



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**JAYNE COSME ALBUQUERQUE**

**AVALIAÇÃO DA DESCOLORAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS CONTENDO  
CORANTES TÊXTEIS SINTÉTICOS, USANDO O PROCESSO  $H_2O_2/UV$**

**CAMPINA GRANDE  
2016**

JAYNE COSME ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO DA DESCOLORAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS CONTENDO  
CORANTES TÊXTEIS SINTÉTICOS, USANDO O PROCESSO H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Área de concentração:** Engenharias.

**Orientador:** Prof.Dr. Fernando Fernandes Vieira.

**CAMPINA GRANDE  
2016**

A345a Albuquerque, Jayne Cosme.

Avaliação da descoloração de águas residuárias contendo corantes têxteis sintéticos, usando o processo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV [manuscrito] / Jayne Cosme Albuquerque. - 2016.  
40 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira, Departamento de Engenharia sanitária e ambiental".

1. Efluentes sintéticos. 2. Tratamento de efluente. 3. Águas residuárias. 4. Processo oxidativo avançado. I. Título.

21. ed. CDD 628.166

JAYNE COSME ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO DA DESCOLORAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS CONTENDO  
CORANTES TÊXTEIS SINTÉTICOS, USANDO O PROCESSO  $H_2O_2/UV$

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

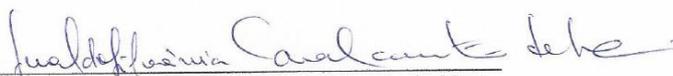
Área de concentração: Engenharias.

Aprovada em: 01/06/2016.

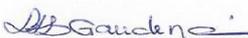
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira (orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba – DESA/CCT/UEPB



Profa. Dra. Geralda Gilvânia Cavalcante de Lima  
Universidade Estadual da Paraíba – DESA/CCT/UEPB



Profa. Msc. Lúcia Maria de Araújo Lima Gaudêncio  
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

**CAMPINA GRANDE  
2016**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, amigo sempre presente em todos os momentos difíceis e felizes da minha vida, dedico-O todas as vitórias alcançadas em minha vida inclusive essa, pois sem Ele nada teria feito.

Aos meus queridos familiares, meus irmãos (Jaison, Jailton, Antônio Cláudio e José Nilton), minhas irmãs (Janadilsa, Maria de Fátima e Jailda) e principalmente minha mãe Maria do Carmo Albuquerque e demais familiares, pelo incentivo e apoio na realização do meu sonho.

Ao meu querido namorado Igor Henry, por todo amor dedicado a mim, pelo companheirismo, compressão nas horas que precisei me ausentar em prol dos estudos. E por nunca permitir a minha desistência, pois sempre acreditou em mim e no meu potencial.

Ao meu orientador Prof.º Dr. Fernando Fernandes Vieira, que me acompanhou, transmitindo-me sempre tranquilidade. Nestes cinco anos de curso, sempre se mostrou um excelente profissional comprometido com o ensino acadêmico me dando a oportunidade de trabalhar com ele desenvolvendo pesquisas no projeto PIBIC e ainda cursando duas disciplinas.

Aos meus amigos, Antônio Cavalcante, Mikael Vasconcelos, Alvânia Barros, Natália Costa e aos demais formandos, Renann Andrade, Mariah de Sordi e Rafael pela amizade e companheirismo que recebi nesta jornada.

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar a eficiência de descoloração do efluente têxtil sintético preparado através da dissolução de corante em água de abastecimento aplicando o Processo Oxidativo Avançado, usando o oxidante peróxido de hidrogênio e a emissão da radiação Ultravioleta como reagentes. Para a realização do experimento, foi implantado um sistema formado por uma câmara contendo três lâmpadas germicidas e um sistema de agitação magnético com a finalidade de analisar o comportamento da oxidação da substância química em relação aos parâmetros operacionais como: tempo, concentração de  $H_2O_2$ , concentração de corante e da radiação Ultravioleta. Baseado nos dados experimentais foi feito um ajuste com o modelo de 1° de ordem para representar o decaimento da absorvância do efluente têxtil. Observou-se que a degradação do efluente sintético apresenta uma relação entre a concentração inicial, a concentração do peróxido de hidrogênio e taxa de incidência de radiação ultravioleta, resultando em melhor decaimento da absorvância utilizando simultaneamente uma concentração elevada de peróxido de hidrogênio (1000 mg/L) e com maior incidência (com uma lâmpada) obtendo uma redução da absorvância de até 99 %.

**Palavras-Chave:** Processo Oxidativo Avançado. Efluente sintético. Tratamento de efluente. Peróxido de hidrogênio. Absorvância.

## ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the bleaching efficiency of synthetic textile effluent prepared by dissolving dye in water supply applying Oxidative Process Advanced using hydrogen peroxide oxidation and emission of radiation as UV reagents. For the experiment, a system consisting of a camera was implanted containing three germicidal lamps and a magnetic stirring system for the purpose of analyzing the behavior of the oxidation of the chemical in relation to operating parameters such as time,  $H_2O_2$  concentration, concentration colorant and ultraviolet radiation. Based on the experimental data an adjustment was made with the 1st order model to represent the decrease in absorbance of the effluent was têxtil. Observou that the degradation of the synthetic effluent shows a relationship between the initial concentration, the concentration of hydrogen peroxide and incidence of ultraviolet radiation, resulting in better decrease in absorbance using both a high concentration of hydrogen peroxide (1000 mg / L) and with a greater incidence (with a lamp) obtaining a reduction of up to 99% absorbance.

**KEYWORDS:** Process Oxidative Advanced. Synthetic effluent. Effluent treatment. Concentration. Absorbance.

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Etapas da geração de efluente de uma indústria têxtil.....	17
Tabela2: Processos Oxidativo Avançados.....	22
Tabela 3: Mostra os níveis para os quatro parâmetros operacionais no reator.....	29
Tabela 4: Planejamento Fatorial completo com o ponto central.....	30
Tabela 5: Planejamento Experimental com a remoção da cor.....	34
Tabela 6: Coeficientes de Regressão para o processo $H_2O_2$ .....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de 1ª ordem .....	28
Figura2: Sistema Exeprimental .....	31
Figura 3: Fluxograma do procedimento experimental utilizando o processo H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV.....	31
Figura 4: Relação entre a absorbância e o comprimento de onda (nm).....	33
Figura 5: Curva de Calibração do espectrofotômetro .....	34
Figura 6: Gráfico de Pareto para a resposta da eficiência da remoção da cor.....	35
Figura 7: Osvalores observados gerados pelo STATISTIC.....	36
Figura 8: Representação do corante(A) e do Peróxido (B).....	36
Figura 9: Representação do modelo de 1ªordem.....	37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 GERAL .....	14
2.2 ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL .....	15
3.2 NO BRASIL .....	16
3.3 PROCESSOS PRODUTIVO .....	16
3.4 CORANTES SINTÉTICOS .....	17
3.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL .....	19
3.6 TRATAMENTOS DE EFLUENTES .....	19
<b>3.6.1 Tratamento Químico.....</b>	<b>20</b>
3.6.1.1 Processo Oxidativo Avançado.....	20
3.6.1.2 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV .....	22
3.6.1.3 Sistema Ozônio/UV .....	23
3.6.1.4 O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	23
3.6.1.5 O <sub>3</sub> /OH <sup>-</sup> .....	24
3.6.1.6 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /Fe <sup>+2</sup> .....	24
3.6.1.7 TiO <sub>2</sub> /UV .....	25
<b>3.6.2 Fatores que influenciam o processo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV .....</b>	<b>26</b>
3.6.2.1 Radiação ultravioleta .....	26
3.6.2.2 Concentração do contaminante.....	26
3.6.2.3 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	27
3.6.3 Cinética das Reações Fotocatalíticas.....	27
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS .....	29
4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
4.3 SISTEMA EXPERIMENTAL .....	30
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
5.1 CURVA DE CALIBRAÇÃO .....	32
5.2 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....	33
5.3 AJUSTE DOS DADOS DA ABSORBÂNCIA .....	35
<b>5.3.1 Regressão .....</b>	<b>36</b>

