



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO – *CAMPUS OURICURI*  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

DAIANE RODRIGUES DA SILVA

**A CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS ATRAVÉS DA INDÚSTRIA  
TÊXTIL E TÉCNICAS PARA O TRATAMENTO**

**OURICURI-PE  
2022**

DAIANE RODRIGUES DA SILVA

**A CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS ATRAVÉS DA INDÚSTRIA  
TÊXTIL E TÉCNICAS PARA O TRATAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura Plena em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – *Campus Ouricuri*, para obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Renato César da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S586 Silva, Daiane Rodrigues.

A contaminação dos recursos hídricos através da indústria têxtil e técnicas para o tratamento / Daiane Rodrigues Silva. - Ouricuri, 2022.  
28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Ouricuri, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Renato César da Silva.

1. Química Inorgânica. 2. Indústria têxtil. I. Título.

CDD 546

**DAIANE RODRIGUES DA SILVA**

**A CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS ATRAVÉS DA INDÚSTRIA  
TÊXTIL E TÉCNICAS PARA O TRATAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Licenciatura em  
Química/Campus Ouricuri – Departamento de  
Ensino do Instituto Federal do Sertão  
Pernambucano, como parte dos requisitos  
necessários e obrigatórios à obtenção do grau  
de Licenciada em Química.

Ouricuri – PE \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

Aprovada por:

---

**Renato Cesar Da Silva**

Instituto Federal do Sertão Pernambucano Campus Ouricuri  
(Orientador(a)/Presidente)

---

**Igor Jose Gomes da Silva**

Instituto Federal do Sertão Pernambucano Campus Ouricuri  
(Examinador)

---

**Maria Elyara Lima de Oliveira**

Instituto Federal do Sertão Pernambucano Campus Ouricuri  
(Examinadora)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

A todos os meus familiares, em especial a minha mãe e meu pai que foram essenciais para que eu concluísse o curso.

Aos amigos, pela parceria, apoio e companheirismo de todas as horas.

A meu professor orientador Doutor Renato César da Silva.

A todos os meus professores do Campus Ouricuri, pelos ensinamentos e carinho.

Ao Campus Ouricuri do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, cuja existência faz muita diferença em nosso Sertão.

“Uma mente que se abre a uma nova ideia  
jamais retorna ao tamanho original.”

Albert Einstein

## RESUMO

Este trabalho aborda pesquisas sobre a contaminação dos recursos hídricos através da indústria têxtil. A presença de corantes gerados pela indústria em ambientes aquáticos causa danos ao meio ambiente. Devido a essa problemática o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo comparativo sobre os achados de três pesquisas em relação a contaminação dos recursos hídricos na indústria têxtil e técnicas de análises para o seu tratamento. Portanto, os trabalhos escolhidos foram, Fotocatálise solar heterogênea em efluente oriundo de indústrias têxteis, Catalisadores à base de Níobio na fotocatalise visando a degradação de corantes da indústria têxtil, e o Uso de ozônio para o tratamento de águas contaminadas com corantes. Foram comparadas as entre elas as técnicas para degradação de corantes da indústria têxtil visando observar qual obteve melhor desempenho. A ozonização se mostrou eficaz principalmente na solução azul de metileno que obteve 99% de degradação e também a fotocatalise solar.

**Palavras chaves:** Indústria têxtil. Contaminação. Recursos hídricos. Fotocatálise. Ozonização.

## ABSTRACT

This work deals with research on the contamination of water resources through the textile industry. The presence of dyes generated by the industry in aquatic environments causes damage to the environment. Due to this problem, the objective of this work was to carry out a comparative study on the findings of three researches in relation to the contamination of water resources in the textile industry and analysis techniques for its treatment. Therefore, the chosen works were, Heterogeneous solar photocatalysis in effluent from textile industries, Catalysts based on Niobium in photocatalysis aiming at the degradation of dyes in the textile industry, and Use of ozone for the treatment of water contaminated with dyes. The techniques for degrading dyes in the textile industry were compared between them in order to observe which had the best performance. The ozonation proved to be effective mainly in the methylene blue solution that obtained 99% of degradation and also the solar photocatalysis.

**Keywords:** Textile industry. Contamination. Water resources. Photocatalysis. Ozonation.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DQO- Demanda Química de Oxigênio

POA- Processos Oxidativos Avançados

UV- Ultra Violeta

O<sub>3</sub> - Ozônio

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- Peróxido de Hidrogênio

TiO<sub>2</sub> - Dióxido de Titânio

ZnO- Óxido de Zinco

ABIT- Associação Brasileira da Indústria Têxtil

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

H<sub>2</sub>O. - Água

OH- Hidroxila

UV-VIs - Ultra Violeta Visível

BC- Banda de Condução

BV- Banda de Valência

DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio

PH- Potencial Hidrogeniônico

Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- Pentóxido de Nióbio

Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Mo- Pentóxido de Nióbio dopado com Molibdênio

## LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

<b>Gráfico 1.</b> Descoloração da Rodamina B sob efeito de 1,5mg/L do catalisador de Nióbio dopado com Molibdênio utilizando radiação UV .....	20
<b>Gráfico 2.</b> Descoloração do Rodamina B com catalisador na concentração 1,5mg/L de Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> com radiação UV .....	20
<b>Quadro 1.</b> Resumo de cada trabalho.....	22

