



GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO  
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM  
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



# SUBSÍDIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES COMO CONTAMINANTES DE AMBIENTES AQUÁTICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO

SELMA ARRUDA CORDEIRO

Cuiabá/MT  
2021



SELMA ARRUDA CORDEIRO

**SUBSÍDIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES COMO  
CONTAMINANTES DE AMBIENTES AQUÁTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua - Unidade UNEMAT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**Orientador:** Professor Dr. Adley Bergson Gonçalves de Abreu

**Coorientador:** Professor Dr. Luiz Alberto Esteves Scaloppe

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Leandro Carbo – **IFMT/MT**

---

Prof. Dr. Fátima Aparecida da Silva Iocca – **ProfÁgua/UNEMAT**

Cuiabá/MT  
2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

C794s	<p>CORDEIRO, Selma Arruda. Subsídios para Classificação dos Corantes como Contaminantes de Ambientes Aquáticos / Selma Arruda Cordeiro - Cuiabá, 2022. 49 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Profissional) Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal Cuiabá e Cidade Universitária Celso Campus Univers. de Cáceres., Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2022. Orientador: Professor Dr. Adley Bergson Gonçalves de Abreu Coorientador: Professor Dr. Luiz Alberto Esteves Scaloppe</p> <p>1. Efluentes Industriais. 2. Contaminação Hídrica. 3. Lei Ambiental. I. Selma Arruda Cordeiro. II. Subsídios para Classificação dos Corantes como Contaminantes de Ambientes Aquáticos: .</p> <p>CDU 628.39:628.193</p>
-------	---

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”.

(Guimarães Rosa)

*Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, ao meu pai João Gomes Cordeiro (in memoriam), minha mãe Osvaldina Luiza A. Cordeiro (in memoriam), meu esposo Jones Carlos Viegas e minha filha Leticia Arruda Viegas, pois sem o seu apoio e compreensão este e muitos outros sonhos não se realizariam*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À Deus, pela sabedoria, força e coragem que me proporcionou durante toda esta caminhada;

Ao Prof. Dr. Adley Abreu e ao Prof. Dr. Luiz Scaloppe, pela fundamental orientação e apoio durante todo o processo da pesquisa;

Aos meus irmãos, pelo apoio incondicional para que este projeto se concretizasse.

A todos os professores do curso, que de alguma forma foram tão importantes na minha vida acadêmica.

Aos colegas do curso pelo incentivo e convivência agradável;

Àquelas pessoas que porventura eu me esqueci de elencar aqui, a elas o meu apreço.

Ao o Programa de Pós-Graduação ProfÁgua, a CAPES, a UNEMAT e Agência Nacional das Águas (ANA).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

## RESUMO

A disponibilidade da água doce no mundo está comprometida devido a diversos fatores, dentre eles, os despejos irregulares ou, sem tratamento de efluentes industriais diretamente nos corpos d'água, gerando um enorme prejuízo ao meio ambiente. Os efluentes contendo corantes são os mais preocupantes, pois trazem em sua composição alta carga de compostos químicos orgânicos, não degradam facilmente e muito tóxicos para o meio ambiente. Desta forma, este trabalho realizou levantamento bibliográfico de informações relacionadas as toxicidades de corantes no meio aquáticos, identificando os níveis de toxicidade dos corantes identificados neste estudo. Os resultados de toxicidade encontrado serão encaminhados a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) a fins de subsidiar a baixar norma técnica específica classificando os corantes na categoria de contaminantes ambientais para atender à exigência da Lei Estadual nº 10.748 de agosto de 2018 do Estado de Mato Grosso. A metodologia aplicada foi da pesquisa exploratória e explicativa, que pautou pelo levantamento bibliográfico em bases de dados da google acadêmico, Scielo e Portal Capes de informações relacionadas as toxicidades de corantes no meio aquático: normas técnicas, legislação, artigos científicos, teses, dissertação publicadas entre os anos de 2000 a 2020 que trata da área em questão e que utilizaram ensaios com organismos-teste. Após estudo e análise de material relacionado ao tema, foi constatado que dentre os corantes identificados, os corantes azo apresentam níveis mais elevados de toxicidades que outros grupos, principalmente o nível agudo, além de apresentarem atividade carcinogênica e mutagênica, citotoxicidade, clastogênica e citostaticidade/ genotoxicidade potencial. Então podemos concluir que, no caso dos corantes, os compostos mais solúveis em água tendem a induzir menos toxicidade, já os compostos menos solúveis tendem a ser mais absorvidos por organismos e, conseqüentemente, são mais propensos a induzir toxicidade. Salienta-se que para detecção de corantes no ambiente aquático, são necessários que os órgãos ambientais estabeleçam um programa de monitoramento que utilizem equipamentos como exemplo podemos citar um cromatógrafo líquido, para uma análise mais precisa da ocorrência de corantes nos recursos hídricos no estado de Mato Grosso, de forma que possam quantificar os níveis de concentrações da ordem de micrograma por litro ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ) ou menores, viabilizando assim o processo de avaliação do risco ambiental.

**Palavras-Chave:** Efluentes industriais, Contaminação hídrica, Lei ambiental.

## ABSTRACT

The availability of fresh water in the world is compromised due to several factors, among them, irregular dumping or, without treatment of industrial effluents directly into water bodies, causing enormous damage to the environment. Effluents containing dyes are the most worrisome, as they have a high load of organic chemical compounds in their composition, do not degrade easily and are very toxic to the environment. In this way, this work carried out a bibliographic survey of information related to the toxicities of dyes in the aquatic environment, identifying the levels of toxicity of the dyes identified in this study. The toxicity results found will be forwarded to the Secretary of State for the Environment (SEMA) in order to subsidize the download specific technical standard classifying the dyes in the category of environmental contaminants to meet the requirement of State Law No. 10,748 of August 2018 of the State of Mato Grosso. The methodology applied was exploratory and explanatory research, which was based on the bibliographic survey in databases of academic google, Scielo and Capes Portal of information related to the toxicities of dyes in the aquatic environment: technical standards, legislation, scientific articles, theses, published dissertation between the years 2000 to 2020 that deals with the area in question and that used tests with test organisms. After studying and analyzing material related to the topic, it was found that among the identified dyes, azo dyes have higher levels of toxicity than other groups, especially the acute level, in addition to having carcinogenic and mutagenic activity, cytotoxicity, clastogenicity and cytostaticity/ potential genotoxicity. So we can conclude that, in the case of dyes, the more water-soluble compounds tend to induce less toxicity, whereas the less soluble compounds tend to be more absorbed by organisms and, consequently, are more likely to induce toxicity. It should be noted that for the detection of dyes in the aquatic environment, it is necessary for environmental agencies to establish a monitoring program that uses equipment as an example we can mention a liquid chromatograph, for a more accurate analysis of the occurrence of dyes in water resources in the state of Mato Coarse, so that they can quantify the levels of concentrations of the order of microgram per liter ( $\mu\text{g/L-1}$ ) or lower, thus enabling the process of environmental risk assessment.

**Keywords:** Industrial effluents, Water contamination, Environmental law.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Estrutura química da Malva ou Malveína (in: Franco, 2014). 17
- Figura 2.** Minerais utilizados como fonte de pigmentos (Fonte: BRANCO, 2009 citado por VELOSO, 2012). 22
- Figura 3.** Imagem da tabela 25 que está presente na norma ABNT NBR 14725-2:2009, a qual traz os critérios de classificação de toxicidade. 36

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1.** Principais parâmetros físico-químicos do efluente têxtil

28

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> As 15 maiores fabricantes de corantes e pigmentos do Brasil	<b>Indicador</b>	<b>não definido.</b>
<b>Quadro 2.</b> Classificação dos corantes de acordo com suas respectivas classes químicas		19
<b>Quadro 3.</b> Classificação de acordo com utilização por substrato		20
<b>Quadro 4.</b> Classificação de pigmentos em categorias		21
<b>Quadro 5.</b> Estados Brasileiros que possuem Lei ou Projeto de Lei que versa sobre o lançamento de efluentes contendo corantes em corpos hídricos.		26
<b>Quadro 6.</b> Principais produtos químicos utilizados nas etapas de cor do processo de curtumes		29
<b>Quadro 7.</b> Corantes alimentícios de uso tolerado no Brasil (In: Brasil, 1977; Brasil, 1999).		31
<b>Quadro 8.</b> Espécies aquáticas utilizadas para avaliar a toxicidade de corantes		33
<b>Quadro 9.</b> Normas da ABNT para testes ecotoxicológico		34
<b>Quadro 10:</b> Classificação de corantes conforme nível de toxicidade, segundo norma ABNT NBR 14725-2:2009.		38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AE – Atividades Experimentais

AEDB – Associação Educacional Dom Bosco

AP – Arquitetura Pedagógica

APA – Ambiente Pessoal de Aprendizagem

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem

BTDC – Banco de Teses e Dissertações da Capes

CCSL – Centro de Computação Científica e Software Livre

CAIE/SEPS – Comitê Assessor de Informática para Educação de 1º e 2º graus

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEE – Comissão Especial de Educação

CE/IE – Comissão Especial de Informática na Educação

CEFAMs – Centros de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério

CIAED – Congresso Internacional ABED de Educação a Distância

CIEd – Centros de Informática em Educação

ppm – Parte por milhão

ppb – Parte por bilhão

LD – Limite de detecção

LQ – Limite de quantificação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
3.1	CORANTES	17
3.1.1	Corantes e pigmentos: semelhanças e diferenças	18
3.1.2	Classificação	19
3.1.3	Identificando os tipos de corantes	22
3.2	CORANTES NAS INDUSTRIAIS	23
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>24</b>
5.1	NORMAS LEGAIS DE CONTROLE DE EFLUENTES	25
5.1.1	Efluentes de indústrias têxteis	27
5.1.2	Efluentes de curtumes	28
5.1.3	Corantes na indústria alimentícia	29
5.2	TOXICIDADE DE CORANTES NO AMBIENTE AQUÁTICO	32
5.3	MÉTODOS DE ANÁLISE E MONITORAMENTO	42
5.4	TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS COM CORANTES	43
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma abundância hídrica significativa, cerca de 10% da água doce do planeta está concentrado em nosso território. Entretanto, em diversas regiões do País, a água é limitada e atende apenas às necessidades básicas do homem (QUEIROZ et al, 2019). A disponibilidade da água doce no mundo está comprometida devido a diversos fatores, dentre eles podemos destacar o processo de degradação que os recursos hídricos vem sendo submetidos, seja pela poluição natural e antrópica. Esta última, ocorrem principalmente pelo despejo irregular ou sem o devido tratamento de efluentes e esgoto sanitário diretamente nos corpos d'água entre outros poluentes. (QUEIROZ et al, 2019).