**6 CONCLUSÃO ..... 38**  
**REFERÊNCIAS..... 39**

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição das águas é uma consequência das atividades antrópicas ao meio ambiente. Esta poluição é proveniente de várias fontes, entre elas existem as indústrias, que são grandes consumidoras de água, principalmente aquelas relacionadas à produção de bens de consumo a partir da transformação e do processamento dos recursos naturais (HESPANHOL et al., 2005). A indústria têxtil é um exemplo deste tipo de indústria, pois em quase todo processo produtivo, principalmente no tingimento utiliza-se grande volume de água. Gera-se conseqüentemente efluentes que quando não tratados corretamente podem causar uma série de impactos ao meio ambiente como a poluição das águas.

A indústria têxtil representa um extraordinário valor econômico-social, absorvendo expressiva quantidade de mão de obra. No Brasil, há cerca de 5.000 indústrias têxteis assim distribuídas: 11% de grande porte; 21% de pequeno; e 68% como micro-empresas. O setor têxtil brasileiro ocupa o 5º lugar em empregos diretos e o 6º em faturamento (GONDIM et al., 2007). São consideradas como sendo grandes fontes poluidoras, pois seus efluentes oriundos das atividades de tingimento e também de outras atividades contêm grandes quantidades de contaminantes. Nestes contaminantes existem variados tipos de compostos químicos (corantes) que de acordo com Guaratini et al. (2000), podem ser classificados de acordo com a sua estrutura química ou pelos métodos pelos quais são fixados à fibra têxtil.

Todo efluente deve ser devidamente tratado a fim de evitar danos aos corpos hídricos, tanto à qualidade como também a sua disponibilidade. Para garantir o controle, uso e descarte deste efluente é indispensável que estas indústrias se adéquem à legislação ambiental especificamente à Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Para melhor eficiência do tratamento de um efluente têxtil, deve-se levar em consideração a composição deste efluente, pois de acordo com as substâncias químicas (corantes) presentes pode-se utilizar diversos tipos de tratamentos para remoção destas substâncias. Entre os tratamentos recomendados existem os físicos, os químicos e os biológicos. Nos tratamentos físicos, os processos utilizados são basicamente as etapas convencionais, como aqueles que envolvem separação de fases como flotação, decantação, sedimentação e filtração. Já nos tratamentos

químicos são usadas substâncias químicas para remoção das cargas poluidoras, estas substâncias são os agentes de coagulação, flotação, desinfecção e oxidação.

No entanto, para a remoção das cargas orgânicas presentes nestes efluentes, usa-se tratamentos biológicos e os principais processos utilizados em rotinas de tratamento de acordo com Salvador (2011) são os de oxidação biológica aeróbia (ex. sistema de lodos ativados, filtros biológicos e lagoas de estabilização), anaeróbia (reatores anaeróbios de fluxo ascendentes) e mista (digestão do lodo e fossas sépticas).

Existem substâncias químicas que são recalcitrantes como os organoclorados, compostos aromáticos e os corantes. Estas substâncias são bastante resistentes à degradação mesmo quando submetidas ao tratamento convencional, devido a vários fatores, entre eles apresentar ligações muito fortes em sua estrutura molecular. Desta maneira buscam-se novas alternativas de tratamento para remoção destas substâncias.

Dentre os processos químicos de eliminação destes compostos existem os processos oxidativos avançados, uma tecnologia que utiliza espécies químicas oxidantes como ozônio e peróxido de hidrogênio para gerar radicais de hidroxila com a finalidade de promover uma degradação mais efetiva do poluente. Como também o peróxido de hidrogênio, que é muito utilizado nos processos de descoloração de efluente têxtil e também para eliminar a coloração persistente de efluentes pós-tratamento biológicos (BRITO et al., 2012).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a potencialidade do processo oxidativo avançado (fotólise do peróxido de hidrogênio com radiação ultravioleta) no tratamento de efluente têxtil sintético, preparado através da dissolução de um corante em água de abastecimento.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- ✓ Otimizar em bancada o processo fotoquímico de tratamento dos efluentes;
- ✓ Avaliar a influência da variação da concentração do peróxido de hidrogênio no processo de tratamento;
- ✓ Avaliar o modelo cinético de primeira ordem para a redução da cor.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil teve o seu crescimento e surgimento por volta do século XVII e final do século XIX com a Primeira Revolução Industrial que ocorreu na Inglaterra e se espalhou para os demais países. “Ela foi responsável pela revolução industrial, pois os teares foram as primeiras máquinas a serem criadas.” (LISBOA, 2013, p.6). Estas indústrias, nessa época, usavam o vapor como meio de locomoção das máquinas para a fabricação dos produtos. E logo após a Segunda Guerra Mundial e com o avanço da tecnologia, o homem passou a usar a eletricidade e o petróleo na produção industrial que assim se desenvolveu mais. Mas somente com a Terceira Revolução Industrial, que ocorreu por volta de 1970, a industrialização por meio da informática, revolucionou o mercado com grandes avanços em diversos segmentos. Desta forma, a indústria têxtil tornou-se uma atividade econômica importante mundialmente, pois movimenta um grande capital e de acordo com Lisboa (2013, p. 14) isso ocorre principalmente sob influência da moda:

O desenvolvimento da moda alimenta a indústria, já que a cada coleção são produzidas novas roupas, tendo uma grande movimentação na produção. As tendências da moda cada vez duram um período menor de tempo, por isso, motivados pela estética e beleza, as pessoas consomem mais roupas para estarem sempre atualizadas, por isso movimenta muito capital (LISBOA, 2013, p.14).

Na indústria têxtil existem várias etapas no processo produtivo como a transformação de fibras em fios, de fios em tecidos e de tecidos em peças de vestuário, têxteis domésticos (roupa de cama e mesa). Estas indústrias por apresentarem processo produtivo muito diversificado dividem-se basicamente em fiação, tecelagem, malharia, beneficiamento de tecidos e confecção, podendo ser uma indústria verticalizada, com todos os processos, ou ainda ter somente uma ou algumas fases da produção. E ainda outros processos intermediários como por exemplo: engomadeira.