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
<b>3. CAPÍTULO 1 – EMBASAMENTO TEÓRICO</b>	<b>14</b>
3.1 Principais contaminações geradas pela indústria têxtil	14
3.2 Corantes têxteis	14
3.3 Catalisadores	15
3.4 Principais técnicas para tratamento dos efluentes têxteis	15
3.5 Processos Oxidativos Avançados (POAs)	16
3.6 A fotocatalise	17
3.6.1 Fotocatalise Heterogênea	17
<b>4. CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO</b>	<b>18</b>
<b>5. CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>19</b>
5.1 Fotocatalise solar heterogênea em efluente oriundo de indústrias têxteis	19
5.2 Catalisadores à base de Nióbio na fotocatalise visando a degradação de corantes da indústria têxtil	20
<b>5.3 Uso de ozônio para o tratamento de águas contaminadas com corantes</b>	<b>22</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>24</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos é um obstáculo socioambiental de interesse global na sociedade moderna. Os níveis crescentes de descargas de águas não tratadas, ou mesmo relativamente cuidada em estações de esgoto, são problemas ambientais progressivamente mais graves e impactam a saúde humana, podendo causar efeitos mutagênicos e carcinogênicos no organismo (FRANÇA et al., 2016). Normalmente, a descarga de poluentes orgânicos é produzida no refino de petróleo, processamento têxtil e manufatura de produtos químicos, que provocam destruições à biota aquática e a saúde da humanidade (OLIVEIRA et al., 2012; CHEQUER et al., 2013).

A indústria têxtil gera efluentes que muitas vezes são descartados de forma inadequada, com ausência de tratamento, o que pode levar a diminuição do oxigênio nos corpos hídricos, causando danos ao meio ambiente. A presença de corantes gerados pela indústria em ambientes aquáticos, dificulta a entrada da luz solar nos níveis mais profundos, alterando o meio, a qualidade dessa água e causando assim efeitos tóxicos para aquele ecossistema (ALMEIDA; DILARRI; CORSO, 2018).

Sabe-se da existência de várias técnicas já estabelecidas para o tratamento da água gerada pela indústria têxtil tais como: tratamento biológico, técnicas eletroquímicas, adsorção e oxidação. A fotocatalise tem um papel importante na descontaminação de efluentes por ser um método rápido e eficiente proporcionando a completa mineralização de contaminantes. Não gera intermediários nocivos, mesmo utilizando espécies altamente oxidantes como radicais hidroxilas (HAMEED et al., 2009).

Além da fotocatalise à existência da ozonização que em conjunto com o POAs tais como  $O_3$  /UV,  $O_3$  / $H_2O_2$   $O_3$  /  $TiO_2$  vem se tornando uma alternativa viável para a descontaminação de recursos hídricos de origem têxtil. Ele tem a possibilidade de ser produzido de três maneiras fundamentais, são elas: eletrólise, radiação ultravioleta e descarga corona. Quando se deseja produzir em larga escala se utiliza o efeito corona que é basicamente uma técnica de descarga eletrostática em razão da ionização de uma substância isolante (PAULA, 2021).

O ozônio tem a capacidade de reagir com diversos compostos orgânicos, em virtude especialmente do seu elevado potencial de oxidação. Porém alguns corantes que têm o cloro em sua composição reagem vagarosamente com o ozônio molecular. Em algumas condições leva a formação do radical hidroxila que tem maior potencial de oxidação

conseguindo assim, ser mais eficiente no tratamento de degradação (ALMEIDA; ASSALIN; ROSA, 2004).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Realizar um estudo comparativo sobre os achados de três pesquisas em relação a contaminação dos recursos hídricos na indústria têxtil e técnicas de análises para o seu tratamento;

### **2.2 Objetivos específicos**

- Investigar os tipos de contaminação dos recursos hídricos na indústria têxtil;
- Estudar as técnicas de análises a serem feitas no processo de tratamento dos recursos hídricos na indústria têxtil;
- Comparar as técnicas de análises e resultados dos estudos selecionados no processo de tratamento dos recursos hídricos na indústria têxtil.

### **3. CAPÍTULO 1 – EMBASAMENTO TEÓRICO**

Neste capítulo serão abordados os tipos de contaminação gerados pela indústria têxtil nos efluentes, as técnicas para degradação e os tipos de corantes mais utilizados.

#### **3.1 Principais contaminações geradas pela indústria têxtil**

A contaminação gerada por esse setor vem crescendo a cada ano, o que preocupa a sociedade como um todo. Devido ao crescimento rápido dessa indústria os efluentes produzidos nesse meio são cada vez mais intensos, por conseguinte a poluição dos recursos hídricos também se impulsionou acarretando danos ao meio ambiente (BATISTA, 2022).

A indústria têxtil é o segundo setor que mais polui, emitindo aproximadamente de 8 a 10% das emissões globais de gases de efeito estufa. Essas emissões de gases acontecem devido ao transporte das mercadorias, criação de animais (lã e couro), tipo de fibra utilizada, da necessidade energética e do consumo de água. (ZOZ, 2020).

O Brasil tem um forte setor têxtil e emprega cerca de 1,36 milhão de pessoas. Obteve-se no ano de 2020 segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT) 161 bilhões de faturamento, sendo fundamental para a economia do país e está entre os quatro maiores produtores de malhas do mundo. Porém, é um dos que mais geram resíduos, o equivalente a cerca de 175 mil toneladas por ano, ocasionando danos ao meio ambiente (ABIT, 2022).

Na indústria têxtil há uma variedade de contaminantes que poluem o meio, dentre esses os principais são os corantes não fixados nas fibras, produtos auxiliares do processo de tingimento, agentes de engomagem e os tensoativos provenientes da lavagem. Ademais na cadeia de produção têxtil há diversos procedimentos que geram resíduos sólidos, efluentes líquidos e gasosos (CAMPOS, 2018).