A poluição dos recursos hídricos por lançamentos de efluentes industriais, sem nenhuma espécie de triagem, cuidado e tratamento intermediário, geram prejuízos ao meio ambiente (TERA, 2013). Os efluentes industriais contendo corantes são os mais preocupantes, pois traz em sua composição alta carga de compostos químicos orgânicos, não degradam facilmente e são altamente tóxicos para o meio ambiente (ALMEIDA et, al.,2016).

Segundo Beltrame (2000) A indústria têxtil, é a que mais utiliza corantes no processo produtivo e, conseqüentemente gera elevados volumes de água para concluir a atividade. Burkinshaw & Salihu (2013), destaca que mais de 700.000 toneladas de corantes são direcionadas anualmente para uso nas indústrias têxteis. Nunes (2019) especifica que o consumo de água nesse tipo de indústria é de 20 a 60m<sup>3</sup> por tonelada de produto fabricado. A indústria têxtil ocupa o oitavo lugar em demanda de água entre os 24 setores estudados em 2017 pela Agência Nacional de Águas – ANA.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, recomenda que corantes provenientes de fontes antrópicas devem estar virtualmente ausentes no corpo d'água; não permitindo a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais; para aferir a qualidade da água, estabelece como padrão de COR, o limite máximo de até 75 mg Pt/L para Cor Verdadeira. A Resolução CONAMA nº 430 de 2011 em seu artigo 16º recomenda que os efluentes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados diretamente no corpo receptor assim que atenderem às condições e padrões de lançamentos.

De modo geral, há uma preocupação com o descarte irregular de efluentes industriais diretamente nos corpos d'água. Essa preocupação fez o estado de Mato Grosso promulgar a Lei

Estadual nº 10.748 de agosto de 2018, que proíbe o lançamento de efluentes que contenham corantes em rios, lagos, represas e demais corpos de água doce do Estado de Mato Grosso e determina a classificação dos corantes ambientais, e em seu art. 3º passa a responsabilidade ao órgão ambiental competente, baixar norma específica classificando os corantes na categoria de contaminantes ambientais.

Visando auxiliar o órgão ambiental (SEMA- MT) a atender o dispositivo da Lei Estadual nº 10.748/2018, este trabalho visa elencar os riscos ambientais da presença de corantes nos recursos hídricos e relacionar os tipos de corantes conforme seu nível de toxicidade para ambiente aquático. Assim, este trabalho poderá servir de parâmetro para subsidiar a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) publicar norma específica classificando os corantes na categoria de contaminantes ambientais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Elaborar estudo técnico classificando os corantes como contaminantes ambientais, que sirva de parâmetro para subsidiar a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) publicar norma específica classificando os corantes na categoria de contaminantes ambientais para atender à exigência da Lei Estadual nº 10.748 de agosto de 2018 do Estado de Mato Grosso.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar levantamento bibliográfico de informações relacionadas as toxicidades de corantes no meio aquáticos, identificar os níveis de toxicidade dos corantes analisados;
- Fornecer parâmetros para que a Secretaria de Estado do Meio Ambiente possa utilizar como base para elaborar normativa, monitoramento e licenciamento de empresas que utilizam corantes em seu processo industrial.
- Encaminhar os resultados deste trabalho à Secretaria de Estado do Meio Ambiente, para subsidiar no cumprimento do art. 3º da Lei Estadual nº 10.748 de agosto de 2018 do Estado de Mato Grosso;

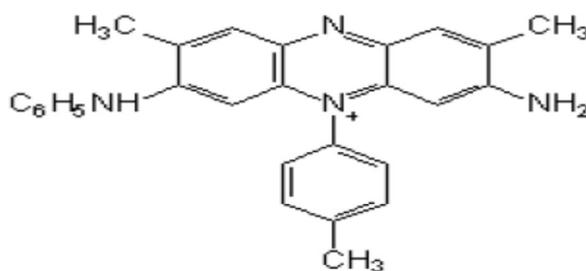
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Corantes

Os corantes são utilizados em grande escala nos diversos seguimentos industriais, possuindo um papel de extrema relevância para economia mundial. Conforme Rocha (2016) os corantes são substâncias, que quando aplicadas a um substrato, confere cor por um processo que altera a estrutura cristalina da substância em questão. Para Filho (2012) corantes são substâncias orgânicas intensamente coloridos ou fluorescentes que conferem cor, a um substrato por absorção seletiva de luz. São originados a partir de seres vivos, de vegetais, por bactérias e fungos, e ainda também de minerais, argila e carvão (TEIXEIRA, 2014).

De acordo com a história, a partir de 2.600 anos a.C na China os seres humanos começaram a fazer uso de corantes naturais. Até a meados do século XIX todos os corantes se originavam apenas de fontes naturais, derivados de moluscos, insetos, vegetais e outros tipos de matéria orgânica. Entre os primeiros corantes, podemos citar a “fuligem” (negro de fumo ou carvon black) utilizados pelo homem para pintar as paredes das cavernas. Temos ainda a “cor púrpura” obtida através de molusco do gênero Murex, “símbolo de riqueza e poder” na Roma Antiga, sendo ainda utilizada na atualidade pelo alto clero da Igreja Católica como herança por seu significado histórico. (BAFANA; DEVI; CHAKRABARTI, 2011; ROCHA, 2016). A história do Brasil também está diretamente ligada a utilização de corantes naturais, “a madeira pau-brasil - *Caesalpinia echinata*” que produz o corante avermelhado, deu origem ao nome do país (ROCHA, 2016).

O primeiro corante orgânico sintetizado foi criado em 1856 pelo químico britânico William H. Perkin, que através da oxidação da anilina com dicromato de potássio produziu a “Mauveína” (Figura 1).



**Figura 1.** Estrutura química da Malva ou Malveína (in: Franco, 2014).

A partir da “Malva” outros corantes passaram a ser produzidos sinteticamente em escala industrial para atender as demandas das indústrias têxtil, de couro e papel, surgindo assim os fabricantes na Alemanha, Inglaterra, França e Suíça. A partir de 1990, as grandes corporações mundiais implantaram unidades fabris na China, na Índia e na Indonésia (ROCHA, 2016). De acordo com Guaratini & Zanoni (2000), a produção industrial de corantes sintéticos no Brasil ocorreu somente após a Primeira Guerra Mundial, chegando a suprir 60 % da sua demanda doméstica ainda na virada do milênio.

Até 2016 a demanda mundial de corantes e pigmentos orgânicos crescia em 6 % a cada ano, movimentando aproximadamente US\$ 20 bilhões (ROCHA, 2016). Entretanto, segundo o site “Só Hélices” (<http://sohelices.com.br/>) a produção de pigmentos e corantes tem caído no Brasil. A instalação de novas fábricas no Brasil tem sido desestimulada pelo elevado custo de implantação dos mecanismos de controle de poluentes e pela regulamentação de política ambiental rigorosa tornando o custo muito alto.

### **3.1.1 Corantes e pigmentos: semelhanças e diferenças**

Quando o assunto é corante, geralmente associamos a ele os pigmentos. Todavia, embora sejam semelhantes devido a cor que conferem a um produto ou objeto, eles possuem diferenças: os pigmentos – são insolúveis em água ou em solventes orgânicos, e eleva rapidamente a cobertura, a opacidade, o tingimento e a cor ao serem aplicados. Já os corantes – são solúveis em água ou em solvente orgânicos, e só promove o tingimento, não proporcionando cobertura. Ou seja, o corante mantém a transparência do objeto tingido; enquanto o pigmento dá cor, mas tira a transparência (MENDA, MARTINHO & MASSABNI, 2011).

Outra diferença básica, está no tamanho de partícula e na solubilidade no meio em que é inserido. Para Saron e Felisberti (2006) citado por Veloso, (2012) a “solubilidade de um determinado colorante pode ser determinada pela presença de certos grupos químicos na estrutura do composto, os quais podem ocasionar as diferenciações entre pigmentos e corantes”. Geralmente pigmentos e corantes vem na forma de pó e sua moagem, dispersão ou dissolução é realizado pela indústria, de acordo com o tipo de material que será aplicado. Mas também podem ser adquiridos prontos para o uso, já beneficiados com aditivos, estabilizantes e outros componentes, que são os concentrados comercializados na forma líquida ou em pasta (MENDA, MARTINHO & MASSABNI, 2011).

### 3.1.2 Classificação

A Resolução - CNNPA nº 44, de 1977 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) classifica os corantes como:

- **Corante orgânico natural:** aquele obtido a partir de vegetal, ou eventualmente, de animal, cujo princípio corante tenha sido isolado com o emprego de processo tecnológico adequado.
- **Corante orgânico sintético:** aquele obtido por síntese orgânica mediante o emprego de processo tecnológico adequado.
- **Corante artificial:** é o corante orgânico sintético não encontrado em produtos naturais.
- **Corante orgânico sintético idêntico ao natural:** é o corante orgânico sintético cuja estrutura química é semelhante à do princípio ativo isolado de corante orgânico natural.
- **Corante inorgânico:** aquele obtido a partir de substâncias minerais e submetido a processos de elaboração e purificação adequados a seu emprego em alimento.
- **Caramelo** - o corante natural obtido pelo aquecimento de açúcares à temperatura superior à temperatura de fusão.
- **Caramelo (processo amônia)** - é o corante orgânico sintético idêntico ao natural obtido pelo processo amônia, desde que o teor de 4-metil, imidazol não exceda no mesmo a 200mg/kg.

A maneira mais apropriada para se classificar um corante é através da sua estrutura química, ou pelo seu grupo cromóforo. Pois este modo de agrupamento facilita a identificação rápida do corante por suas características semelhantes (ZANONI & YAMANAKA, 2016).

No quadro 2 estão descritos a classificação dos corantes de acordo com suas respectivas classes químicas e com as aplicações que se destinam.

**Quadro 1.** Classificação dos corantes de acordo com suas respectivas classes químicas

Classe Química	Classificação por aplicação
Acridina	Básicos, pigmentos orgânicos.
Aminocetona	À tina, mordentes

Antraquinona	Ácidos, mordentes, à tina, dispersos, azóicos, básicos, diretos, reativos, pigmentos orgânicos.
Ao enxofre	Enxofre, à cuba.
Azina	Ácidos, básicos, solventes, pigmentos orgânicos.
Azo	Ácidos, diretos, dispersos, básicos, mordentes, reativos.
Azóicos	Básicos, naftóis
Bases de oxidação	Corantes especiais para tingimento de pelo, pelegos, cabelos.
Difenilmetano	Ácidos, básicos, mordentes.
Estilbeno	Diretos, reativos, branqueadores ópticos.
Ftalocianina	Pigmentos orgânicos, ácidos, diretos, azóicos, à cuba, reativos, solventes.
Indamina e Indofenol	Básicos, solventes.
Indigóide	À tina, pigmentos orgânicos.
Metina e Polimetina	Básicos, dispersos.
Nitro Ácidos,	dispersos, mordentes.
Nitroso	Ácidos, dispersos, mordentes.
Oxazina	Básicos, mordentes, pigmentos orgânicos.
Quinolina	Ácidos, básicos.
Tiazina	Básicos, mordentes.
Tiazol	Branqueadores ópticos, básicos, diretos.
Triarilmetano	Ácidos, básicos, mordentes
Xanteno	Ácidos, básicos, mordentes, branqueadores ópticos, solventes

**Fonte:** adaptado de ABIQUIM, (2011) apud VELOSO, (2012).

Os corantes também são classificados conforme sua classe e campo de utilização, conforme é observado no quadro 3.