E ainda pode-se destacar que neste segmento industrial os processos de beneficiamento possuem um consumo de água elevado. De acordo com o SINDITÊXTIL-SP (2009), o consumo de água para se produzir uma tonelada do produto final pode chegar a 630 m<sup>3</sup> de água. Segundo Immich (2006) cerca de 12%

evapora e o restante é descartado como efluente na natureza após tratamento. Sendo assim, o lançamento desses efluentes em ambientes naturais é problemático, tanto para a vida aquática quanto para os seres humanos, devido aos seus efeitos mutagênico e toxicológico.

Desta forma busca-se maneiras que sejam viáveis para a remoção desses compostos químicos nos rejeitos industriais, e um dos desafios enfrentados pelo setor têxtil é a diversidade dos corantes, pois não pertencem a uma mesma classe de compostos químicos mas englobam diversos tipos com grupos funcionais diferenciados dificultando assim o tratamento para removê-los.

### 3.2 NO BRASIL

A origem das indústrias têxteis e confecções surgiu na época do café mas como o país era um produtor primário, a indústria ficou em segundo plano, começando a existir quando os produtores de café investiram na indústria com o excedente de capital das exportações (LISBOA, 2013). No entanto, com o desenvolvimento da indústria têxtil o Brasil se tornou uma referência em produção de tecidos e confecções contando com cerca de 30.000 empresas têxteis espalhadas em todo território brasileiro desenvolvendo diversas atividades como fiações, tecelagens, malharias, estamparias, tinturarias e confecções gerando aproximadamente 1,6 milhão de empregos formais e informais (LISBOA, 2013).

E ainda tem como complemento uma forte colaboração com o desenvolvimento industrial brasileiro, pois estimula o desenvolvimento de outras indústrias como as máquinas têxteis, embalagens e fibras artificiais e sintéticas. E esta produção é mais relevante, segundo Viana et al. (2008), no estado de São Paulo sendo o maior estado produtor de têxteis do país em todos os segmentos da cadeia, da fiação às confecções.

### 3.3 PROCESSO PRODUTIVO

Além da etapa do tingimento, mas em quase todas as etapas de produção do tecido como estamparia, lavagem e acabamento geram efluentes. Estima-se que para produzir 1 kg de tecido, em média, é necessário 80 litros de água e ao final do processo produtivo aproximadamente 80% desta água gera um efluente

heterogêneo e poluente ao meio ambiente. Segundo Resende (2012), estas indústrias geram em média 50 m<sup>3</sup> de resíduos por hora na produção de 4,25 milhões de metros de tecido em um mês. Esse número pode alcançar 300 m<sup>3</sup> por hora em uma empresa de grande porte, para fabricar 8,5 milhões de metros de tecidos no mesmo período.

Tabela 1: Etapas de geração de efluente de uma indústria têxtil.

<b>PROCESSO PRODUTIVO DA INDÚSTRIA TÊXTIL</b>		
ÁGUA	TINGIMENTO	EFLUENTES
	ESTAMPARIA	
	LAVAGEM	
	ACABAMENTO	

Fonte : Adaptado Perez,1999.

Segundo Guaratini et al. (2000), a tecnologia moderna no tingimento consiste de várias etapas que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com o destino do material a ser tingido, a além das considerações econômicas.

### 3.4 CORANTES SINTÉTICOS

Corantes são materiais normalmente aplicados em solução e se fixam a um substrato, que pode ser um tecido, papel, cabelo, couro ou outros materiais. Preferencialmente, os corantes devem ser estáveis à luz e aos processos de lavagem. Também devem apresentar fixação uniforme com as fibras em todo o substrato. E ainda pode-se utilizar duas formas diferentes para colorir um objeto: cobrindo-o com uma determinada substância colorida, ou fazendo com que o objeto seja atacado por um composto, de modo a alterar a sua coloração superficial. Para Guaratini et al.:

[...] devido à sua própria natureza, os corantes são altamente detectáveis a olho nu, sendo visíveis em alguns casos mesmo em baixas concentrações. Este comportamento apresenta vantagens e desvantagens, pois uma pequena quantidade lançada em efluentes aquáticos pode causar uma acentuada mudança de coloração dos rios, mas pode também ser facilmente detectada pelo público e autoridades que controlam os assuntos ambientais (GUARATINI et al., 2000, p.73).

Desta forma, existe uma ampla variedade de corantes de tinturaria, como os corantes reativos que apresentam uma alta solubilidade e por isso dão uma maior estabilidade ao tingimento; Os corantes diretos que são solúveis em água, usado para o tingimento de algodão onde se ligam à fibra através de ligações de van der Waals, e os compostos químicos coloridos são insolúveis em água, são chamados de corantes azóicos (SOTTORIVA, 2002).

Os corantes sintéticos são utilizados como reagentes essenciais nas indústrias têxteis, principalmente na fase de tinturaria. Estes tipos de corantes são mais requeridos devidos as suas características como, por exemplo, é acessível, encontra-se com baixo custo, constância de estrutura e grande variedade de cores. Isso faz com que a produção e utilização destes corantes sintéticos seja cada vez mais difundida (GUARANITI et al., 2000).

Entre os corantes sintéticos, os que mais se destacam são os compostos azo, por serem a classe mais diversificada e, também, serem economicamente mais importante. O grupo funcional azo, é considerado cromóforo (conjunto de átomos de uma molécula responsável pela cor). A intensidade da sua absorção e também as tonalidades da cor variam de acordo com os demais elétrons  $\pi$  e  $n$  que estão em conjugação. Estes compostos quando inersos em uma solução aquosa, apresentam coloração bastante intensa, o que os torna corantes de grande utilidade (SOTTORIVA, 2002).

Um dos principais problemas ambientais enfrentado pelas têxteis está relacionado com a utilização destes corantes. Por que são resistentes à degradação natural e de comprovado caráter carcinogênico, mutagênico e altamente prejudicial ao meio ambiente, principalmente ao meio aquático. Desta maneira tem-se a necessidade de tratar todo efluente industrial que contenha estas substâncias químicas.

### 3.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer finalidade tem como principal objetivo garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e ao meio ambiente, além de permitir um melhor equilíbrio de forças entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos (FIESP, 2004). Para atingir este objetivo de uma relação harmônica entre o meio ambiente e as ações antrópicas é indispensável a criação de leis e resoluções, como a Lei 9.433/97 (estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos), que entre suas atribuições e competências têm estimulado a prática de reciclagem de água para usos não potáveis e em processos industriais.

No Brasil não há leis ou resoluções que determinem a prática de reuso na indústria, no entanto, existe a obrigatoriedade de tratamento antes do descarte no corpo hídrico, prevista na Resolução 430/2011 do Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente, que determina de acordo com o artigo 16 que todos os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previsto neste artigo.