A contaminação dos efluentes se dá geralmente pelo descarte inadequado de corantes têxteis que são possíveis de visualizar a olho nu quando estão nas águas. Eles têm uma variedade de composições químicas que são de difícil degradação.

#### **3.2 Corantes têxteis**

Os corantes têxteis vêm preocupando cada vez mais a população, devido a sua alta capacidade poluidora e de difícil degradação. Eles são formados por pequenas moléculas que são responsáveis pela cor e fixação na fibra têxtil (LOCATELLI; MELO, 2021).

Os corantes são divididos em diferentes classes como: azóicos, tiazina, oxazina entre outros. Os mais utilizados pela indústria têxtil pertencem ao grupo dos reativos, eles são compostos que contêm um grupo eletrofilico com grupo hidroxila das fibras celulósicas, grupos amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas além de grupos amino das poliamidas. Há vários tipos de corantes reativos, mas os fundamentais incluem a função azo e antraquinona (ROYER, 2008).

Devido a grande quantidade de corantes reativos utilizados pela indústria acontece a geração de efluentes contaminados em grande número, isso ocorre durante o processo de tingimento têxtil. Esse tipo de corante é facilmente solubilizado em água podendo ter uma grande absorção pelo organismo, o que pode causar riscos para a saúde, pois eles também têm propriedades carcinogênicas e mutagênicas (ROYER, 2008).

### **3.3 Catalisadores**

Os catalisadores estão se tornando cada vez mais tecnológicos sendo produzidos em larga escala na esfera industrial, com isso vem também a preocupação ambiental e novos catalisadores que não agridem o ambiente são os mais procurados (SAITOVITCH; SILVA, 2005).

Os catalisadores são substâncias que geralmente conseguem diferentes tipos de oxidação, sendo compostos por semicondutores na maioria das vezes. Para serem inseridos em técnicas eles têm de ter singularidades como serem quimicamente e biologicamente inertes, produzidos com facilidade, fotocataliticamente estáveis e não prejudicarem o ambiente e os seres vivos (MENDES, 2013).

### **3.4 Principais técnicas para tratamento dos efluentes têxteis**

Os efluentes têxteis jogados nos corpos hídricos sem tratamento poluem o meio ambiente e conseqüentemente causam danos aos seres que utilizam desta água, sendo assim se faz necessário o desenvolvimento e uso de técnicas eficientes para o tratamento dos mesmos.

Existem inúmeras técnicas utilizadas pela indústria têxtil para tratar seus efluentes, dentre eles estão os processos Fenton que consiste segundo Nogueira *et al.*, (2022), na “oxidação catalítica de ácido tartárico na presença de sais ferrosos e peróxido de hidrogênio utilizado para degradação de compostos orgânicos”. Há o processo de adsorção sendo eficiente apenas para volumes pequenos, seu custo é elevado além de ser um processo demorado. O processo acontece da seguinte maneira: o efluente passa pelo carvão ativado, sílica em gel, bauxita, resinas de troca iônica, entre outras, e assim remove o corante. Além dessas duas maneiras há ainda a demanda química e a fotocatalise.

A demanda química é fundamentada na reação do cloro ou ozônio. Sendo o ozônio mais eficiente e efetivo dentre isto ele ainda não produz na reação íons inorgânicos como o cloro. Este tratamento resume-se na extração da cor por meio da clivagem das moléculas do corante por processo catalítico (SILVA, 2013). Já a fotocatalise é uma técnica que vem sendo estudada desde a década de 1970, ela ocorre quando a oxidação do contaminante gera principalmente o radical hidroxila chamados de POAs. Quando exposto à luz tanto ultravioleta como a solar e na presença de um catalisador, não gerando intermediários nocivos, fazendo com que o corante degradado se torne biodegradável (BATISTA, 2022).

Essas técnicas são essenciais para degradação desses compostos orgânicos liberados pelas indústrias, que danificam as águas onde são despejados. A cada dia vem se intensificando a necessidade de novos tratamentos para diminuição da poluição que tanto afeta a vida dos seres vivos.

### **3.5 Processos Oxidativos Avançados (POAs)**

Os processos oxidativos avançados (POAs) vêm sendo destaque nos últimos anos, diversas pesquisas que utilizam esse método no tratamento de águas residuais das indústrias têxteis estão se tornando cada vez mais constantes, isso se deve por ser um tratamento eficiente que reduz o impacto das cargas orgânicas e inorgânicas nos recursos hídricos.

Desta forma os POAs consistem na liberação de radicais livres principalmente a hidroxila ( $\text{OH}^\cdot$ ), sendo uma substância altamente reativa que é eficiente na oxidação e degradação de substâncias tóxicas, tornando-as mais simples como  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . A hidroxila é geralmente formada através de processos fotoquímicos ou outras formas de energia (FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014).

A oxidação dos efluentes poluídos ocorre quando o radical hidroxila ataca as moléculas orgânicas provocando assim a absorção de um átomo de hidrogênio ou a adição



desse átomo às ligações duplas das moléculas. Quando se utiliza uma mistura de oxidantes com técnicas diferentes se tornam bem mais efetivos e com menor custo (MOMENTI, 2006).

### 3.6 A fotocatalise

As técnicas fotocatalíticas têm instigado grande interesse, visto que são eficazes na oxidação de poluentes orgânicos em produtos não tóxicos (LIMA *et al.*, 2015). Resumidamente, um método fotocatalítico é composto por uma fonte de luz (geralmente UV) e um catalisador. Ela está dentro dos processos oxidativos POAs que produzem o radical hidroxila quando expostos a luz podendo ser UV ou solar.