**Quadro 2.** Classificação de acordo com utilização por substrato

Classe	Campo de aplicação
Branqueadores ópticos	Detergentes, fibras naturais, fibras artificiais, fibras sintéticas, óleos, plásticos, sabões, tintas e papel.
À Cuba Sulfurados	Fibras naturais e fibras artificiais
À Tina	Fibras naturais
Ácidos	Alimentos, couro, fibras naturais, fibras sintéticas, lã e papel
Ao Enxofre	Fibras naturais
Azóicos	Fibras naturais, fibras sintéticas
Básicos	Couro, fibras sintéticas, lã, madeira e papel

Diretos	Couro, fibras naturais, fibras artificiais e papel
Dispersos	Fibras artificiais e fibras sintéticas
Mordentes	Alumínio anodizado, lã, fibras naturais e fibras sintéticas
Reativos	Couro, fibras naturais, fibras artificiais e papel
Solventes	Ceras, cosméticos, gasolina, madeira, plásticos, solventes orgânicos, tintas de escrever e vernizes
Pigmentos Orgânicos	Tintas gráficas, tintas e vernizes, estamperia têxtil, plásticos
Pigmentos Inorgânicos	Tintas gráficas, tintas e vernizes, estamperia têxtil, plásticos

**Fonte:** adaptado de ABIQUIM, (2011) apud VELOSO, (2012).

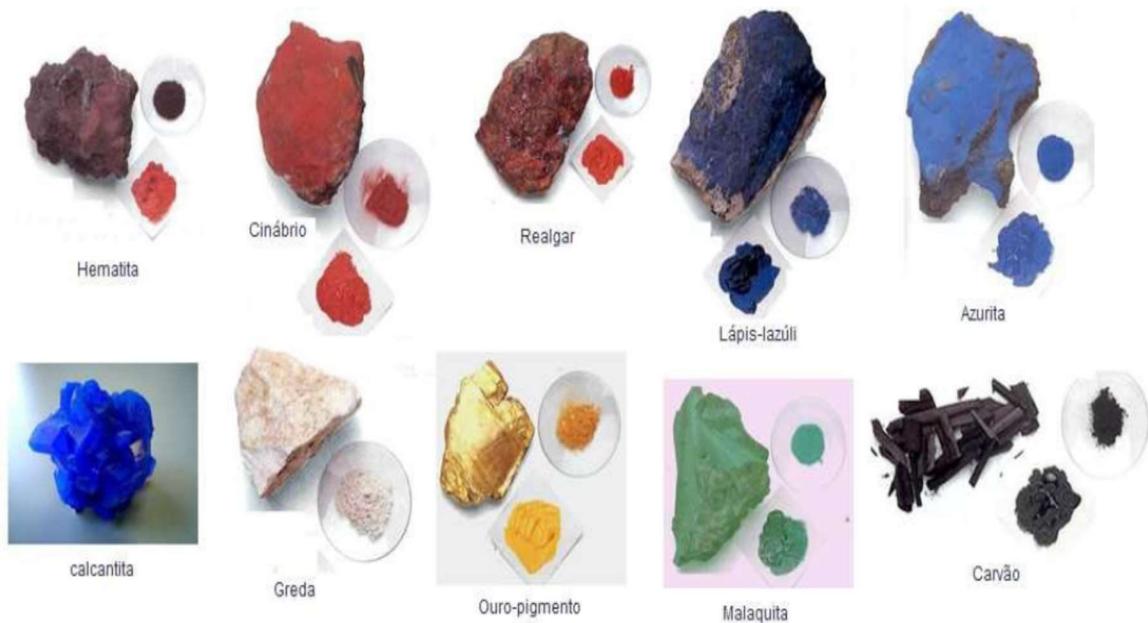
E no quadro 4 é demonstrado que os pigmentos são classificados em três categorias: inorgânicos, orgânicos e de efeito.

**Quadro 3:** Classificação de pigmentos em categorias

Tipo de Pigmento	Propriedades	Exemplos
Inorgânicos	Os pigmentos inorgânicos (minerais) compreendem compostos de diferentes classes e propriedades químicas	Dióxido de titânio, amarelo óxido de ferro, vermelho óxido de ferro, cromatos e molibdatos de chumbo, negro de fumo, azul da Prússia, etc.
Orgânicos	São materiais não poluentes, que oferecem versatilidade de aplicações em todas as nuances de cores	Ftalocianinas azul e verde, quinacridona violeta e vermelha, perilenos vermelhos, toluidina vermelha, aril amídicos amarelos.
Pigmentos de efeitos	Conferem uma aparência diferenciada aos produtos	Alumínio metálico, mica, etc.

**Fonte:** adaptado de (VELOSO, 2012).

Os pigmentos minerais possibilitam reduzir os impactos ambientais provocado pelos sintéticos e conseqüentemente vêm ganhando aceitação no mercado através da conscientização ecológica. A seleção das matérias-primas é de suma importância para se adquirir pigmentos minerais de alta qualidade, pureza e luminescência de cor. (CASQUEIRA; SANTOS, 2008; apud VELOSO, 2012). Na figura 2, temos imagens de minerais utilizados como pigmentos.



**Figura 2.** Minerais utilizados como fonte de pigmentos (Fonte: BRANCO, 2009 citado por VELOSO, 2012).

Os pigmentos minerais a base de óxido, possuem como características mais importantes: facilidade de uso, alto poder de cobertura, opacidade elevada, resistência à luz e vantagens custo/benefício (ABQUIM,2011).

### 3.1.3 Identificando os tipos de corantes

Os corantes, os pigmentos e branqueadores ópticos são compostos complexos, cuja fórmula química apresenta extrema dificuldade de tradução. Alguns não possuem estrutura química definida e são compostos por diversas misturas. Nesse contexto, sua nomenclatura química raramente é utilizada, pois preferem destacá-los pelos nomes comerciais. Para facilitar a identificação dos mesmos corantes comercializados com diferentes nomes, adotaram o “Colour Index (CI)” publicado pela American Association of Textile Chemists and Colorists e

da British Society of Dyers and Colorists, que contém uma lista organizada de nomes e números para designar os diversos tipos. (ABIQUIM, 2011; CORANTES, 2016; VASQUES, 2008).

Conforme Veloso (2012), para identificar os corantes alimentícios, o nome completo do corante ou seu número de INS (International Numbering System) deve estar relacionado na lista de ingredientes. Existem ainda outros códigos para identificação de corantes, entre eles o CAS NUMBER e Código Brasil. Os códigos de CAS NUMBER, Código Brasil e Colour Index (CI) para os corantes alimentícios artificiais permitidos no país. (ABIQUIM, 2011; VELOSO, 2012).

### **3.2 Corantes nas industriais**

Existem mais de 10.000 diferentes tipos de corantes utilizados industrialmente para atender as exigências do mercado consumidor, distribuídos nos seguimentos têxteis, de tintas, alimentícios, de cosméticos, plásticos, em gráfica, fotográficos e também, como aditivos para derivados de petróleo, etc. (GUARANTINI & ZANONI, 2000; MEIRELES, 2013).

Os corantes utilizados na indústria possuem centros cromóforos baseados em grupos funcionais como azo, antraquinona, polimetino, nitro, nitroso, arilmetano, xanteno dentre outros (ZANONI & YAMANAKA, 2016). A toxicidade do corante, depende da sua estrutura química, sendo importante avaliar individualmente cada corante. Os corantes do grupo azo tem chamado mais atenção, pois a biotransformação pode gerar compostos com altos níveis de toxicidade, como aminas e benzinas considerados considerados cancerígenos.

## 4 METODOLOGIA

O presente trabalho no primeiro instante baseou-se em descobrir respostas para problemas em discussão, mediante o emprego de procedimentos científicos, através de pesquisas em sites e revisão da literatura.

As informações foram coletadas a partir do segundo semestre de 2019 até dezembro de 2021, a pesquisa foi realizada em sites de pesquisas científicas, foram pesquisadas as bases de dados da google acadêmico, Scielo e Portal Capes: visando localizar normas técnicas, legislação, artigos científicos, teses e dissertações que tratam da área em questão e que utilizaram ensaios com organismos-teste.

A metodologia abordada subsidiou uma análise criteriosa de valores que causam impactos negativos em ambientes aquáticos. Os dados/informações foram tabulados em planilhas e analisadas conforme nível toxicológicos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em Mato Grosso, conforme a Lei nº 10748 de 29 de agosto de 2018, proíbe o lançamento de efluentes que contenham corante em rios, lagos, represas e demais corpos de água doce do Estado de Mato Grosso, e determina a classificação dos corantes como contaminantes ambientais. No Art. 3º legisla que: *“O órgão ambiental competente baixará norma específica classificando os corantes na categoria de contaminantes ambientais”*. Entretanto, o órgão ambiental do estado - Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA - MT) até o momento, ainda não realizou estudo sobre o assunto, tão pouco baixou a devida normativa.

A fim de atender ao objetivo deste trabalho serão apresentados dados sobre os aspectos legais do lançamento de efluentes contendo corantes, bem como dados sobre toxicidade e métodos de análise e descontaminação.

Neste trabalho, foram abordados apenas os corantes empregados nos setores têxteis, de couro e alimentícios devido a sua complexidade e relação com os índices de contaminação do ambiente aquático.

## 5.1 Normas legais de controle de efluentes

A ação de controle e monitoramento das características dos efluentes líquidos, realizados através de análises químicas, já são executadas desde 1976 para verificação dos limites estabelecidos na legislação brasileira. Tais limites seguiram orientação de documentos norte-americanos, mas já difere da nossa realidade, pois naquela época, julgava-se que os limites individuais das substâncias não impactariam o ambiente e seria suficiente para preservar a vida aquática dos corpos hídricos receptores de efluentes (BERTOLETTI, 2013).

No Brasil, ainda não há uma legislação específica para determinar um limite padrão de cor para efluentes. Entretanto, o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, órgão máximo que rege a legislação ambiental brasileira, estabelece na Resolução 357 de 2005 os padrões de lançamento para efluentes líquidos. Os Artigos 15-III e Art.16-I, descrevem que, na ausência de padrões definidos, devem-se adotar os padrões disponíveis para a classe em que os corpos receptores estiverem enquadrados. Ou seja, para corpos hídricos de água doce classificados como Classes 2 e 3, o valor tolerável de cor real ou verdadeira seria de até 75 mg Pt/L.

Os instrumentos legais para controle ecotoxicológicos de efluentes no Brasil são a Resolução CONAMA nº 430/11 (BRASIL, 2011) que complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), onde no caput do artigo 18, normatiza que: *“O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente”*.