Com relação a presença de corantes sintéticos presentes no efluente, a resolução do CONAMA 357/2005 determina que “Corantes provenientes de fontes antrópica: Virtualmente ausentes”. Porém não estabelece padrões de lançamentos específicos para os diversos tipos de corantes. Os valores máximos permitidos para o padrão de cor em cada classe de corpo hídrico, medido em miligramas de platina-cobalto por litro não deverão ser ultrapassados após o lançamento. A inexistência de valores numéricos para os parâmetros de lançamento, entretanto, pode causar dificuldades em classificar um efluente como próprio para o lançamento.

Assim todos efluentes devem ser tratados objetivando eliminar a coloração aparente na água, porém a escolha do tratamento economicamente viável depende do efluente gerado que varia de acordo com atividade desenvolvida pela indústria têxtil.

### 3.6 TRATAMENTOS DE EFLUENTES

Para a remoção da cor e de compostos orgânicos dissolvidos nos efluentes usa-se comumente uma variedade de tratamentos que envolvem diversos processos

que podem ser físico, químico e biológico, como por exemplo, adsorção em carbono ativado, coagulação química e sistema de lodo ativado. Segundo Kunz et al. (2002), os processos combinados podem ser utilizados de maneira complementar, de tal forma que possam suprir deficiências apresentadas pelos processos quando aplicados isoladamente. A combinação destes tratamentos dado a um efluente industrial vai depender dos objetivos que se quer atingir, e ainda do fator custo-benefício.

### **3.6.1 Tratamento Químico**

Entre os tratamentos químicos usados para remoção de cor dos efluentes industriais existem os Processos Oxidativos Avançados. Estes processos são uma nova alternativa de tratamento para remoção da cor das águas residuárias industriais.

#### **3.6.1.1 Processo Oxidativo Avançado**

Os processos de oxidativos avançados são caracterizados pela geração de radicais hidroxila ( $\bullet\text{OH}$ ), desta forma, a produção destes radicais é o passo fundamental para a eficiência dos Processos Oxidativos Avançados (POA'S). Quanto mais eficientemente estes radicais forem gerados, maior será o poder oxidativo (DEZOTTI, 1998). Estes radicais são altamente reativos, têm potencial de oxidação de 2,80 V e são recomendados para oxidar as substâncias químicas resistentes à degradação ou aos tratamentos convencionais. Para estimular a formação destes radicais utilizam-se agentes oxidantes e catalisadores. Os agentes oxidantes são as substâncias químicas, quando submetidas à irradiação UV, liberam radicais de hidroxila responsáveis pela oxidação. No Quadro 1, está os principais agentes oxidantes e seu respectivo o potencial de oxidação.

Quadro 1-Relaciona a espécie química com potencial redox.

Espécie	Potencial redox (V)
Flúor	3,03
Radical hidroxila	2,80
Oxigênio atômico	2,42
Ozônio	2,07
Peróxido de hidrogênio	1,78
Permanganato	1,68
Dióxido de cloro	1,57
Cloro	1,36
Iodo	0,54

Fonte: Teixeira e Jardim, 2004.

Através destes oxidantes, gera-se os radicais de hidroxila, podendo ser o ozônio ( $O_3$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), semicondutores como o dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), entre outros como pode ser observado no quadro 1.

Na formação destes radicais livres, existem muitos métodos disponíveis. Estes podem ser não fotoquímicos (não ocorre absorção da luz ultravioleta) e fotoquímicos (absorvem luz UV) (MUNTER, 2001). Quanto aos sistemas operacionais empregados para estimular a produção destes radicais, podem ser heterogêneos quando emprega-se no meio reacional catalisadores sólidos, ou homogêneos. A tabela 2, mostra os principais sistemas reacional desenvolvidos nos Processos Oxidativos Avançados.

Tabela 2- Sistemas reacional dos Processos Oxidativos Avançados.

<b>SISTEMAS HOMOGÊNEOS</b>	<b>COM IRRADIAÇÃO</b>
	$H_2O_2/UV$
	$O_3/UV$
	<b>SEM IRRADIAÇÃO</b>
	$O_3/H_2O_2$
	$O_3/OH^-$
	$H_2O_2/Fe^{+2}$
<b>SISTEMAS HETEROGÊNEOS</b>	<b>COM IRRADIAÇÃO</b>
	$TiO_2 /H_2O_2/UV$

Fonte: Adaptado de HUANG,1993.

Embora os processos oxidativos apresentem vantagens sobre os métodos convencionais de tratamento, um dos obstáculos para a aplicação dos POA'S em

larga escala tem sido atribuído ao elevado custo dos reagentes, e ao custo operacional envolvendo as fontes de energia como a luz ultravioleta (GALINDO et al., 2001). Apesar de serem importantes ferramentas do ponto de vista ambiental, poucos processos oxidativos avançados têm sido pesquisados a fundo em escala industrial. Ainda existem muitas incertezas sobre o mecanismo químico exato, custo e viabilidade dos equipamentos e do processo. No entanto, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas na tentativa de elucidar não só os mecanismos das reações, como também a eficiência comparativa dos diferentes processos oxidativos avançados e seu modelamento matemático (YOUNG; JORDAN, 1995).

### 3.6.1.2 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

O tratamento fotoquímico H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV se baseia na geração do radical (●OH) utilizando peróxido de hidrogênio como o agente oxidante e na presença de radiação ultravioleta. Através de uma reação em meio aquoso, ocorre uma fissão homolítica (ruptura de uma ligação química) nas substâncias resistentes à degradação. Exemplos destas substâncias, são os compostos orgânicos principalmente os fenóis que contêm anéis aromáticos (estrutura molecular que apresentam ligações fortes) em sua composição. Desta forma usa-se o peróxido de hidrogênio, por ser um oxidante energético, em processos de degradação e também para eliminar a coloração persistente de efluentes sintéticos provenientes das indústrias têxteis. A reação (1) a seguir demonstra o processo de formação dos radicais de hidroxila através do peróxido de hidrogênio (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).



Este sistema se baseia no fato do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> absorver radiação ultravioleta e se dissociar formando radicais (●OH), altamente reativos como pode ser observado no quadro 1. Desta forma, como o peróxido de hidrogênio é um reagente incolor, não absorve a luz visível e absorve apenas pouca radiação ultravioleta UV com comprimento de onda acima de 280 nm para a ativação deste reagente, ou seja,

para que ocorra a sua fissão homolítica, somente a radiação rica em energia e de onda curta da faixa UV-C é utilizável (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

### 3.6.1.3 Sistema Ozônio/UV

Esta tecnologia foi aplicada pela primeira vez na década de 70 para o tratamento de efluentes cianetados (RAJESHWAR; IBANEZ, 1997). Hoje, assim como o sistema H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV, este sistema tem uma larga aplicação para degradação de compostos recalcitrantes. Entretanto, a baixa solubilidade do ozônio em água e sua baixa eletividade limitam a aplicação deste método (DEZOTTI, 1998).