A geração da hidroxila é de suma importância no processo da fotocatalise, ela é altamente reativa e um importante oxidante, não é seletiva, agindo assim rapidamente sobre os poluentes orgânicos. Durante esse processo da é necessário um catalisador, no qual são substâncias químicas que, ao serem adicionadas, em pequenas quantidades, aumentam a velocidade de reações químicas sem serem consumidas (GUSMÃO; PERGHER; SANTOS, 2017). Com isto aumenta as chances de degradação dos poluentes, eles são compostos geralmente por semicondutores.

#### 3.6.1 Fotocatalise Heterogênea

A fotocatalise heterogênea é um método fundamentado na excitação eletrônica de um óxido semicondutor, e no meio dos processos oxidativos avançados (POA) é uma das tecnologias mais promissoras com inúmeras aplicações, como por exemplo a remoção de compostos orgânicos em efluentes (FUJISHIMA, RAO, 1997; KHATAEE *et al.*, 2011; ZIOLLI, JARDIM, 1996).

Neste caso o processo fotocatalítico tem início com a absorção de fótons de energia maior ou igual à energia band gap do material semicondutor, havendo assim a promoção de um elétron ( $e^-$ ) para a banda de condução (BC) e a geração de um buraco ou lacuna ( $h^+$ ) na banda de valência (BV). Assim, o par elétron-lacuna formado pode participar de reações de oxirredução com as espécies presentes no meio reacional (CASANOVA MONTEIRO *et al.*, 2018; HASS *et al.*, 2020; IBHADON, FITZPATRICK, 2013; KOSERA *et al.*, 2017).

A fotocatalise heterogênea quando é aplicada na remoção ou descontaminação de poluentes orgânicos em meio aquoso ou gasoso, ela passa a ser denominada de degradação

fotocatalítica e tem como objetivo promover a oxidação orgânica (mineralização) (MACHADO et al., 2012).

#### **4. CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO**

Esta pesquisa será desenvolvida a partir de três trabalhos científicos que foram selecionados aleatoriamente no site do Google Acadêmico, por serem relativamente recentes e terem como principal assunto a degradação dos corantes utilizados pela indústria têxtil, tendo a técnica da fotocatalise e ozonização como principais meios para conseguirem a decomposição dos mesmos.

Os trabalhos escolhidos foram: Catalisadores à base de Nióbio na fotocatalise visando a degradação de corantes da indústria têxtil, teve-se como autora deste TCC a Débora Lacerda Barbosa, já os demais foram publicados um no VII Congresso Brasileiro de gestão ambiental que foi a Fotocatalise solar heterogênea em efluente oriundo de indústrias têxteis tendo como autora principal Maria Marcella Medeiros Melo. A última pesquisa selecionada saiu na Revista de Ciências Ambientais, que traz como título Uso de ozônio para o tratamento de águas contaminadas com corantes, a autoria principal esteve sob responsabilidade de Jordana Alves da Cunha Silva.

As análises de cada trabalho foram feitas minuciosamente, a fim de comparar as técnicas utilizadas por cada pesquisa, observando qual obteve melhor resultado em relação ao método utilizado para o tratamento de efluentes têxteis que causam danos ao meio ambiente, além disso, analisou-se qual seria mais viável economicamente.

## 5. CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise dos três trabalhos escolhidos, que tiveram como temática principal a degradação de corantes têxteis, observou-se o desenrolar dos mesmos e a seguir serão demonstrados os resultados mais satisfatórios de cada pesquisa.

### 5.1 Fotocatálise solar heterogênea em efluente oriundo de indústrias têxteis

No trabalho de Melo et al., (2016), utilizou-se de dois efluentes um sintético e um real onde ambos foram adicionados em erlenmeyers de 250 mL em um volume de 100 mL cada. Os testes foram realizados em uma mesa agitadora e expostos a luz solar no período entre 11h da manhã e 13h da tarde em dias ensolarados.

Foram realizadas duas etapas, sendo a primeira com o efluente sintético e a segunda com o real. Em ambas as etapas foram testados dois catalisadores:  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$ . No final de cada teste, as amostras foram centrifugadas por 20 minutos em uma centrífuga com velocidade de rotação de 2.000 rpm a fim de eliminar a influência da turbidez provocada pelos catalisadores, na leitura da absorbância das amostras utilizando o espectrofotômetro UV-Vis.

A primeira etapa do estudo ocorreu a partir da realização de testes preliminares utilizando o planejamento fatorial  $2^3$ , com ponto central (em triplicata), na fotodegradação do corante azul de metileno para identificar as melhores condições para aplicação em um efluente de maior complexidade como é o caso do efluente industrial. Todos os testes foram realizados com uma concentração de  $20 \text{ mg. L}^{-1}$  do corante.

As variáveis estudadas foram: pH da amostra, concentração do catalisador e tempo de exposição ao sol. Para o azul de metileno, a variável resposta foi a redução da concentração inicial do corante, verificada por espectroscopia na região ultravioleta e visível (UV-Vis), no pico máximo de absorção em 664 nm.

Na segunda etapa, o efluente real utilizado no estudo foi coletado no distrito industrial da cidade de João Pessoa. A coleta foi realizada em um córrego que desagua no riacho Mussuré e possui forte coloração devido ao despejo clandestino de efluentes provenientes de indústrias têxteis instaladas na região.

Posteriormente foi realizada a caracterização físico-química do efluente industrial. Os

parâmetros investigados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, condutividade, turbidez e temperatura. Em seguida, aplicou-se os processos de fotocatalise heterogênea com os catalisadores  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  no efluente industrial coletado.

