIMITE DE DETECÇÃO	MÉTODO	LIMITE ACETÁVEL
		FENTON				FENTON				FENTON							
		15'	30'	45'	60'	15'	30'	45'	60'	15'	30'	45'	60'				
pH	4,4	5,09	5,09	5,06	5,09	5,07	5,09	5,05	5,06	5,09	5,09	5,08	5,06	..	1 a 14	SM 4500 H+ B	6 a 9***
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	32,8	4	3,7	2,9	2,9	3,9	3,2	2,7	2,9	17,7	9,6	5,4	6,4	ml/l	1	SM 2540 F	1***
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	1783,9	616,3	366,2	172,2	181,5	597,8	332,7	147	192	1507,3	706	368,8	380,7	mg/l	1	SM 2540 C	500*
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	410,8	42,1	34,7	29,5	31,2	38,4	30,8	24,4	30,2	70,3	44,3	31,7	23	mg/l	1	SM 2540 D	155**
DQO	385,6	110,7	107	100	107,3	108,8	99,2	108,4	107,3	320,4	225	133,7	139,9	mg/l O <sub>2</sub>	15	SM 5220 D	360**
DBO	106,3	43,9	40,5	39	41	40,9	40,8	41,5	47	78,7	43,8	43	43,3	mg/l O <sub>2</sub>	2	SM 5210 B	85% de redução <sup>o</sup> ou 150**
TURBIDEZ	49,2	1,8	1,66	1,62	1,7	1,8	1,52	1,53	2	44,6	8,81	4,5	6,6	UNT	0,058	SM 2130 B	100*
COR APARENTE	2754,0	631,9	389,5	137,6	162,4	616	244,4	118,4	189,7	1383,2	394,5	180,1	204,6	mg/l Pt-Co	0,05	SM 2120 A/B	75*

\* COMPAM nº10 de 1986; \*\* CONSEMA 128/2006; \*\*\* COMPAM nº10 de 1986 e CONSEMA 128/2006.

## 4 Conclusões

Não foram verificadas variações significativas, nas caracterizações físico-químicas dos efluentes tratados pelo processo físico-químico coagulação e sedimentação, com ou sem polímero. Assim, nas condições do estudo, a utilização do polímero catiônico no tratamento desse efluente, não justifica seu custo operacional.

O pré-tratamento do efluente têxtil com coagulação e sedimentação mostrou ser uma ferramenta útil, pois sem sua realização, os processos oxidativos avançados requerem tempos de reação mais prolongados, em cerca de 50%, para que os percentuais de redução máximas sejam alcançados.

Os tratamentos por processos oxidativos avançados favoreceram maiores reduções de cor aparente, turbidez e sólidos, enquanto que as reduções da DQO e da DBO foram mais discretas, corroborando com informações de diversos autores.

A utilização dos processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes têxteis justifica-se pelo potencial de remoção dos parâmetros estudados em função do tempo, proporcionando vantagens econômicas e ambientais para a indústria.

Não foram verificadas variações significativas entre os resultados alcançados com a ozonização ou fenton. Contudo, os melhores resultados de remoção foram alcançados após o tratamento por coagulação e sedimentação seguido de ozonização, caracterizando-se como a melhor alternativa de tratamento para o efluente têxtil apresentado por este estudo.

## 5 Referências Bibliográficas

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

São Paulo – Brazil – May 18<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> – 2011

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE LAVANDERIA-ANEL, 1996, Guia de Recomendações e Procedimentos para Lavanderias Hospitalares: Externa e Interna. São Paulo. p. 42.

COLLINS, A. G.; GRASSO, D.; FARVARDIN, M. R., 1989, Evaluating preozonation as an aid to coagulation-flocculation processes. Proceedings of Ninth Ozone World Congress. June 3-9, New York, USA.

HOIGNE, J. , 1998, The chemistry of ozone in water, in: S. Stucki, (Ed.), Process Technologies for Water Treatment, Plenum Publishing Corporation, New York, pp. 121-143.

LIN, S. H., LIN, C. M., LEU, H. G., 1999, Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by Fenton oxidation, Water Res. 33.

O'NEILL, C., HAWKES, F.R., HAWKES, D.L., LOURENÇO, N.D., PINHEIRO, H.M., DELEE, W., 1999, Colour in Textile Effluents – Sources, Measurements, Discharge Consents and Simulation: a Review. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, V. 74, p. 1009-1018.

PÉREZ, M., TORRADES, F., DOMÈNECH, X., PERAL, J., 2002, Fenton and photo-Fenton oxidation of textile effluents. Water Research. 36: 2703-2710.

SALGADO, B. C. B., 2009, Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Eng. Sanit. Ambient., vol.14, n.1, pp. 1-8.

SENS, M. L., HASSEMER, M. E. N., 2002, Tratamento do Efluente de uma Indústria Têxtil. Processo Físico-Químico com Ozônio e Coagulação/Floculação. Engenharia Sanitaria e Ambiental. v. 7, n.1, jan/mar e n.2, abr/jun, pp. 30-36.

SIQUARA, L. O., 1994, A influência do íon cloreto na determinação da demanda química de oxigênio. Revista Têxtil, São Paulo: R. da Silva Haydu e Cia Ltda.

TURHAN, K., TURGUT, Z., 2009, Decolorization of direct dye in textile wastewater by ozonation in a semi-bath bubble column reactor. Desalination; 242: 256-263.

VILVE, M., HIRVONEN, A., SILLANPAA, M. 2009, Effects of reaction conditions on nuclear laundry water treatment in Fenton process. Journal Hazardous Materials, 164: 1468-1473.

WORLD BANK GROUP., 1998, Pollution Prevention and Abatement Handbook. P. 408-412.