Simplificando a resolução acima, Bertoletti (2013) destaca o seguinte texto:

“a frase “não deverá causar” significa que o órgão ambiental deve autuar o emissor com base na constatação direta de que o efluente causa efeitos tóxicos (agudos ou crônicos) no corpo receptor. Essa constatação dar-se-ia pela realização de ensaio ecotoxicológico com amostra coletada no corpo receptor a jusante do lançamento do efluente. No entanto, em termos práticos, essa constatação torna-se de difícil realização, visto que seria necessária uma amostragem das águas do corpo receptor no local onde há a mistura completa do efluente”. (BERTOLETTI, 2013)

Segundo Bertoletti (2013) a CETESB desde 1990 vem fazendo uso dos artigos 2º e 3º (inciso V) do regulamento da Lei nº 997 (SÃO PAULO, 1976a), aprovado pelo Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976b), e suas alterações, tem efetuado o enquadramento

legal dos efluentes que causam efeitos tóxicos em um corpo hídrico, com base nos ensaios ecotoxicológicos. De maneira implícita, os referidos artigos proíbem a liberação de poluentes que tornem, ou possam tornar, o meio aquático impróprio, nocivo ou ofensivo à fauna e à flora.

Para Sousa et al. (2014), a maioria dos corantes são tóxicos, alergênicos, mutagênicos e até cancerígenos. E deste modo, o CONAMA 357/2005 estabelece que estados e municípios também possam ter suas próprias legislações, desde que não conflitem com a federal, mesmo sendo mais restritivas (BRASIL, 2005).

No Quadro 5 são apresentados alguns estados que já implantaram ou estão implantando leis estaduais sobre este tema. No entanto observou-se, nas leis ou projetos de leis, descritas no referido quadro, que são iguais entre si em teor e escrita. E a lei mato-grossense, também, encontra-se igual as demais. A autora deste trabalho entrou em contato com as secretarias de meio ambiente dos estados listados no quadro 5 para averiguar como estes órgãos estavam estabelecendo as normas que classificam os corantes na categoria de contaminantes ambientais, porém os referidos órgãos não responderam ou ignoraram as indagações. Essa atitude demonstra que há muito o que percorrer para que as leis sobre a contaminação dos corpos hídricos por corantes sejam cumpridas.

**Quadro 4.** Estados Brasileiros que possuem Lei ou Projeto de Lei que versa sobre o lançamento de efluentes contendo corantes em corpos hídricos.

<b>Estado</b>	<b>Lei / Projeto de Lei</b>	<b>Endereço Eletrônico</b>
Mato Grosso	Lei Ordinária - 10748/2018	<a href="https://www.al.mt.gov.br/legislacao/21053/visualizar">https://www.al.mt.gov.br/legislacao/21053/visualizar</a>
Goiás	PROJETO DE LEI nº 649 de 26 DE JUNHO DE 2019	<a href="https://saba.al.go.leg.br/v1/merged/view/sgpd/public/R3RYyXOLinleOIUFHFhISmCb9tnKnNDLYTVnGAYB5CVW0HXei91I43SgxXbPY4cpv28NhoZ2UflfYa9b9n9jVQ==/pdf/2019003941">https://saba.al.go.leg.br/v1/merged/view/sgpd/public/R3RYyXOLinleOIUFHFhISmCb9tnKnNDLYTVnGAYB5CVW0HXei91I43SgxXbPY4cpv28NhoZ2UflfYa9b9n9jVQ==/pdf/2019003941</a>
Pernambuco	LEI Nº 15.241, de 19 DE MARÇO DE 2014	<a href="http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=10107">http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=10107</a>

Distrito Federal	LEI Nº 5.619, DE 03 DE MARÇO DE 2016	<a href="http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/057906b6d1334281b6700b8e4e5a0c82/Lei_5619_03_03_2016.html">http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/057906b6d1334281b6700b8e4e5a0c82/Lei_5619_03_03_2016.html</a>
Minas Gerais	PROJETO DE LEI Nº 3.504/2012 DE 19 DE OUTUBRO DE 2012	<a href="https://www.jusbrasil.com.br/diarios/41571069/al-mg-19-10-2012-pg-3?ref=serp">https://www.jusbrasil.com.br/diarios/41571069/al-mg-19-10-2012-pg-3?ref=serp</a>
Rio de Janeiro	PROJETO DE LEI Nº 16 DE SETEMBRO DE 2012	<a href="http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1115.nsf/18c1dd68f96be3e7832566ec0018d833/7b23085976bde06583257a070062c8f9?OpenDocument&amp;Start=1.1.1.12">http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1115.nsf/18c1dd68f96be3e7832566ec0018d833/7b23085976bde06583257a070062c8f9?OpenDocument&amp;Start=1.1.1.12</a>
São Paulo	PROJETO DE LEI 333/2012 de 22 DE MAIO DE 2012	<a href="https://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=1081468">https://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=1081468</a>

### 5.1.1 Efluentes de indústrias têxteis

Foi averiguado junto a SEMA/MT registros de indústrias têxteis no estado de Mato Grosso, sendo que foi notado a ausência de indústrias têxteis instaladas no solo mato-grossense. De toda forma fez-se um compilado de informações sobre os efluentes das indústrias têxteis para que seja utilizado como um parâmetro.

Corantes têxteis de acordo com Veloso (2012), “são compostos orgânicos usados com a finalidade de conferir a uma fibra uma cor”. Eles são classificados conforme o método de fixação à fibra têxtil em: corantes ácidos, azóicos, diretos, dispersivos, reativos, sulfurosos (de enxofre), à cuba, pré-metallizados e corantes branqueadores (VELOSO, 2012; GUARANTINI & ZANONI, 2000).

Guarantini & Zanoni (2000) estimam que mais de 10.000 corantes são produzidos industrialmente, sendo que cerca de 2.000 destes são disponibilizados para as indústrias têxtil, que o utiliza de forma ampla. De acordo com Fleck (2011) aproximadamente 50% de todos os corantes usados, são “AZO” (contém o átomo de nitrogênio em sua molécula) e alguns desses altamente perigosos.

Para Royer (2016) a utilização de corantes reativos no processo de tingimento pelas indústrias têxteis gera grande volume de efluentes contaminados. Os quais podem ser detectados facilmente a olho nu, mesmo em concentrações de  $1\text{ mg L}^{-1}$  (ROYER, 2008). Durante

as etapas de tinturaria e lavagem, são produzidos cerca de 45 a 65 litros de efluente por quilograma de tecido processado e por isso são consideradas as principais fontes de poluição da água (CARDOSO, 2012). Durante a atividade produtiva, estima-se que aproximadamente 12 % dos corantes sintéticos utilizados desaparecem, sendo 20% destes destinados para estações de tratamento de efluentes (ESSAWY, ALI, ABDELMOTTALEB, 2008 apud VELOSO, 2012; GUARANTINI & ZANONI, 2000).

A tabela 1, traz os principais parâmetros físico-químicos presente no efluente têxtil.

**Tabela 1.** Principais parâmetros físico-químicos do efluente têxtil

<b>Efluente da Indústria Têxtil</b>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Característica</b>
Composição Química	Aminas, corantes, dextrinas, gomas, graxas, pectinas, alcoóis, ácido acético, sabões e detergentes e compostos inorgânicos como hidróxido de sódio, carbonato, sulfato e cloreto.
Cor	Concentração elevada
Corante	Fixação incompleta gerando perdas de 10 a 20%
DBO	Concentração elevada
DQO	Concentração elevada
Metais pesados	Formados a partir da degradação do corante
OD	Concentração baixa
Sólidos suspensos	Concentração elevada
Toxicidade	Concentração elevada (compostos recalitrantes)
Tratamento biológico com lodos ativados	Remoção parcial da toxicidade e da cor

Fonte: Adaptado de López Cisneros et al. (2002) e Zanoni & Carneiro (2001))

Os efluentes têxteis segundo Cardoso (2012), possuem composição média dada por: sólidos totais de 1000 mg L<sup>-1</sup> a 1600 mg L<sup>-1</sup>; DBO de 200 mg L<sup>-1</sup> a 600 mg L<sup>-1</sup>, pH alcalino (acima de 7) e alcalinidade total de 300 mg L<sup>-1</sup> a 900 mg L<sup>-1</sup>. Esses valores são superiores aos estabelecidos pelas resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 397/2008, que são: 500 mg L<sup>-1</sup> de sólidos totais, DBO de até 3 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub>, pH neutro, e 250 mg L<sup>-1</sup> de alcalinidade.

### 5.1.2 Efluentes de curtumes

A indústria do couro se faz presente em todos os cantos do Estado de Mato Grosso, e essa atividade é impulsionada pela presença de grandes frigoríficos no estado e pela crescente demanda mundial. Esta, por sua vez possui papel significativo na economia brasileira, por que o país possui o maior rebanho comercial bovino do mundo, estimado em 217,55 milhões de

cabeças, 18,29% do valor mundial, sendo um dos principais produtores e exportadores de couro a nível global (ABQTIC, 2014; FAO, 2013 Apud ORTIZ-MONSALVE, SOARES & VALENTE, 2015).

“O processo de transformar peles em couros é usualmente dividido em três etapas principais: a ribeira, curtimento e acabamento” (PACHECO, 2005). A indústria do couro no processo produtivo, utiliza na etapa de acabamento geral (tingimento e acabamento), corantes em excesso para obter a tonalidade desejada (ver quadro 5), com isso são gerados enorme quantidades de efluentes coloridos. A presença de corantes eleva a dificuldade do tratamento dos efluentes pelos métodos convencionais e impossibilita a reutilização da água no processo produtivo (GOMES, PICCIN & SOARES, 2011; PACHECO, 2005).

**Quadro 5.** Principais produtos químicos utilizados nas etapas de cor do processo de curtumes

Etapa do processo	Produtos utilizados	
Acabamento Geral	Tingimento	Água – a quantidade é função do grau desejado de penetração dos corantes: menor volume (~30%, base peso bruto do couro no início da etapa), maior penetração e vice-versa (~50-100%); corantes aniônicos e catiônicos (1-6%, na mesma base – aminas aromáticas, tipo anilina ou outros corantes específicos – azocorantes, complexos metálicos), ácidos, enxofre. O banho residual é normalmente descartado.
	Acabamento	Tintas, misturas a base de ligantes e pigmentos, aplicadas em camadas, sobre os couros.

Fonte: (PACHECO, 2005; VELOSO, 2012)

### 5.1.3 Corantes na indústria alimentícia

No decorrer deste trabalho foi investigado o uso de corantes pelas indústrias de alimentos no estado de Mato Grosso, e resultado observado foi que esse setor no estado, em sua maioria, é basicamente artesanal, como exemplo podemos citar o urucum (*Bixa Orellana*), um corante natural, sendo hoje um dos corantes naturais mais utilizados no Brasil na indústria alimentícia, sendo muito utilizado na agricultura familiar na região da Grande Cuiabá.