Para o efluente real, realizou-se a varredura espectrofotométrica (190 – 1083 nm). A análise qualitativa baseou-se na comparação da absorbância das amostras fototratadas no intervalo escolhido (194 a 212 nm) e a amostra bruta.

Durante a primeira etapa, os catalisadores utilizados se mostraram eficientes aliados à exposição solar, nos testes com o  $\text{TiO}_2$  houve descoloração de 99,43 % com o azul de metileno. A concentração do catalisador não interferiu nos resultados, já o  $\text{ZnO}$  foi o que alcançou maior remoção, cerca de 99,5%. Enquanto ao tentar degradar o efluente real na segunda etapa utilizando os mesmos catalisadores não se teve êxito, provavelmente devido a grande quantidade de carga orgânica de variados tipos de corantes despejados naquele córrego. Tentou-se degradar algo desconhecido, seria mais apropriado quando coletou-se a amostra analisar quimicamente quais componentes estariam ali presentes, para de fato concluir o motivo da fotocatalise solar não ter sido eficaz como no efluente sintético.

## **5.2 Catalisadores à base de Nióbio na fotocatalise visando a degradação de corantes da indústria têxtil**

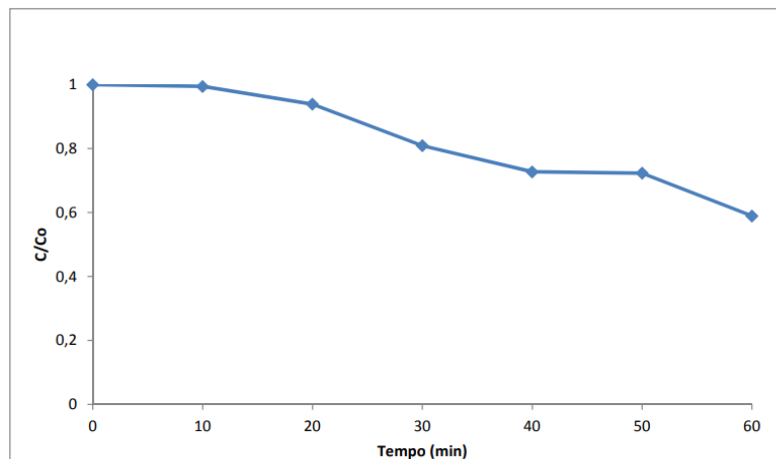
Segundo este trabalho feito por Barbosa (2014) a metodologia transcorreu da seguinte forma: Primeiramente foi feita a síntese do pentóxido de nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), e depois do óxido de nióbio dopado com molibdênio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5:\text{Mb}$ ), após esse processo e visando avaliar as propriedades fotocatalíticas das amostras preparadas realizou-se testes com o corante Rodamina B, observando se iria ocorrer algum tipo de degradação ao ser adicionado às amostras sintetizadas em laboratório, isso foi possível utilizando um reator em batelada coletando uma amostra de 8 mL e cuja radiação era proveniente de três lâmpadas.

O Rodamina B foi preparado pela diluição do corante em água destilada com concentração de 2,50 mg/L, ao todo foram preparadas 7 soluções sendo elas 150 mL de Rodamina B, 150 mL de Rodamina B com 0,15g de  $\text{Nb}_2\text{O}_5:\text{Mb}$ , 150 mL de Rodamina B sob radiação UV, 150 mL de Rodamina B com 0,15g de  $\text{Nb}_2\text{O}_5:\text{Mb}$  sob radiação UV, 150 mL de Rodamina B com 1,5g de  $\text{Nb}_2\text{O}_5:\text{Mb}$  sob radiação UV, 150 mL de Rodamina B com 0,15g de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  sob radiação UV e por último 150 mL de Rodamina B com 1,5g de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  sob radiação

UV.

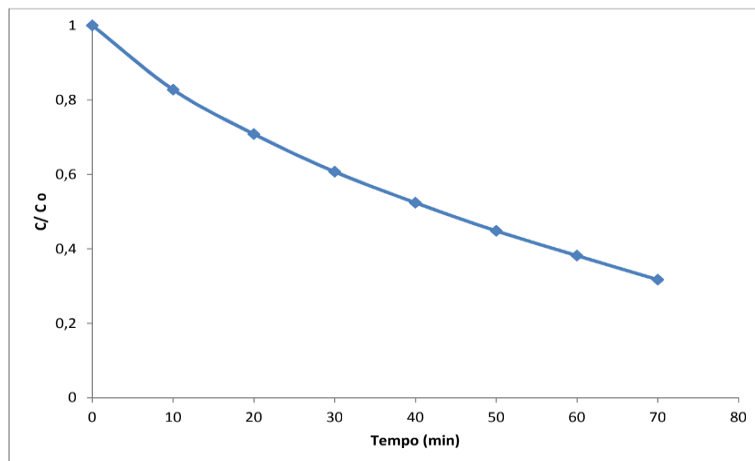
Utilizou catalisadores à base de nióbio e a fotocatalise foi através da radiação de lâmpadas UV e não solar como na pesquisa anterior. Os principais resultados obtidos neste trabalho foram 68% com 1,5g do catalisador  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  puro e 1,5g  $\text{Nb}_2\text{O}_5:\text{Mo}$  dopado que degradou 41% do corante como mostram os gráficos a seguir.

**Gráfico 1 Descoloração da Rodamina B sob efeito de 1,5mg/L do catalisador de Nióbio dopado com Molibdênio utilizando radiação UV.**



Fonte: Barbosa, (2014).

**Gráfico 2 Descoloração do Rodamina B com catalisador na concentração 1,5mg/L de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  com radiação UV.**



Fonte: Barbosa (2014).