O efeito provocado pela ação conjunta do ozônio com irradiação UV também tem sido amplamente estudado, pois se torna interessante à medida em que coexistem 3 processos de degradação: a fotólise direta, a ozonização direta e a oxidação por radicais hidroxila, que geram reações rápidas e não seletivas (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

Essa conversão começa com a fotólise de ozônio produzindo peróxido de hidrogênio. Em seguida, o íon hidroperóxido (HO<sub>2</sub><sup>-</sup>) pode reagir com ozônio para produzir O<sub>3</sub><sup>-</sup> e radicais hidroxila (TEIXEIRA; JARDIM, 2004). Estas espécies iniciam uma reação em cadeia e, como resultado, compostos normalmente refratários à simples ozonização são rapidamente convertidos a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Uma forma simplificada de expressar a reação envolvida nesse sistema é (3):



### 3.6.1.4 O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Os processos que utilizam ozônio também podem ser combinados com peróxido de hidrogênio. As reações que ocorrem entre eles iniciam-se com uma transferência eletrônica do peróxido de hidrogênio, produzindo o íon hidroperóxido. Numa segunda etapa, o íon hidroperóxido reage com ozônio para produzir O<sub>3</sub><sup>-</sup> e o radical hidroperóxido (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

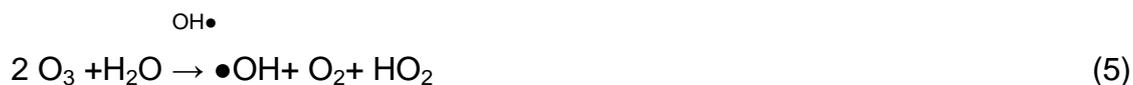
Estes produtos podem formar radicais de hidroxila e, desde que esses radicais estejam formados, a geração de outros radicais hidroxila segue o mecanismo autocatalítico. Uma forma simplificada de expressar a reação envolvida neste sistema é pela equação (4):



#### 3.6.1.5 O<sub>3</sub>/•OH

A utilização do sistema utilizando ozônio juntamente com a radical hidroxila (•OH) tem sido objeto de vários estudos de vários grupos de pesquisa. Entre algumas das aplicações testadas, pode-se citar: remoção de cor, degradação de herbicidas e produtos farmacêuticos (TEIXEIRA, 2002).

Em meio básico, a decomposição de ozônio pode ser representada de forma simplificada pela equação:



A utilização dos sistemas utilizando ozônio juntamente com peróxido de hidrogênio, UV e •OH tem sido objeto de vários estudos de vários grupos de pesquisa. Entre algumas das aplicações testadas, pode-se citar: remoção de cor, degradação de herbicidas e produtos farmacêuticos (TEIXEIRA, 2002).

#### 3.6.1.6 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>+2</sup>

Dentre os POA'S o processo de Fenton se destaca por ser uma poderosa fonte de radicais hidroxila a partir da mistura de sais de ferro e peróxido de hidrogênio (SILVA et al., 2004). Como pode ser observado na equação (6):



Devido à alta reatividade do radical hidroxila, este pode iniciar diferentes tipos de reações com diferentes grupos funcionais formando radicais orgânicos instáveis que são posteriormente oxidados até CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e ácidos inorgânicos provenientes

do heteroátomo presente. A eficiência desta reação pode ser amplamente aumentada, quando se incide luz, o que é atribuído principalmente à fotorredução de Fe (III) a Fe (II), o qual reage posteriormente com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ao aumento da decomposição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pela absorção da luz UV e à fotólise de complexos orgânicos de Fe (III) gerados durante a decomposição (SILVA et al., 2004).

Além de alta eficiência, outras vantagens com relação a outros processos envolvem a pronta disponibilidade comercial do oxidante e baixo investimento capital quando comparado aos processos de remediação disponíveis no mercado.

### 3.6.1.7 TiO<sub>2</sub>/UV

Um dos caminhos para se produzir radicais de hidroxila é pela reação entre a radiação ultravioleta e uma partícula de semicondutor, podendo-se citar, entre outros, o TiO<sub>2</sub>, que é um dos fotocatalizadores mais usados nos processos de degradação heterogêneo (TEIXEIRA; JARDIM, 2004). Ele possui uma banda de valência (BV), que é totalmente ocupada pelo elétrons, e uma banda de condução (BC), onde os elétrons podem se mover livremente. Quando uma partícula deste semicondutor é irradiada com fótons de energia maior do que a energia de “bandgap”, o elétron é transferido da banda de valência para a banda de condução, gerando um par de elétron/lacuna, como está representado na equação (7) (TEIXEIRA, 2002).



Este par pode sofrer recombinação interna ou se deslocar para a superfície da partícula do semicondutor, onde pode sofrer recombinação externa ou participar de reações de oxi-redução, com adsorção de espécies como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e •OH (TEIXEIRA, 2002).

### 3.6.2 Fatores que influenciam o processo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

O processo oxidativo avançado H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV sofre a influência de vários fatores, como a concentração do contaminante, a presença e concentração do oxidante H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, as propriedades, características da fonte luminosa, do sistema de operação, da geometria e dos parâmetros hidrodinâmicos do reator, durabilidade, eficiência, custo, entre outros (TEIXEIRA, 2002).

#### 3.6.2.1 Radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta pertence ao espectro eletromagnético e está situada na faixa de 40 a 400 nm de comprimento de onda, entre os raios-X e a luz visível, que pode ser dividida em (SOBOTKA, 1993):

- ✓ UV vácuo - 40 a 200 nm;
- ✓ UV C - 200 a 280 nm;
- ✓ UV B - 280 a 315 nm;
- ✓ UV A - 315 a 400 nm.

A radiação UV pode ser usada na destruição de compostos químicos em processos de degradação fotoquímicos e fotocatalíticos. Como já foi visto, os radicais hidroxila, que são as espécies oxidantes nesses processos, podem ser gerados através da utilização de oxidantes, como ozônio, peróxido de hidrogênio, Fenton, etc, sem irradiação UV. Entretanto, o uso combinado desses oxidantes com UV tem uma série de vantagens, uma delas é o aumento da eficiência dos processos catalíticos (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

#### 3.6.2.2 Concentração do contaminante

A taxa de oxidação fotoquímica varia com a concentração inicial do contaminante. Inicialmente, ela aumenta com o aumento da concentração de substrato; entretanto, após atingir um certo valor crítico, a taxa de oxidação não é

alterada por mudanças na concentração do mesmo. A concentração do substrato na qual não se observa mudança na taxa de oxidação fotoquímica, depende do tipo de substância presente e dos parâmetros operacionais (VOHRA; DAVIS, 1993).

A cinética de fotomineralização depende da facilidade com a qual o composto é oxidado. Nota-se que o espectro de absorção do poluente pode afetar drasticamente a cinética da fotocatalise. Com isso, a cinética de fotomineralização vai se desviar do esperado, produzindo um decréscimo da taxa com o aumento da concentração do poluente (MILLS et al., 1993).

### 3.6.2.3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

O uso de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, o segundo oxidante auxiliar mais utilizado, também apresenta algumas vantagens: capacidade de oxidar diretamente alguns compostos, solubilidade em água, geração de dois radicais (•OH) por moléculas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fotolizada, estabilidade térmica, procedimentos de operação simples, possibilidade de estoque no local, inexistência de problemas de transferência de massa. Entretanto, possui algumas desvantagens: a taxa de oxidação química do poluente é limitada pela taxa de formação dos radicais hidroxila e é dependente da substância química presente e da quantidade de oxidante adicionado ao sistema (TEIXEIRA; JARDIM, 1993).