No setor de alimentos, a cor de um determinado produto, frequentemente é um parâmetro indicador de qualidade, seja pelo frescor ou a maturação. Entretanto, a presença de corantes nos recursos hídricos ocasionadas pelo descarte irregular dos efluentes industriais sem o devido tratamento, podem provocar a diminuição da passagem da luz solar causando sérios impactos ao ecossistema aquático (Mittal et al., 2006).

Conforme Resolução n. 44 de 1977, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), do Ministério da Saúde são considerados corantes alimentícios: “a substâncias ou a mistura de substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar a coloração de alimento (e bebida)” (BRASIL, 1977).

De acordo com Anvisa (2007), através de pesquisas realizadas desde a década de 70 alguns corantes alimentícios demonstraram que podem causar reações alérgicas como asma, bronquite, rinite, náusea, bronco-espasmos, urticária, eczema e dor de cabeça.

No Brasil, as Resoluções n° 382 a 388, de 9 de agosto de 1999, da ANVISA, regulamentam o uso de onze corantes artificiais, sendo eles: amarantho, vermelho de eritrosina, vermelho 40, ponceau 4R, amarelo crepúsculo, amarelo tartrazina, azul de indigotina, azul brilhante, azorrubina, verde rápido e azul patente V. Os quais só podem ser utilizados nas indústrias de alimentos e farmacêuticas se respeitarem os limites máximos de quantidade permitida para cada um deles e em alimentos específicos.

A Portaria SVS/MS 540/97 do Ministério da Saúde descreve que corantes são aditivos alimentares definidos como toda substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento. O quadro 6 descreve os tipos de Corantes alimentícios de uso tolerado no Brasil.

**Quadro 6.** Corantes alimentícios de uso tolerado no Brasil (In: Brasil, 1977; Brasil, 1999).

Classificação	Nomes
Orgânico natural	Curcumina
	Riboflavina
	Cochonilha; ácido carmínico
	Urzela; orceína, oreína sulfonada
	Clorofila
	Caramelo
	Carvão medicinal
	<b>Carotenóides:</b> alfa, beta, e gama-caroteno, bixina, norbixina, capsantina, capsorubina, licopeno.
	<b>Xantofilas:</b> flavoxantina, luteína, criptoxantina, rubixantina, violaxantina, rodoxantina, cantaxantina.
	Vermelho de beterraba, betanina.
Orgânico sintético artificial	<b>Antocianinas:</b> pelargonidina, cianidina, peonidina, delphinidina, petunidina, malvidina.
	Amarelo crepúsculo
	Laranja GGN
	Amarelo ácido ou amarelo sólido
	Tartrazina
	Azul brilhante FCF
	Azul de idantreno RS ou Azul de alizarina
	Indigotina
	Bodeaux S ou amaranto
	Eritrosina
	Escarlate GN
	Vermelho sólido E
	Ponceau 4 R
	Vermelho 40
Orgânico sintético idêntico ao natural	Betacaroteno
	Beta-Apo-8'-carotenal
	Éster etílico do ácido beta-Apo-8' carotênico
	Cantaxanteno
	Complexo cúprico da clorofila e clorofilina
	Caramelo:(Classe I: Caramelo simples, caramelo cáustico; Classe II: Caramelo sulfito cáustico; Classe III: Caramelo amônia; Classe IV: Caramelo sulfito amônia)
Inorgânico (Pigmentos)	· Carbonato de cálcio
	· Dióxido de Titânio
	· Óxido e hidróxido de ferro
	· Alumínio
	· Prata
	· Ouro

**Fonte:** (FRANCO, 2012) e (BRASIL, 1977) adaptado por CORDEIRO (2021)

## 5.2 Toxicidade de corantes no ambiente aquático

A poluição do ambiente aquático preocupa a sociedade de modo geral, cerca de 1/6 da população mundial não possui acesso a água potável e destas aproximadamente 5000 pessoas morrem diariamente pelo consumo de água poluída (MALATO et al., 2009). A contaminação ou poluição do ambiente por agentes nocivos podem danificar o material genético de qualquer organismo, apresentando um risco a saúde da população e também aos ecossistemas, visto que pela cadeia alimentar ou pelo consumo da água pode afetar o homem devido aos agentes mutagênicos (PINHEIROS, 2011).

Um dos vilões da contaminação hídrica, são os despejos irregulares de efluentes industriais com alto grau de coloração. Esse tipo de efluente, quando descartados sem o devido tratamento, podem reduzir bruscamente o nível de oxigênio dissolvido e ocasionar o desequilíbrio do ecossistema. Além da poluição visual causada por essas substâncias, esses compostos são nocivos aos organismos aquáticos a eles expostos, pois possuem em sua estrutura molecular, uma grande quantidade de anéis aromáticos, ligações azoicas e grupos sulfonados (ALMEIDA, DILARR & CORSO, 2016).

As águas residuais provenientes das indústrias têxteis são as principais fontes de contaminação hídrica. Estes resíduos possuem também grande quantidade de surfactantes e agentes quelantes que podem provocar a eutrofização, além de perturbações na vida aquática (AQUINO NETO et al., 2011). A presença de corantes no ambiente aquático, dificulta a passagem da luz solar nas camadas mais profundas, isso altera a atividade fotossintética do meio, diminui a qualidade dessa água baixando seu nível de oxigênio, e os resultados são efeitos tóxicos que atinge a fauna e flora aquática (LALNUNHLIMI; KRISHNASWAMY, 2016 apud ALMEIDA, DILARR & CORSO, 2016).

Em relação ao aspecto analítico da ecotoxicidade, o artigo 18, parágrafo 1º, da Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011) faz a seguinte exigência “

Os critérios de ecotoxicidade previstos no caput deste artigo devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, realizados no efluente, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes.

De acordo com informações ecotoxicológicas da CETESB, para realização dos testes de ensaios são utilizadas as seguintes espécies aquáticas descritas no quadro 8.

**Quadro 7.** Espécies aquáticas utilizadas para avaliar a toxicidade de corantes

<b>Algas</b>	<i>Scenedesmus quadricauda</i> <i>Pseudokircheneriella subcapitata</i> <i>Chlorella sp.</i> <i>Chlorella pyrenoidosa</i> <i>Microcystis aeruginosa</i>	
<b>Bactéria</b>	<i>Vibrio fischeri</i> (Norma Técnica L 5.227 - CETESB 2001)	
<b>Crustáceos</b>	Micro-crustáceos	<i>Daphnia magna</i> (água continental) <i>Daphnia pulex</i> <i>Daphnia similis</i> <i>Moina macropora</i>
	Camarão	<i>Gammarus lacustris</i> (água continental) <i>Crangon</i> (água marinha) <i>Palaemonetes</i> (água marinha)
<b>Moluscos</b>	Mexilhão: <i>Mytilus edulis</i> Ostra: <i>Crassostrea virginica</i>	
<b>Peixes</b>	água continental (Água doce)	<i>Gambusia affinis</i> <i>Carassius auratus</i> <i>Lebistes reticulatus</i> ("Guppy") <i>Lepomis macrochirus</i> ("Bluegill") <i>Pimephales promelas</i>
	água marinha	<i>Poecilia reticulata</i> ("Guppy") <i>Menidia beryllina</i>

**Fonte:** [https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ECO\\_HELP.htm](https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ECO_HELP.htm)

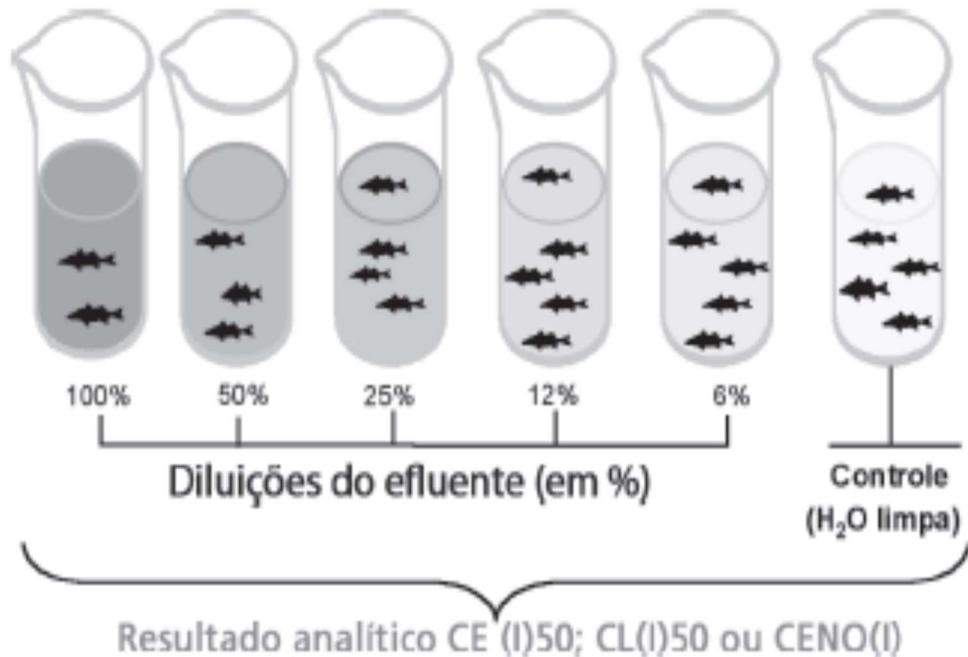
Para atender à exigência da Resolução CONAMA nº 430/2011 em relação a efluentes lançados em água doce, a CETESB adota os métodos de ensaios ecotoxicológicos já normatizados pela ABNT (Quadro 9).

**Quadro 8.** Normas da ABNT para testes ecotoxicológico

<b>NORMAS DA ABNT PARA TESTES ECOTOXICOLÓGICOS</b>
• <b>ABNT. NBR 15469:2015</b> Ecotoxicologia aquática - Preservação e preparo de amostras
• <b>ABNT NBR 15088:2011</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes
• <b>ABNT NBR 13373:2010</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com <i>Ceriodaphnia</i> spp (Crustacea, Cladocera)
• <b>ABNT NBR 12713:2009</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com <i>Daphnia</i> spp (Crustacea, Cladocera)
• <b>ABNT NBR 15499:2007</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes
• <b>ABNT NBR 15470:2007</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade em sedimento - Método de ensaio com <i>Hyalella</i> spp (Amphipoda)
• <b>ABNT NBR 15411-1:2006</b> Ecotoxicologia aquática - Determinação do efeito inibitório de amostras de água sobre a emissão de luz de <i>Vibrio fischeri</i> (ensaio de bactéria luminescente)
• <b>ABNT NBR 15411-2:2006</b> Ecotoxicologia aquática - Determinação do efeito inibitório de amostras de água sobre a emissão de luz <i>Vibrio fischeri</i> (ensaio de bactéria luminescente)
• <b>ABNT NBR 15411-3:2006</b> Ecotoxicologia aquática - Determinação do efeito inibitório de amostras de água sobre a emissão de luz de <i>Vibrio fischeri</i> (Ensaio de bactéria luminescente)
• <b>ABNT NBR 15350:2006</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com ouriço-do-mar (Echinodermata:Echinoidea)
• <b>ABNT NBR 15308:2005</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com misidáceos (crustacea)
• <b>ABNT NBR 12648:2005</b> Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae)

**Fonte:** Autor (adaptado de Bertolletti, CETESB. 2008)

Todos os métodos de ensaio mencionados seguem os mesmos princípios, de modo que os organismos-teste são submetidos a diferentes diluições do efluente líquido por um determinado período (Figura 3). Após o período de exposição, é registrada a porcentagem do efeito tóxico medido em cada uma das diluições e, em seguida, é calculado o resultado do ensaio ecotoxicológico.