O catalisador puro ele possui banda gap próximo do fotocatalisador  $\text{TiO}_2$  que é frequentemente utilizado durante esses processos, além dessa característica ainda tem alto índice de acidez e de área superficial para contato (LOPES et al., 2013).

Os outros resultados deste trabalho foram bem abaixo desses dois, quase que imperceptíveis. Como utilizou-se concentrações diferentes para esses catalisadores fizeram-se alguns testes, mas apenas esses expostos anteriormente foram significativos.

### **5.3 Uso de ozônio para o tratamento de águas contaminadas com corantes**

De acordo com o trabalho de Silva et al., (2020), foi construído um ozonizador de ar baseado no efeito corona, sendo alimentado pelo ar atmosférico produzindo assim excesso de ozônio. Usou-se um reator batelada preenchido com 2,5 L de solução com corante, para a entrada de ar ozonizado dentro do reator que ocorreu através de um difusor ascendente de bolhas.

Foram preparadas soluções aquosas contendo 10 mg/L de cada corante sendo eles o alaranjado de metila, azul de metileno e o verde malaquita. Coletaram-se alíquotas dessas soluções para a análise da absorvância e comprimento de onda para conseguir observar se houve descoloração dos corantes. Em relação a degradação foi realizada a oxidação da matéria orgânica pela técnica de demanda química de oxigênio (DQO). Na DQO foi utilizado um oxidante forte (dicromato de potássio) em meio ácido, em temperatura elevada, na presença de um catalisador (sulfato de prata) e inibidor de cloretos (sulfato de mercúrio). As DQOs foram avaliadas no espectrofotômetro na região do visível.

Este trabalho foi um dos mais recentes encontrados com essa temática e que difere dos demais escolhidos não tendo a fotocatalise como método para degradação de corantes da indústria têxtil.

Para descobrir a eficácia dessa técnica mediu-se o percentual de descoloração das soluções dos corantes alaranjado de metila, azul de metileno e verde malaquita. Tendo como fruto cerca de 90% de descoloração do azul de metileno e verde de malaquita em um tempo de 25 min já o alaranjado de metila só alcançou essa porcentagem com 40 min de reação, segundo Silva *et al* (2020), isso acontece devido ele ser um azocorante esses compostos têm ligações duplas entre nitrogênios (N = N) o que dificulta a quebra dela e consequentemente a descoloração desse composto.

Com relação a degradação desses compostos houve redução de 99% da DQO do azul de metileno quando a vazão de ar ozonizado foi de 5 L/ min, já quando foi de 7,5 L/ min teve cerca de 85%, a vazão interferiu no processo de degradação como observado nos percentuais calculados. Já o amarelo de metila houve redução da DQO apenas de 40% bem inferior ao

azul de metileno isso ocorreu possivelmente devido suas composições, o amarelo de metila é do grupo azo o que deve ter dificultado a degradação do mesmo. A seguir será exposto um quadro fazendo breve resumo dos trabalhos.

**Quadro 1: Resumo de cada trabalho**

<b>Trabalho 4.1</b>	<b>Trabalho 4.2</b>	<b>Trabalho 4.3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fotocatálise Solar;</li> <li>➤ Efluente real;</li> <li>➤ Catalisadores <math>\text{TiO}_2</math> e <math>\text{ZnO}</math>;</li> <li>➤ Efluente sintético (azul de metileno);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Catalisadores a base de Nióbio;</li> <li>➤ Síntese de catalisadores;</li> <li>➤ Rodamina B;</li> <li>➤ Fotocatálise UV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ozonização</li> <li>➤ Efeito corona</li> <li>➤ Catalisador <math>\text{Ag}_2\text{SO}_4</math>;</li> <li>➤ Azul de metileno, alaranjado de metila e verde de malaquita;</li> </ul>

Ao analisar o quadro anterior é possível ver que ambas as pesquisas utilizam-se de catalisadores ao realizarem as reações, isso se deve por serem importantes substâncias que conseguem acelerar o processo de reação química e não são consumidos. Todos os trabalhos estudados demonstraram potencial para degradação de corantes têxteis, o que obteve menor porcentagem foi o estudo de catalisadores a base de nióbio cerca de 68% e o com maior potencial deu-se a degradação do azul de metileno que tanto no processo de ozonização quanto na fotocatálise com catalisadores  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  foram acima ou igual a 99%.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o estudo feito com as três pesquisas pode-se concluir que catalisadores eficientes são importantes aliados no processo da fotocatalise e que esse método tanto pode ocorrer pela luz solar quanto pela UV. Além disso, a ozonização se mostrou eficaz principalmente na solução azul de metileno que obteve 99% de degradação. Tanto a fotocatalise solar como a ozonização são técnicas que podem ser utilizadas na degradação do corante azul de metileno com excelência.

Mostrou-se também que os catalisadores a base de nióbio  $Nb_2O_5$  e  $Nb_2O_5:Mo$  quando utilizados 1,5g de cada um à sua atividade fotocatalítica foi superior às demais concentrações e que o catalisador puro teve mais eficácia do que o dopado com molibdênio. A concentração de ambos apresentaram-se na mesma proporção, porém a degradação não foi a mesma, isso ocorreu por que houve uma diminuição de acidez ao ser adicionado o Mo e por conseguinte a ação catalítica teve redução.

A pesquisa que demonstrou ter melhor desempenho ao degradar corantes da indústria têxtil, maior facilidade de desenvolvimento e menor custo durante todo o processo de trabalho foi a fotocatalise solar pois, utilizou-se basicamente da luz solar, catalisadores. As análises das amostras foram feitas através de espectroscopia que na maioria dos laboratórios ele está presente por ser imprescindível no andamento da ciência.