### 3.6.3 Cinética das Reações Fotocatalíticas

Muitos estudos mostram que a degradação fotocatalítica de vários compostos obedece à cinética de primeira ordem, embora, para altas concentrações já tenham sido observadas cinéticas de ordem zero (ALBERICI, 1994). Para uma reação de primeira ordem, a taxa de desaparecimento de uma dada substância é dada por (8):

$$r = - \frac{dC}{dt} = K' \cdot C$$

✓ onde K' é a constante de primeira ordem (Constante cinética da reação).

Para sistemas em recirculação e com baixas concentrações de substrato, utilizando-se de cálculos matemáticos de integração, tem-se que (9):

$$\ln \left[ \frac{C}{C_0} \right] = K' \cdot t$$

✓ onde t é o tempo de exposição ao oxidante.

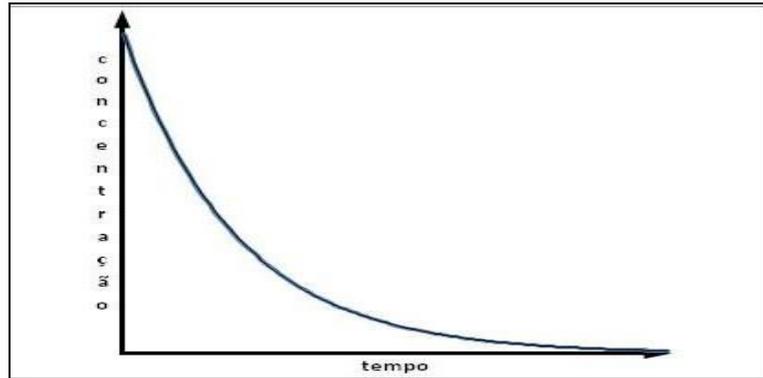


Figura 1 - Variação da concentração com o tempo para uma cinética de primeira ordem.  
Fonte: MARTINS,2014.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisas em Ciências Ambientais (LAPECA) do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

### 4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

O efluente têxtil sintético (ETS) estudado foi preparado pela mistura do corante de marca TUPY em água de abastecimento, cujas concentrações tiveram variação de 100 mg.L<sup>-1</sup> a 500 mg.L<sup>-1</sup>. Depois de devidamente preparadas, as soluções do corante foram solubilizadas por agitação em copo de béquer de 1000 mL, com uso de agitadores magnéticos da marca Fanem modelo 257.

### 4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Foi feito um planejamento experimental fatorial completo do tipo 2<sup>4</sup> repetições no ponto central (tabela 3), cujo objetivo é determinar o número de experimentos a ser realizado, para que seja possível avaliar através de um modelo estatístico, a influência dos diversos parâmetros operacionais, sobre a eficiência do tratamento.

Tabela 3 – Mostra os níveis estudados para os quatro parâmetros operacionais no reator.

Fator	Nível (-1)	Nível (0)	Nível (+1)
Concentração de Corante (mg/L)	100	300	500
Concentração de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/L)	500	750	1000
Tempo (h)	1	1,5	2
Taxa de Radiação UV (W)	20	40	60

Fonte: Dados da pesquisa.

Como pode ser observado na tabela 4, o planejamento experimental com os experimentos que foram realizados (16) e com um ponto central em duplicata. Em conformidade com os níveis máximo, mínimo e central.

Tabela 4 - Planejamento Fatorial Completo com Ponto Central

EXP	C.CORANTE	C.H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	TEMPO	UV
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	-1
9	-1	-1	-1	+1
10	+1	-1	-1	+1
11	-1	+1	-1	+1
12	+1	+1	-1	+1
13	-1	-1	+1	+1
14	+1	-1	+1	+1
15	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.3 SISTEMA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram realizados em escala laboratorial utilizando um reator tipo Tanque de 1000 mL operando em batelada, como podemos observar na figura 2, com incidência de radiação ultravioleta através de três lâmpadas germicidas (light express – 20W), estas foram fixadas horizontalmente na parte superior da câmara (70 cm x 70 cm x 40 cm). Durante a análise, o efluente foi mantido em constante agitação com o uso do agitador magnético de marca Fanem modelo 257. Durante a agitação foram adicionadas diferentes concentrações de Peróxido de Hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)



Figura 2 – Sistema Experimental

Foi adicionado 500 mL do efluente no reator seguido das soluções de  $H_2O_2$  nas quantidades determinadas no planejamento experimental. O tempo de reação estabelecido foi de 120 minutos, e retiradas alíquotas nos tempos 0, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos para análise da absorvância da solução.

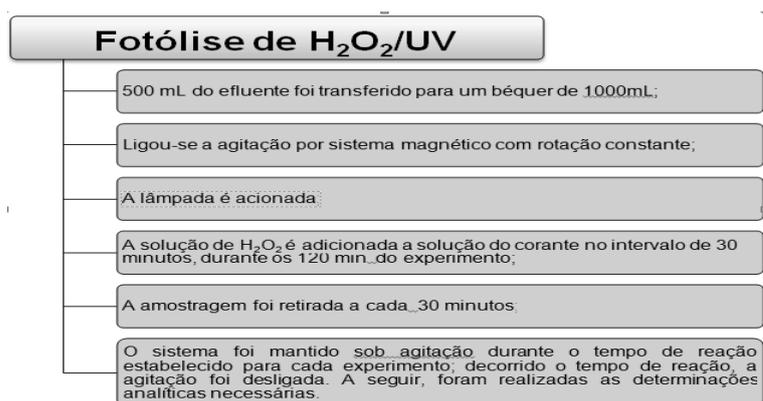


Figura 3 - Fluxograma do procedimento experimental utilizando  $H_2O_2$ .  
Fonte: Adaptado de Martis, 2014.

O acompanhamento da perda de cor das soluções de corantes contendo o agrupamento azo como cromóforo foi efetuada através de espectrofotometria na região do visível. Assim, em intervalos de tempos regulares, foram retiradas alíquotas de 2 mL em cubeta de quartzo e feita a leitura de absorvância no espectrofotômetro modelo 700 plus e marca Fento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CURVA DE CALIBRAÇÃO

Inicialmente foi feito o levantamento do comprimento de onda no qual a absorbância da solução do corante têxtil sintético apresenta o maior valor, isto foi feito fazendo-se uma varredura entre os comprimentos de onda de 400 a 600 nm, conforme podemos observar na Figura 4.