**Figura 3.** Esquema de um ensaio ecotoxicológicos com efluentes

Fonte: BERTOLETTI, 2008

Para classificar os corantes conforme nível de toxicidade devemos ater-se o que regulamenta a norma ABNT NBR 14725-2:2009 que traz em seu bojo a classificação dos perigos ao ambiente aquático.

“O sistema unificado para classificação de substâncias consiste em três categorias de perigo de toxicidade aguda e quatro categorias de toxicidade crônica. As classificações, aguda e crônica são aplicadas independentemente. O critério para classificação da substância em categoria aguda I a III é definido com base, somente, nos dados de toxicidade aguda (CL50 ou CE50).”

Na figura 4 é apresentada uma imagem da tabela 25 que está presente na norma ABNT NBR 14725-2:2009, esta tabela apresenta os critérios para a classificação da toxicidade aguda e crônica para o meio aquático dos compostos contaminantes.

Tabela 25 — Categorias de substâncias perigosas para o meio aquático			
Categoria		Dados de toxicidade aguda ou crônica mg/L	
Toxicidade aguda	1	CL <sub>50</sub> 96 h (peixes)	$c \leq 1$
		CE <sub>50</sub> 48 h (crustáceos)	$c \leq 1$
		CE <sub>50</sub> 72 h ou 96 h (algas e outras plantas aquáticas)	$c \leq 1$
	2	CL <sub>50</sub> 96 h (peixes)	$1 < c \leq 10$
		CE <sub>50</sub> 48 h (crustáceos)	$1 < c \leq 10$
		CE <sub>50</sub> 72 h ou 96 h (algas e outras plantas aquáticas)	$1 < c \leq 10$
	3	CL <sub>50</sub> 96 h (peixes)	$10 < c \leq 100$
		CE <sub>50</sub> 48 h (crustáceos)	$10 < c \leq 100$
		CE <sub>50</sub> 72 h ou 96 h (algas e outras plantas aquáticas)	$10 < c \leq 100$
Toxicidade crônica	1 <sup>a</sup>	CL <sub>50</sub> 96 h (peixes)	$c \leq 1$
		CE <sub>50</sub> 48 h (crustáceos)	$c \leq 1$
		CE <sub>50</sub> 72 h ou 96 h (algas e outras plantas aquáticas)	$c \leq 1$
	2 <sup>b</sup>	CL <sub>50</sub> 96 h (peixes)	$1 < c \leq 10$
		CE <sub>50</sub> 48 h (crustáceos)	$1 < c \leq 10$
		CE <sub>50</sub> 72 h ou 96 h (algas e outras plantas aquáticas)	$1 < c \leq 10$
	3 <sup>b</sup>	CL <sub>50</sub> 96 h (peixes)	$10 < c \leq 100$
		CE <sub>50</sub> 48 h (crustáceos)	$10 < c \leq 100$
		CE <sub>50</sub> 72 h ou 96 h (algas e outras plantas aquáticas)	$10 < c \leq 100$
	4	Substâncias de pouca solubilidade para a qual nenhuma toxicidade aguda foi registrada em níveis superiores ou iguais à sua solubilidade na água, e que não são rapidamente degradáveis e têm $\log_{10} K_{ow} \geq 4$ , indicando um potencial para bioacumulação. Essas substâncias são classificadas nesta categoria, a menos que outras evidências científicas mostrem que essa classificação não seja necessária. Essa evidência deve incluir um BCF (fator de bioconcentração) experimentalmente determinado $< 500$ ou uma toxicidade crônica NOEC (concentrações efetivas não observadas) $> 1$ mg/L, ou evidência de rápida degradação no meio ambiente	
<sup>a</sup> Se a substância não for rapidamente degradável e/ou $\log_{10} K_{ow} \geq 4$ . Desconsiderar o valor de $\log_{10}$ de $K_{ow}$ quando existir valor de BCF $< 500$ , determinado por via experimental.			
<sup>b</sup> Se substância não for rapidamente degradável e/ou $\log_{10} K_{ow} \geq 4$ (desconsiderar o valor de $\log_{10} K_{ow}$ quando existir valor de BCF $< 500$ , determinado experimentalmente), e a menos que a toxicidade crônica, NOEC, seja $> 1$ mg/L.			
NOTA c é CL <sub>50</sub> ou CE <sub>50</sub> ou CE <sub>50</sub> .			

**Figura 3.** Imagem da tabela 25 que está presente na norma ABNT NBR 14725-2:2009, a qual traz os critérios de classificação de toxicidade.

Após estudo, foi possível fazer um levantamento prévio dos principais corantes encontrados em ambiente aquático. Esses corantes foram classificados, quanto ao nível de toxicidade, conforme a norma ABNT NBR 14725-2:2009 (Quadro 9).

Todos os corantes registrados neste estudo apresentam toxicidade ao ambiente aquático. Os níveis de toxicidade variaram da ordem de parte por milhão (ppm) a parte por bilhão (ppb).

De acordo com os dados levantados os microcrustáceos foram os organismos mais sensíveis à presença de corantes. Em contrapartida as bactérias apresentaram ser mais tolerantes para alguns grupos de corantes principalmente o grupo azo. A toxicidade dos corantes do grupo azo não é determinada pelo próprio pigmento, mas sim, pelas aminas aromáticas, produzidas durante processo de sua degradação, chamado especificamente de azorredução, mediante a ação de enzimas denominadas azoredutases. Esses catalisadores são produzidos pelo fígado em mamíferos e por diversos microrganismos (BAFANA; DEVI; CHAKRABARTI, 2010 Apud CÂMARA, 2017).

De acordo com Azevedo et al. (2020) os corantes mais solúveis em água tendem a induzir menos toxicidade, pois são menos absorvidos pelas membranas celulares. Já os compostos menos solúveis tendem a ser mais absorvidos por organismos e, conseqüentemente, são mais propensos a induzir toxicidade.

Nesse contexto, com o objetivo de complementar este trabalho foi realizado uma junção de várias análises de toxicidades de inúmeros tipos de corantes, análises estas já realizado por diversos autores, os quais os níveis de toxicidades foram relacionados no quadro 10 abaixo.

**Quadro 9:** Classificação de corantes utilizados em indústrias alimentícias e têxtil, curtume conforme nível de toxicidade, segundo norma ABNT NBR 14725-2:2009.

Análise de Toxicidade				
Corante (C.I.)	Organismo Teste/Referência	Efeito Observado	Resultado (mg. L <sup>-1</sup> )	Referência
Acid Orange 7 (C.A.S 633-96-5) - Azo	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CI50(72h) => 100	Luna et al. (2012)
	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50 (5min) = 2,68	Gottlieb et al. (2003)
Basic Red 14 (C.A.S 12217-48-0) – Azo	Moina macropora (Microcrustáceo)	Letalidade	CL50 (48h) = 4,9	Vinitnanthara t et al. (2008)
	Chlorella sp (Alga)	Imobilidade	CE50 (96h) = 10,8	
Basic Yellow 2 (C.A.S 2465-27-2) - Auremine	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição de crescimento	CE50 = 0,8	Azevedo et al. (2020)
	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 = 4,3	
	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50 = 0,8	
	Haworthia attenuata	Letalidade Aguda	CL50 = 1,6	
	Danio rerio	Letalidade Aguda	CL50 = 2,4	
Direct Violet 51 (C.A.S 9-77-0) - Azo	Daphnia similis (microcrustáceo)	Letalidade Aguda	CL50 = 0,219	Corso et al. (2003)
Direct Blue 218 (C.A.S 28407-37-6) - Azo	Daphnia magna (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 = 3,6	Bae et al. (2006)
	Daphnia magna (Microcrustáceo)	Letalidade Aguda	CL50 variou entre 1,0 e 10,0	Bae e Freeman (2007a)
Direct Red 28 (C.A.S 573-58-0) - Azo	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50 (30min) = 1.623,00	Novotný et al. (2006)
	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CE50 (96h) = 4,8	

Fonte: Adaptado de Zanoni & Yamanaka 2016

Continuação do Quadro 10

Análise de Toxicidade				
Corante (C.I.)	Organismo Teste/Referência	Efeito Observado	Resultado (mg. L <sup>-1</sup> )	Referência
Disperse Blue 3 (C.A.S 2475-46-9) - Antraquinona	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50(30min) = 488,00	Novotný et al. (2006)
	Selenastrum capricornutum (microalga)	Inibição do crescimento	CE50 (96h) = 0,50	
Disperse Red 1 (C.A.S 2872-52-8) - Azo	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 (48h) = 0,127	Ferraz et al. (2010)
	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Letalidade	CL50 (48h) = 0,13	Vacchi et al. (2012)
	Daphnia magna (Microcrustáceo)	Letalidade	CL50 (48h) = 0,58	
	Ceriodaphnia silvestrii (Microcrustáceo)	Letalidade	CL50 (48h) = 0,78	
	Ceriodaphnia dubia (Microcrustáceo)	Letalidade	CL50 (48h) = 0,48	
	Danio rerio (Larva)	Letalidade	CL50 (96h) > 50,00	Vacchi et al. (2013)
Disperse Red 13 (C.A.S 3180-81-2) - Azo	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 (48h) = 0,018	Ferraz et al. (2010)
Food Red 17 (C.A.S 25956-17-6) - Azo	Daphnia similis (microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 >1000 (-)	Luna et al. (2012)
	Ceriodaphnia dubia (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50 = 247,36 (** 4)	
	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CI50 = 61,0 (** 3)	
Food Yellow (C.A.S 1934-21-0) - Azo	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50 (5min) = 2,47	Gottlieb et al. (2003)

(\*) representa a categoria toxicidade aguda para a vida aquática.