As demais pesquisas necessitavam de mais aparato tecnológico como para utilizar o ozônio, era necessário a produção do ozônio através de um ozonizador e a aplicação de catalisadores à base de nióbio precisava-se de um reator em batelada.



## 7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Perfil do Setor**. São Paulo, 2022. < <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor> >, acessado em 20 de Out de 2022.

ALMEIDA, Edna; ASSALIN, Márcia Regina; ROSA, Maria Aparecida. **Tratamento de Efluentes Industriais por Processos Oxidativos na Presença De Ozônio**. Quim. Nova, Vol. 27, p 818-824. 2004 <<https://www.scielo.br/j/qn/a/CmxcjrRtynjFk7tKwsp5gfH/?format=pdf&lang=pt> > Acessado em 23 de Nov de 2022.

ALMEIDA, Érica Janaina Rodrigues; DILARRI, Guilherme; CORSO, Carlos Renato. **A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes**. Departamento de Bioquímica e Microbiologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida 24 A, no 1515, 13506-900, Rio Claro - SP. Araraquara 2007. Pg 7. Quim. Nova, Vol. 30. Conteúdo Digital <<https://www.scielo.br/j/qn/a/qHcKf8JsnJjjpk4pxp6wZCr/?format=pdf&lang=pt> >, acessado em 2 de Nov de 2022.

BARBOSA, Débora Lacerda. **Aplicação de Catalisadores à Base de Nióbio na Fotocatálise Visando a Degradação de Corantes da Indústria Têxtil**. Patos de Minas 2014. p 42. Monografia. Documento digital <[https://www.researchgate.net/publication/271529398\\_Aplicacao\\_de\\_catalisadores\\_a\\_base\\_d\\_e\\_Niobio\\_na\\_fotocatalise\\_visando\\_a\\_degradacao\\_de\\_corantes\\_da\\_industria\\_textil](https://www.researchgate.net/publication/271529398_Aplicacao_de_catalisadores_a_base_d_e_Niobio_na_fotocatalise_visando_a_degradacao_de_corantes_da_industria_textil) > Acessado em 10 de Out de 2022.

BATISTA, Isabela Reis. **Processos Oxidativos Avançados (POAS): Uma Revisão da Importância de Fotocatálise na Descoloração de Corantes Têxteis como o Verde Malaquita**. Ceres 2022. 39 Pg. Instituto Federal Goiano – licenciatura em química, TCC. Documento digital <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2591/1/TCC%20-%20Isabela%20Reis.pdf> > Acessado em 15 de Out de 2022.

CAMPOS, Laíse Giovanna Carvalho. **Questões ambientais relacionadas ao processo de produção na Indústria Têxtil**. São João del-Rei 2018. 24 Pg. Universidade Federal de São João del-Rei- Dissertação. Documento digital < <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/TCC%20Laise.pdf> > Acessado em 18 de Out de 2022.

CASANOVA MONTEIRO, F. et al. **Photocatalytic activity of BiFeO<sub>3</sub> in pellet form synthesized using solid state reaction and modified Pechini method**. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, v. 367, p. 390–396, dez. 2018.

CHEQUER, F. M. D.; OLIVEIRA, G. A. R.; FERRAZ, E. R. A.; CARDOSO, J. C.; ZANONI, M. V. B.; OLIVEIRA, D. P. Textile dyes: dyeing process and environmental impact. In: GÜNAY, M. (Ed.). **Eco-Friendly textile dyeing and finishing**. Rijeka: InTech, 2013. p.151-176.

FIGUEIREDO, Mariele; SANTOS, Eliane Pereira;SCHMACHTENBERG, Natana. **Processos Oxidativos Avançados: Fundamentos e Aplicação Ambiental**. Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, n 2236 1170, V. 18 , p 79-91. 1 Abr 2014. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/270299825.pdf>> Acessado em 14 de Out de 2022.

FRANÇA, M. D.; SANTOS, L. M.; SILVA, T. A.; BORGES, K. A.; SILVA, V. M.; PATROCINIO, A. O. T.; TROVÓ, A. G.; MACHADO, A. E. H. **Efficient Mineralization of Paracetamol Using the Nanocomposite TiO<sub>2</sub>/Zn(II) Phthalocyanine as Photocatalyst**. Journal of the Brazilian Chemical Society v. 26, n. 7, p. 1094-1102, 2016.

GUSMÃO, K. B; PERGHER, S. B. C. SANTOS, E. N. **Um Panorama da Catálise no Brasil nos Últimos 40 Anos**. Química Nova, V. 40, p 650–655. 2017 <<https://www.scielo.br/j/qn/a/pykz4L3XJCKsvL7NKP6yyVf/?format=pdf&lang=pt>> Acessado em 10 de Nov de 2022.

HAMEED, Abdul et al. **Synthesis, characterization and photocatalytic activity of NiO–Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposites**. Chemical Physics Letters, [s.l.], v. 472, n. 4-6, p.212-216, abr. 2009.

HASS, E. et al. **Bentonite clay modified with Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: An efficient and reused photocatalyst for the degradation of reactive textile dye.** Journal of Photochemistry & Photobiology A : Chemistry, v. 388, p. 112084 -112093 , 2020.

IBHADON, A.; FITZPATRICK, P. **Heterogeneous Photocatalysis: Recent Advances and Applications.** Catalysts, v. 3, p. 189–218, 2013.

KOSERA, V. S. et al. **Triclosan degradation by heterogeneous photocatalysis using ZnO immobilized in biopolymer as catalyst.** Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry, v. 344, p.184-191, 2017.