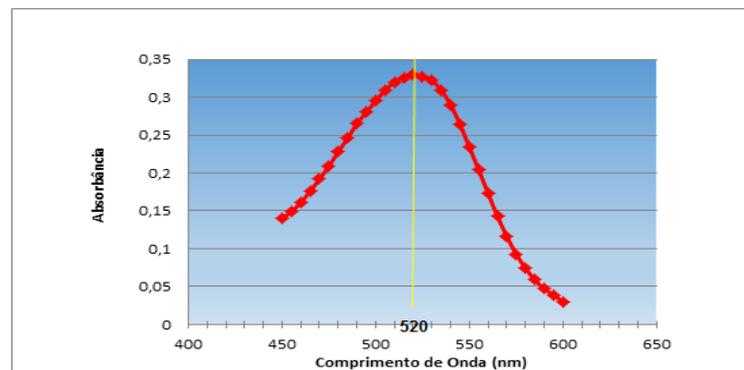


Figura 4: Relação entre Absorbância e Comprimento de Onda (nm).  
Fonte: Dados da pesquisa.

A partir deste gráfico (figura 4) foi possível identificar o valor ótimo de comprimento de onda de 520 nm para a qual ocorre o valor máximo de absorbância.

Em seguida, foi feita uma curva de calibração para que fosse possível determinar a concentração do corante na solução, conforme pode ser observado na Figura 5:

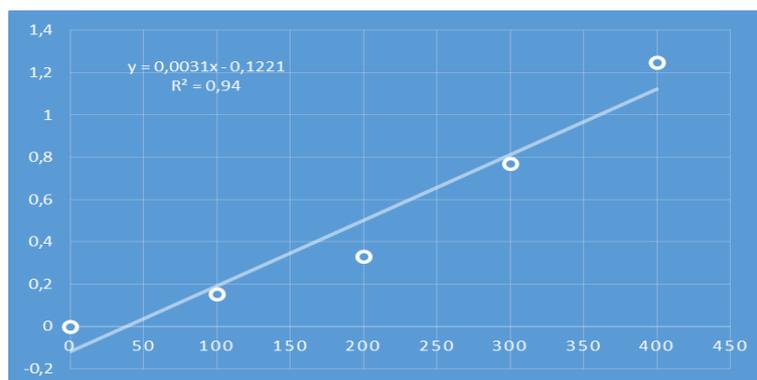


Figura 5 – Curva de calibração do espectrofotômetro  
Fonte: Dados da pesquisa.

## 5.2 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Tabela 5- Planejamento Experimental com a remoção da cor do corante.

EXP	C.CORANTE	C.H2O2	TEMPO	UV	ABSORBÂNCIA
1	100(-1)	500(-1)	1(-1)	20(-1)	0,311
2	500(+1)	500(-1)	1(-1)	20(-1)	0,933
3	100(-1)	1000(+1)	1(-1)	20(-1)	0,394
4	500(+1)	1000(+1)	1(-1)	20(-1)	0,949
5	100(-1)	500(-1)	2(+1)	20(-1)	0,316
6	500(+1)	500(-1)	2(+1)	20(-1)	0,847
7	100(-1)	1000(+1)	2(+1)	20(-1)	0,302
8	500(+1)	1000(+1)	2(+1)	20(-1)	0,892
9	100(-1)	500(-1)	1(-1)	60(+1)	0,322
10	500(+1)	500(-1)	1(-1)	60(+1)	0,814
11	100(-1)	1000(+1)	1(-1)	60(+1)	0,297
12	500(+1)	1000(+1)	1(-1)	60(+1)	0,88
13	100(-1)	500(-1)	2(+1)	60(+1)	0,289
14	500(+1)	500(-1)	2(+1)	60(+1)	0,648
15	100(-1)	1000(+1)	2(+1)	60(+1)	0,187
16	500(+1)	1000(+1)	2(+1)	60(+1)	0,793
17	750(0)	750(0)	1,50 (0)	40(0)	0,505
18	750(0)	750(0)	1,50(0)	40(0)	0,513

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o planejamento experimental foi realizada a análise da absorvância com o objetivo de encontrar uma resposta da situação em estudo. Desta forma, de acordo com a tabela 5, pode-se observar que a melhor situação para a remoção da cor neste efluente foi o experimento 15. Por que apresenta-se com o valor de absorvância de 0,187, com as variáveis operacionais de corante, peróxido, tempo e uv de 100,1000,2 e 60 respectivamente.

Na figura 6 pode-se observar quais efeitos são estatisticamente significativos. No eixo Y têm-se as variáveis independentes. Todos os valores que aparecem no gráfico que se situem à direita do valor “p” de 0,05 estatisticamente significantes. Podemos afirmar que as variáveis significantes são: Corante (A), radiação (D) e o tempo (C). E ação do peróxido (B) na reação estatisticamente é insignificante.

Os valores positivos do gráfico indicam que as variáveis independentes e a variável dependente estabelece uma relação de proporcionalidade. Como a variável independente do corante (A) e dependente (resposta), quanto mais aumenta-se a concentração do corante maior será o valor da absorvância. E os valores negativos indicam que as variáveis tanto independentes como dependente estabelece uma relação de inversa de proporcionalidade.

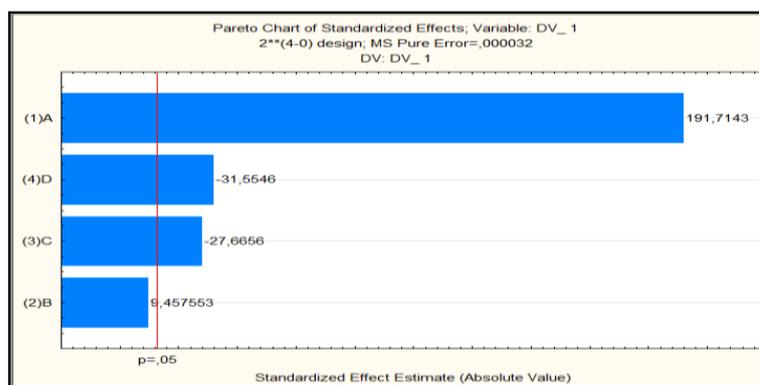


Figura 6 - Gráfico de Pareto para a resposta da eficiência da remoção da cor .  
Fonte: Dados da pesquisa.

Na figura 7 estão apresentados os valores experimentais. Os pontos distribuídos em torno da linha que passa pela origem indicam que os valores experimentais estão bem representados. Pode-se observar que o modelo proposto representa bem o processo experimental. Essa disposição dos pontos indica que a suposição de variância está correta.

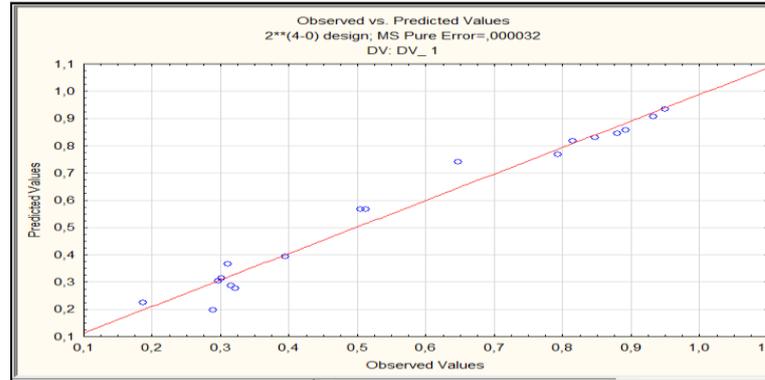


Figura 7 - Os valores observados gerados pelo Statistic.  
Fonte: Dados da pesquisa.