Continuação do Quadro 10

Análise de Toxicidade				
Corante (C.I.)	Organismo Teste/Referência	Efeito Observado	Resultado (mg. L <sup>-1</sup> )	Referência
Food Yellow 3 (C.A.S 2783-94-0) - Azo (Alimentícios)	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 >1000 (-)	Luna et al. (2012)
	Ceriodaphnia dubia (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50 = 411,7 (** 4)	
	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CI50 = 72,3 (** 3)	
HC Orange 1 (HCO1) (C.A.S 54381-08-7) - Fenol (uso no Cabelo)	Daphnia magna (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 = 1,54	Liu et al. (2007)
	Carassius auratus (Peixe)	Inibição do crescimento	CL50 = 5,37	
	Brachydanio rério (Peixe)	Letalidade Aguda	CL50 = 4,4	
Índigo Blue (C.A.S 482-89-3) - Indigoide	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CI50(96h) > 100	Moreira (2019)
Reactive Black 5 (C.A.S 17095-24-8) - Azo	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CI50(72h) = 29	Luna et al. (2012)
	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50 (5min) = 4,01	Gottlieb et al. (2003)
Reactive Blue 15 (C.A.S 12225-39-7) - Cobreftalocianina	Daphnia similis (microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 48h: 223,93	Meireles (2013)
	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz (Com ajuste do PH)	CE50 15min= 2385,6	
	Ceriodaphnia dubia (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50 7 d = 21,04	
Reactive Blue 19 (C.A.S 2580-78-1) - Antraquinona	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50 (5min) = 3,68	Gottlieb et al. (2003)
	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50(30min) = 94	Novotný et al. (2006)
	Selenastrum capricornutum	Inibição do crescimento	CE50(96h) = 81,1	

Continuação do Quadro 10

Análise de Toxicidade				
Corante (C.I.)	Organismo Teste/Referência	Efeito Observado	Resultado (mg. L <sup>-1</sup> )	Referência
Reactive Blue 4 (C.A.S 13324-20-4) - Antraquinona	Daphnia similis (microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 48h = 10,91	Meireles (2013)
	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz (Com ajuste do PH)	CE50 15min= 319,26	
	Ceriodaphnia dubia (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50 7 d = 17,62	
Reactive Orange (C.A.S 6522-74-3) - Azo	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CE50(96h) = 7,8	Novotný et al. (2006)
Reactive Orange 16 (C.A.S 26262-58-2) - Azo	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50(30min) = 1375	Novotný et al. (2006)
	Selenastrum capricornutum	Inibição do crescimento	CE50(96h) = 7,8	
Reactive Red 141 (C.A.S 61931-52-0) - Azo	Moina macropora (Microcrustáceo)	Letalidade Aguda	CL50 (48h) = 18,2	Vinitnanthara t et al. (2008)
	Chlorella sp (Alga)	Imobilidade	CE50 (96h) = 95,5,8	
Reactive Yellow 4) (C.A.S 12226-45-8) - Azo	Vibrio fischeri (Bactéria)	Inibição da Emissão da Luz	CE50 (5min) = 6,00	Gottlieb et al. (2003)
Solvent Yellow 34 (C.A.S 492-80-8) - Auramine	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição de crescimento	CE50 = 0,30	Azevedo et al. (2020)
	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50 = 2,90	
	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50 = 0,90	
	Haworthia attenuata	Letalidade Aguda	CL50 = 4,80	
	Danio rerio	Letalidade Aguda	CL50 = 1,90	

Continuação do Quadro 10

Análise de Toxicidade				
Corante (C.I.)	Organismo Teste/Referência	Efeito Observado	Resultado (mg. L <sup>-1</sup> )	Referência
Vat Green 3 (C.A.S 3271-76-9) - Vat	Raphidocelis subcapitata (Microalga)	Inibição do crescimento	CI50 = 5,6 (** 2)	Luna et al. (2012)
	Daphnia similis (Microcrustáceo)	Imobilidade	CE50(48h) = 6,93 (* 2)	
	Ceriodaphnia dubia (Microcrustáceo)	Inibição da reprodução	CI50() = 0,52	

(\*) representa a categoria toxicidade aguda para a vida aquática.

O quadro 10 acima, relaciona os níveis de toxicidade de diversos corantes, sendo analisado a inibição de crescimento, imobilidade, inibição de reprodução, Inibição da Emissão da Luz e Letalidade aguda.

### 5.3 Métodos de análise e monitoramento

A preocupação em detectar a presença de agentes tóxicos nos ecossistemas aumentou muitos com o passar do tempo. “Com o avanço da tecnologia industrial, milhares de compostos orgânicos potencialmente nocivos são lançados no meio ambiente podendo alterar ciclos biológicos, devido a sua toxicidade e potencialidades carcinogênicas e mutagênicas” (HIGA 2008). Atualmente, essa preocupação estende principalmente para o ambiente aquático. Visto que anteriormente a avaliação era dada apenas por análises químicas e após anos de experiência, verificou-se que tal abordagem era inadequada (MARTINS *et al.*, 2007).

Após muitos estudos, alguns autores passaram a analisar os efeitos causados por substâncias químicas aos organismos vivos, estes estudos são chamados de toxicologia aquática e/ou ecotoxicologia. Esta avaliação é feita através de ensaios chamados de testes toxicológicos, testes ecotoxicológicos, testes de toxicidade aquática ou ainda de bioensaio ou ensaios biológicos (BAUMER, 2015). Conforme Zagatto; Bertolletti (2006) Apud Baumer (2015), entre 1863 e 1917 foram realizados os primeiros testes de toxicidade com efluentes industriais. Entretanto, só a partir da década de 1930 foram implementados testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos a fins de estabelecer a toxicidade de substâncias químicas nos despejos líquidos.

De acordo com Knie e Lopes (2004); Rodrigues et al. (2009) Apud Baumer (2015) algumas substâncias podem produzir efeitos tóxicos em níveis inferiores aos limites de detecção

analítica. Desse modo, são necessários analisar de forma integrada evidências biológicas, ecotoxicológicas, químicas, físicas e físico-químicas, para alcançar informações objetivas, que auxiliem as decisões nas ações de proteção do meio ambiente. a “avaliação da toxicidade dos corantes é um dos passos para promover a proteção da vida aquática. E quanto maior e mais consistentes forem os dados disponíveis mais fácil a tomada de medidas de controle e prevenção” (ARTAL, 2013).

O órgão ambiental designado para fazer o monitoramento deve dispor de equipamentos analíticos, como exemplo um cromatógrafo líquido, que alcancem limites de detecção (LD) e limites de quantificação (LQ) na ordem de  $1\mu\text{g L}^{-1}$  e  $10\mu\text{g L}^{-1}$  respectivamente.

#### **5.4 Tratamento de efluentes industriais com corantes**

Em vias de regras, nenhum método é totalmente eficaz para o tratamento dos efluentes têxtil com alto índice de coloração. Na literatura podemos encontrar como principais técnicas de descoloração: os processos de adsorção, precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, biodegradação, entre outros (ABRAHAM et al., 2003).

Entre as diversas formas de tratamento encontradas, algumas necessitam reunir técnicas que melhore o índice de eficiência, mas isto muitas vezes será inviável pelo alto custo que gera. Os tratamentos biológicos apresentam eficiência superior em relação aos convencionais físico-químicos, pois são eficientes na degradação de compostos corantes possibilitando a descoloração do efluente (ABRAHAM et al., 2003).

No caso dos corantes sintéticos, quando presente nos efluentes industriais, dificilmente são destruídos nos tratamentos convencionais de águas residuárias. Então, surge novos desafios, que é desenvolver tecnologias de forma ecologicamente correta, com capacidade de modificar completamente esses compostos. Neste contexto, estudos estão se concentrando em aumentar a eficiência tecnológica já utilizada, a fins de obter métodos mais sustentáveis (BRILLAS; MARTÍNEZ-HUITTLE, 2015; MEHRJOUEI et al., 2015 apud ALMEIDA, DILARR & CORSO, 2016).

As principais técnicas para tratamento e descoloração das águas de rejeito das indústrias têxteis envolvem processos de adsorção, precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, biodegradação e outros (GUARATINI & ZANONI, 2000).

Os efluentes de curtume, no Brasil geralmente são tratados em ETEs (Estações de Tratamento de Efluentes) e esse procedimento compreendem as fases de pré-tratamento, separação físico-mecânica, tratamentos físico-químicos, e tratamento biológico. Na remoção de corantes nos efluentes do acabamento, destacam-se os processos físicos e químicos como coagulação, floculação e decantação (ORTIZ-MONSALVE, SOARES & VALENTE, 2015).

Em relação ao uso de corantes, a preservação do meio ambiente é uma preocupação social. Desse modo, legislações mais rigorosas estão sendo imposta para o descarte desse tipo de efluentes, promovendo-se a busca por novas abordagens a fim de melhorar os métodos já existentes para desenvolver novas técnicas de tratamento de poluentes não biodegradáveis e tóxicos (ALMEIDA, DILARR & CORSO, 2016).

## **6 CONCLUSÃO**

Os corantes são compostos contaminantes dos corpos hídricos. No entanto os órgãos competentes não estabelecem um parâmetro para classificar os corantes como contaminantes ambientais.

Os órgãos ambientais precisam estabelecer um programa de monitoramento que utilizem técnicas analíticas sensíveis e robustas que possam detectar e quantificar os contaminantes em concentrações da ordem de micrograma por litro ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

As empresas cujo efluentes contem corantes devem investir em técnicas de tratamento que viabilize a total degradação destes compostos e fim de impedir a contaminação dos corpos hídricos.

Trazer em um único documento diversas informações sobre os corantes, principalmente sobre a sua ecotoxicidade no ambiente aquático, e assim cumpriu com o seu objetivo que foi gerar um relatório que possa subsidiar as decisões da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT) quanto ao cumprimento da Lei Estadual nº 10.748/2018

## 7 REFERÊNCIAS

ABRAHAM, T. E.; SENAN, R. C.; SHAFFIQU, T. S.; ROY, J. J.; POULOSE, T. P.; THOMAS, P. P. Bioremediation of textile azo dyes by an aerobic bacterial consortium using a rotating biological contactor. **Biotechnology progress**. v. 19, p. 1372-1376, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). 2011. Disponível em: <https://abiquim.org.br/> Acesso em: janeiro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília. 2007. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes\\_2007.asp](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2007.asp)>. Acesso em: janeiro de 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Água na Indústria: Uso e Coeficientes Técnicos**. 2017. Disponível em:< <https://drive.google.com/file/d/0B3aE-dABPLJ8QmQyeTlnNnhxNDQ/view> >. Acesso em: dezembro de 2021.

ALMEIDA, E. J. R.; DILARR, G.; CORSO, C. R.; **A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes**. 2016. Departamento de Bioquímica e Microbiologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

AQUINO NETO, S; MAGRI, T. C; SILVA, G. M; ANDRADE, A. R. Tratamento de Resíduos de Corante por Eletrofloculação: Um Experimento para Cursos de Graduação em Química. **Química Nova**, v.34, n.8, p.1468-1471, 2011.

ARTAL, MARIANA COLETTY. **Aplicação de teste de toxicidade com o copépodo marinho *nitokra sp.* na avaliação de corantes**. 2013. Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, Limeiras 2013.