LIMA, C. S. et al.; **Photodecomposition and color removal of a real sample of textile 68 wastewater using heterogeneous photocatalysis with polypyrrole.** Solar Energy, v. 114, p. 105-113, 2015.

LOCATELLI, Eduarda; MELO, Aline Resmini. **Utilização da Casca de Aipim como Adsorvente Natural para Remoção de Corantes Têxteis.** Centro Universitário UniSATC 2021. Pg 24. Repositório. Conteúdo digital <<http://repositorio.satc.edu.br/bitstream/satc/426/2/Eduarda%20Locatelli.pdf>> Acessado em 10 de Nov de 2022.

LOPES, O. F. et al. **Alto desempenho fotocatalítico do ZnSn(OH) na degradação da Rodamina B.** In: Whorkshop de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, 2013.

MELO, Maria Marcella Medeiros; ROCHA, Elisangela Maria Rodrigues; SILVA, Erika Lima CAHINO, Arthur Marinho; SILVA, Elson Santos. **Aplicação da Fotocatálise Solar Heterogênea em Efluente Oriundo de Indústrias Têxteis.** Campina Grande 2016. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Documento digital <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/II-032.pdf>> Acessado em 25 de Nov de 2022.

MENDES, Samira da Silva. **Degradação Fotocatalítica de Corantes Têxteis Reativos Utilizando Catalisadores Suportados em Zeólita .** Maringá 2013. Universidade Estadual de

Maringá Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Química Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Dissertação de Mestrado.

MOMENTI, Thiago José. **Processo anaeróbio conjugado com Processos Oxidativos Avançados (POA) no tratamento dos efluentes do processo industrial de branqueamento da polpa celulósica.** São Carlos 2006. Pg 140. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - Tese Doutorado. Conteúdo digital <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-22032007-205656/publico/Tese.pdf>> > Acessado em 15 de Set de 2022.

MORAES, Larissa Ariana Roveroni. **Aplicação da fotocatalise heterogênea para a degradação de corantes de uma indústria de cosméticos.** Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

NOGUEIRA, Raquel F Pupo. TROVÓ, Alam G SILVA. Milady Renata A. VILLA, Ricardo D. **Fundamentos e Aplicações Ambientais Dos Processos Fenton e Foto-Fenton** OLIVEIRA, D. F. M.; BATISTA, P. S.; MULLER, P. S.; VELANI, V.; FRANCA, M. D.; DE SOUZA, D. R.; MACHADO, A. E. H. **Evaluating the effectiveness of photocatalysts based on titanium dioxide in the degradation of the dye Ponceau 4R.** Dyes and Pigments, v. 92, n. 1, p. 563-572, 2012.

PAULA, Vinícius Cândido. **Construção De Um Protótipo Gerador De Ozônio Pelo Método Descarga De Corona.** Varginha 2021. Pg 39. Centro Universitário do Sul de Minas Engenharia Mecânica- TCC. Documento digital <<http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/2236/1/TCC%20VIN%C3%8DCIUS%20C%C3%82NDIDO%20DE%20PAULA.pdf>> Acessado em 20 de Nov de 2022.

ROYER, Betina. **Remoção de Corantes Têxteis Utilizando Casca De Semente de *Araucaria angustifolia* como Biossorvente.** Porto Alegre 2008. Pg 68. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto De Química Pós-Graduação em Química - Dissertação de Mestrado. Conteúdo digital <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13665/000651967.pdf?sequence=1>> Acessado em 15 de Nov de 2022.

SAITOVITCH, Henrique; SILVA, Paulo R. J. **Interações Hiperfinas em Catalisadores Metálicos.** Quim. Nova, Vol. 28. p 529-534. 2005  
<<https://www.scielo.br/j/qn/a/BFyHtWywhqKt8QDbRWPJhft/?format=pdf&lang=pt>>

Acessado em 12 de Out de 2022.

SILVA, Jordana Alves da Cunha; ROSA, Lídia Garcia; ALVES, Ludimila Thaís; NETO, Almir Silva; OLIVEIRA, Andrei Ramos; BELLIDO, Jorge David Alguiar; Batista, Marcelo da Silva. **Uso de Ozônio para o Tratamento de Águas Contaminadas com Corantes.** Revista de Ciências Ambientais. Canoas, v. 15, n. 1, 2020. Documento digital  
<<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/3986/pdf>> Acessado em 15 de Out de 2022.

SILVA, Paulo Ozeride. **Métodos de Tratamento de Efluentes da Indústria Têxtil.** Montes Claros 2013. Pg 40. Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias- Monografia. Documento digital <  
[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A2CJNF/1/tcc\\_paulo\\_ozeride\\_silva.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A2CJNF/1/tcc_paulo_ozeride_silva.pdf)>  
Acessado em 20 de Out de 2022.

SOUSA, Sandro Paiva. **DEGRADAÇÃO DO CORANTE TARTRAZINA POR FOTOCATÁLISE.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

ZOZ, Bruna. **Conheça os Impactos da Indústria Têxtil no Meio Ambiente.**  
<[https://routebrasil.org/2020/08/14/conheca-os-impactos-da-industria-textil/?fbclid=IwAR0XBucKpAB8uFu4269jlpdEkw5odZXLn\\_on0m0QI3FIq89IWB0UR9ft5M](https://routebrasil.org/2020/08/14/conheca-os-impactos-da-industria-textil/?fbclid=IwAR0XBucKpAB8uFu4269jlpdEkw5odZXLn_on0m0QI3FIq89IWB0UR9ft5M)> Acessado em 26 de outubro de 2022