No gráfico pode-se observar a relação entre o corante e peróxido nas regiões da absorbância. Assim os valores compreendidos nas regiões verdes tem-se os melhores valores operacionais de corante e de peróxido.

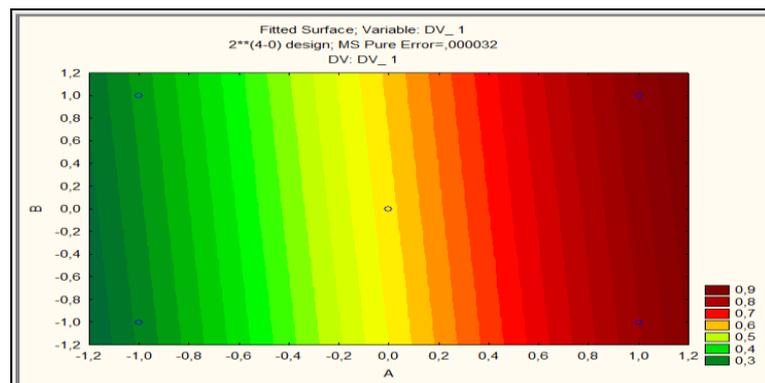


Figura 8 - Representação do Corante (A) e do  $H_2O_2$  (B) na remoção da cor.  
Fonte: Dados da pesquisa.

### 5.3 AJUSTE DOS DADOS DA ABSORBÂNCIA

Baseado nos dados experimentais, foi realizado um ajuste dos dados (linearização) utilizando um modelo de 1º de ordem, objetivando representar o decaimento da absorbância do efluente sintético em função do tempo. Podemos observar que o modelo cinético proposto representa bem os dados experimentais na representação da figura 9.

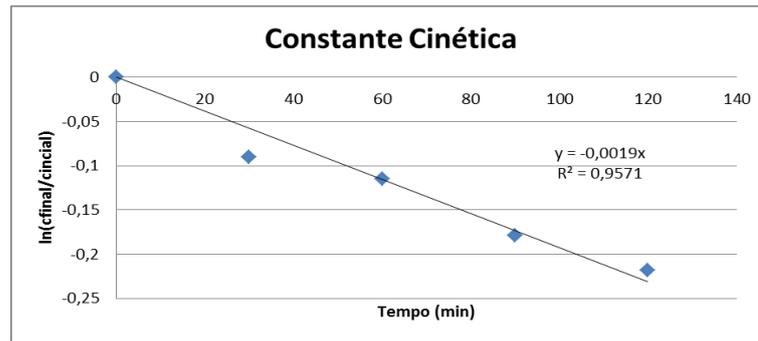


Figura 9 – Representação do modelo cinético de 1ª. Ordem  
Fonte: Dados da pesquisa.

### 5.3.1 Regressão

Observando a tabela 6 a seguir, constata-se que todos os coeficientes de regressão são maiores que 0,700 verifica-se que no mínimo 70% da variável dependente consegue ser explicada pelos os valores observados. O experimento 7 apresentou maior ajuste aos dados explicando 99,2% da variação. A partir da modelagem cinética pode-se observar que o modelo cinético de primeira ordem, representa bem os dados experimentais.

Tabela 6: Coeficientes de Regressão para o processo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

Nº de EXP.	R(Min-1)	R <sup>2</sup>
1	-0,0029	0,8337
2	-0,004	0,889
3	-0,0052	0,714
4	-0,0083	0,973
5	-0,0032	0,992
6	-0,0019	0,954
7	-0,0072	0,995
8	-0,0093	0,95
9	-0,0014	0,944
10	-0,0019	0,957
11	-0,0053	0,966
12	-0,0057	0,939
13	-0,0012	0,916
14	-0,0013	0,986
15	-0,0079	0,94
16	-0,003	0,959
17	-0,006	0,938
18	-0,005	0,899

Fonte: Dados da pesquisa.

## 6 CONCLUSÃO

Diante dos dados gerados pelos experimentos de acordo com o planejamento experimental, pode-se concluir que a pesquisa foi bem sucedida. Pela análise estatística pode-se observar que os parâmetros operacionais em estudo como a concentração do corante, concentração do peróxido, radiação e tempo a maioria deles foram significantes, condiz com a realidade. Como também o modelo cinético de 1ª ordem proposto para pesquisa se ajustou aos dados, com o coeficiente de confiança de até 99,2%.

O sistema reacional tipo homogêneo com  $H_2O_2$  /UV, foi eficaz. Através deste sistema pode-se constatar a eficiência do processo oxidativo avançado, comprovado pela análise da redução da cor na solução do corante têxtil dissolvido em água de abastecimento.

## REFERÊNCIAS

BRITO, Núbia Natália; SILVA, Victor Borges Marinho. **Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental**. Rio de Janeiro:2012. p. 38.

CETESB. **Compilação de técnicas de prevenção à poluição para a indústria têxtil**. São Paulo, 2009.

GALINDO, C.; JACQUES, P.; KALT, A. Photochemical and photocatalytic degradation of an indigolid dye: a case study of acid blue 74 (AB74). **Journal of photochemistry and photobiology A: Chemistry**, v. 141, p. 47-56, . 2001.

GUARATINI, C.; ZANONI, M. Corantes têxteis. **Química nova**, v. 23, p. 71-75. 2000.

IMMICH, A. P. S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de Azadirachta indica como adsorvente**. 2006. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Química)– Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2006.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**, v. 25, p. 47-56. 2002.

LANGE, L. C. et al. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por reagente de fenton. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 11, n. 2, p. 175-183, abr.-jun. 2006.

LISBOA, S. A. A. **A organização da indústria têxtil brasileira no contexto internacional**. 2013. Monografia - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MARTIN, ... [et al.,.]. - - São Paulo: CETESB : SINDITÊXTIL, 2009. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/documentos/guia\\_texti.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/guia_texti.pdf)>. Acesso em: set. 2013.

RESENDE, L. P. Reuso na indústria têxtil e lavanderias. **Redação Hydro**, abr. 2012.

ROBINSON, T. et al. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 247-255,. 2001.

SOTTORIVA, P. R. S. **Degradação de corantes reativos utilizando-se processos oxidativos avançados**. 2002. 114 f. Dissertação ( Programa de Pós-Graduação em em Química)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SOUZA, K. V. **Desenvolvimento de espécie de ferro imobilizadas em matrizes poliméricas e sua utilização na remediação de resíduos industriais**. 2009. Tese (Programa de Pós-Graduação em Química)- Universidade Federal do Paraná, 2009.

TEIXEIRA, C. P. de A. B. **Estudo comparativo de tipos diferentes de processos oxidativos avançados**. 2002. . Tese- Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2002.

TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. F. Processos oxidativos avançados. Conceitos teóricos. **Caderno temático**.v. 3,.

VIANA, F. L. E. et al. A indústria têxtil na região nordeste: Gargalos, potencialidades e desafios. **Revista produção**.v. VIII, n. III, . 2008.