AZEVEDO, C. C. DE J.; MONTAGNER, C. C.; UMBUZEIRO, G. A. **Avaliação do risco ecotoxicológico dos corantes Solvent Yellow 34 e Basic Yellow 2 em águas superficiais**. 2020. Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, Limeiras 2020.

BAE, J. S.; FREEMAN, H. S. **Aquatic toxicity evaluation of new direct dyes to the *Daphnia magna***. Dyes and Pigments. 2007.

BAE, J. S.; FREEMAN, H. S.; KIM, S. D. **Influences of new azo dyes to the aquatic ecosystem**. Fibers and Polymers. 2006.

BAUMER, J. D. **Remoção de cor e determinação da toxicidade de soluções de corantes têxteis degradados pela enzima Horseradish peroxidase (HRP)**.2015. 192 p. Tese ((Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Florianópolis, SC, 2015.

BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de Efluente Têxtil e Proposta de Tratamento**. 2000. 179 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

BERTOLETTI, Eduardo. **Controle ecotoxicológicos de efluentes líquidos no estado de São Paulo/ Eduardo Bertolotti**. São Paulo: CETESB. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução N° 44 de 1977**, publicação: D.O.U. de 01 de fevereiro de 1978.

BURKINSHAW, S.; SALIHU, G. The wash-off of dyeing using interstitial water Part 4: disperse and reactive dye on polyester/cotton fabric. *Dyes and Pigments*, v. 99, p. 548-560, 2013.

CÂMARA, Arthur M. Corantes azo: características gerais, aplicações e toxicidade. 2016. 60 f. Trabalho de Conclusão de CONHEÇA os danos causados pelos efluentes não tratados, 2013. **Tera ambiental**. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/350779/conheca-os-danos-causados-pelos-efluentes-nao-tratados>>. Acesso em: novembro de 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – **Informações ecotoxicológicas, 2019**. Disponível em: <[https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ECO\\_HELP.htm](https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ECO_HELP.htm)>. Acesso em: novembro de 2019.

CORSO, C. R.; JESUS, G. J.; VITOR, V.; FAHL, P. **Descoloração e diminuição da toxicidade de corante têxtil Direct Violet 51 por Aspergillus oryzae paramorfogênico**. Arquivos do Instituto Biológico. São Paulo, v. 70, n. 03, p. 1-4, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n° 357, de 17 de março de 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011**. Legislação Federal: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes

CARDOSO, N. F. **Adsorção de corantes têxteis utilizando biossorventes alternativos**. 2012. 120p. Tese ((Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2012.

FERRÃO, Luana Limoeiro. **“Avaliação do teor de corantes artificiais em cereal matinal: validação de metodologia analítica e contribuição para avaliar a exposição de crianças de**

**2 a 8 anos**". 2013. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2013.

FERRAZ, E. R. A.; UMBUZEIRO, G. A.; DE ALMEIDA, G.; CALOTO-OLIVEIRA, A.; CHÉQUER, F. M. D.; ZANONI, M. V. B.; DORTA, D. J.; OLIVEIRA, D. P. Differential Toxicity of Disperse Red 1 and Disperse Red 13 in the Ames Test, HepG2 Cytotoxicity Assay, and Daphnia Acute Toxicity Test. **Environmental Toxicology**. 26 (5): 489-497. 2010.

FILHO, Manuel Alves. Pesquisadores avaliam impactos provocados pela presença de corantes em rios e córregos do Estado de São Paulo. **EcoDebate**, 28 jun. 2012. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2012/06/28/pesquisadores-avaliam-impactos-provocados-pela-presenca-de-corantes-em-rios-e-corregos-do-estado-de-sao-paulo/> . Acesso em: fevereiro de 2020.

FRANCO, R. **Identificação de Corantes Orgânicos Artificiais em Refrigerantes de Laranja Comercializados na Região de Assis**. Assis - SP, 2014. Disponível em: < <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1111360367.pdf> > . Acesso em: janeiro de 2020.

FLECK, Leandro. **Aplicação do Controle Estatístico de Processos ao Tratamento de um Efluente Têxtil por Eletrofloculação**. 2011. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

GOMES, A.C; PICCIN, J; SOARES, M.G. **Adsorção de corantes da indústria coureira por resíduos de couro**. 2011. 38 F. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

GOTTLIEB, A.; SHAW, C.; SMITH, A.; WHEATLEY, A.; FORSYTHE, S. The toxicity of textile reactive azo dyes after hydrolysis and decolourisation. **Journal of Biotechnology**. 101: 49-56. 2003.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, p. 71- 78, 2000.

HIGA, M. C. **Aplicação de ensaios de toxicidade na avaliação da eficiência da radiação ionizante e da adsorção em zeólitas para o tratamento de efluentes coloridos**. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado) INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES Autarquia associada à Universidade de São Paulo – SP. 2008.

LIU, H.; YU, H.; GIESY, J. P.; SUN, Y.; WANG, X. Toxicity of HC Orange No. 1 to Daphnia magna, Zebrafish (Brachydanio rerio) embryos, and goldfish (Carassius auratus). **Chemosphere**, n. 66, p. 2159–2165, 2007.

LUNA, Luis Augusto Visani de. **Ecotoxicidade de corantes e de produtos de tratamento oxidativo avançado**. Orientador: Gisela de aração Umbuzeiro. 2012. 44 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira - SP, 2012.

MALATO, S. et al. Decontamination and disinfection os water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. **Catalysis Today**, v 147, n.1, p. 1-59, set. 2009.

MARTINS, J.;TELES, L. O.; VASCONCELOS, V. Assays with *Daphnia magna* and *Danio rerio* as alert systems in aquatic toxicology. **Environment International**, v .33, p. 414-425, 2007.

MATO GROSSO, **Lei nº 10.748, de 29 de agosto de 2018** - D.O. 29.08.18. Disponível em: <http://www.al.mt.gov.br/storage/webdisco/leis/lei-10748-2018.pdf>. Acesso em: novembro de 2019.

MEIRELES, Gabriela. **Avaliação eco/genotóxológica dos corantes têxteis Reactive Blue 4 e Reactive Blue 15**. Orientador(a): Danielle Palma Oliveira. 2013. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêutica de Ribeirão Preto - USP, Ribeirão Preto - SP, 2013.

MENDA, M; MARTINHO, L. A. P; MASSABNI, A. C. **Corantes e pigmentos. 2011**. Química Viva - Conselho Regional de Química IV Região. Disponível em: <[https://www.crq4.org.br/quimicaviva\\_corantespigmentos](https://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos)>. Acesso em: janeiro de 2020.

MERCOSUL/GMC/RES Nº 11/06 - **Regulamento técnico Mercosul sobre “lista geral harmonizada de aditivos alimentares e suas classes funcionais”**. 2006. Disponível em: [http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[12925-1-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[12925-1-0].PDF). Acesso em: fevereiro de 2020.

MITTAL, A.; MITTAL, J.; KURUP, L. **Batch and bulk removal of hazardous dye, índigo carmine from waste water through adsorption**. J. Hazard. Mater., v. B 137, p. 591-602, 2006

MOREIRA, Sofia Coelho. **Efeitos Ecotoxicológicos dos corantes índigo sintético e natural sobre a microalga *Raphidocelis subcapita* e sobre o peixe *Danio rerio***. Orientador: Renata Fracácio Francisco. 2019. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba - SP, 2019.

NOVOTNY, C.; NICOLINA DIAS; KAPANEN, A.; MALACHOVA, K.; VANDROVCOVA, M.; ITAVAARA, M.; LIMA, N. **Comparative use of bacterial, algal and protozoan tests to study toxicity of azo- and anthraquinone dyes**. Chemosphere, v. 63, p. 1436-1442, 2006.

NUNES, G. R; **Geração e tratamento de efluentes da indústria têxtil. 2019.69f**. Dissertação (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia (MG). Uberlândia

ORTIZ-MONSALVE, A; SOARES, M. G; VALENTE, P. **Estudos de descoloração de corantes para couro pelo isolado nativo *Trametes villosa* SC10**. 2015. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

PACHECO, José Wagner Faria. **Curtumes**. São Paulo: CETESB, 2005. (Série P+L). Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/curtumes.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2021.

PINHEIRO, Alessandro de Sá. **Avaliação da toxicidade e genotoxicidade dos corantes zo reativos Remazol Preto B e Remazol Alaranjado 3R e da eficácia da radiação com feixe**

**de elétrons na redução da cor e efeitos tóxicos.** Orientador (a): Suele Ivone Borrely. 2011. 139 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo – SP, 2011.

QUEIROZ, M. T. A., QUEIROZ, C. A., ALVIM, L. B., SABARÁ, M. G., LEÃO, M. M. D., & AMORIM, C. C. (2019). **Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis:** uma proposta embasada em fundamentos teóricos. *Gestão & Produção*, 26 (1), e 1149, 2019. Disponível em :<<https://doi.org/10.1590/0104-530X1149-19>>. Acesso em: dezembro de 2020.

ROCHA, O. P. **Avaliação do risco ecogenotóxicológico da utilização de corantes têxteis.** 2016. 100 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo., Ribeirão Preto, 2016.

ROYER, B.; **Remoção de corantes têxteis utilizando cascas de semente de *Araucária augustifolia* como biossorbente.** 2008, 68 f. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porta Alegre, RS, 2008.

15 MAIORES fábricas de pigmentos do Brasil. Só Hélices, 2018. Disponível em: <<http://sohelices.com.br/15-maiores-fabricantes-de-pigmentos-do-brasil/>>. Acesso em: novembro de 2019.

TEIXEIRA, M. H. S. **Caderno Pedagógico Corantes Naturais e Artificiais como Aditivos Químicos em Alimentos.** p. 34, Ponta Grossa – PR. 2014.

VACCHI, F. I.; ALBUQUERQUE, A. F.; VENDEMIATTI, J. A.; MORALES, D. A.; ORMOND, A. B.; FREEMAN, H. S.; ZOCOLO, G. J.; ZANONI, M. V. B.; UMBUZEIRO, G. **Chlorine disinfection of dye wastewater: Implications for a commercial azo dye mixture.** *Science of the Total Environment*. 442, p. 302– 309, 2013.

VACCHI, F.I. **Avaliação da ecotoxicidade do corante têxtil CI Disperse Red 1 e seus subprodutos clorados utilizando organismos aquáticos.** 2012. 54p. Tese (Mestrado) - Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas.

VASQUES, A.R. **Caracterização e aplicação de adsorbente para remoção de corantes de efluentes têxteis em batelada e colunas de leito fixo.** 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VELOSO, L. A. **Dossiê Técnico: Corantes e Pigmentos,** 2012; Disponível em:<<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTcwOA==>>> Acesso em: janeiro de 2020.

VINITNANTHARAT, S., CHARTTHE, W., PINISAKUL, P. Toxicity of reactive red 141 and basic red 14 to algae and waterfleas. **Water Science & Technology**, v.58, n.6, 2008.

ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H. Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento. **Cultura Acadêmica**, 1. Ed. São Paulo, 2016.