

# RESSALVA

Atendendo solicitação do autor , o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 05/08/2021.

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(MICROBIOLOGIA APLICADA)**

---

**Tratamento eletrolítico de efluentes têxteis: Avaliação da eficiência do processo e do potencial ecotoxicológico utilizando diferentes bioindicadores**

**JOSÉ RUBENS MORAES JÚNIOR**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada)

**Agosto - 2019**

**Tratamento eletrolítico de efluentes têxteis: Avaliação da eficiência do processo e do potencial ecotoxicológico utilizando diferentes bioindicadores**

**JOSÉ RUBENS MORAES JÚNIOR**

Orientador: Prof. Dr. Ederio Dino Bidoia

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada).

Rio Claro – SP  
Agosto - 2019

M827t            Moraes Júnior, José Rubens

                  Tratamento eletrolítico de efluentes têxteis: Avaliação da eficiência do processo e do potencial ecotoxicológico utilizando diferentes bioindicadores / José Rubens Moraes Júnior. -- Rio Claro, 2019

                  163 p. : il., tabs., fotos

                  Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

                  Orientador: Ederio Dino Bidoia

                  1. Processos oxidativos avançados. 2. Degradação de corantes têxteis. 3. Índice de biodegradabilidade. 4. Mutagenicidade. 5. Testes ecotoxicológicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Tratamento eletrolítico de efluentes têxteis simulados e avaliação ecotoxicológica e mutagênica com *Saccharomyces cerevisiae* D7

AUTOR: JOSÉ RUBENS MORAES JÚNIOR

ORIENTADOR: EDERIO DINO BIDOIA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (MICROBIOLOGIA APLICADA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDERIO DINO BIDOIA  
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / IB Rio Claro



Prof. Dr. CARLOS RENATO CORSO  
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / IB Rio Claro

Prof. Dr. PAULO RENATO MATOS LOPES  
x / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena



Prof. Dr. PETERSON BUENO DE MORAES  
Faculdade de Tecnologia / Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. EDSON APARECIDO ABDUL NOUR  
Departamento de Saneamento e Ambiente / Universidade Estadual de Campinas

Rio Claro, 05 de agosto de 2019

Título alterado para: "Tratamento eletrolítico de efluentes têxteis: avaliação da eficiência do processo e do potencial ecotoxicológico utilizando diferentes bioindicadores"

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas passaram por mim nestes últimos 4 anos que fizeram diferença e por isso sou grato.

Em especial agradeço a meus pais, José Rubens Moraes e Doraci Amaro Moraes, pois nunca deixaram de me apoiar, me incentivar e seguramente sem eles eu não teria chegado até aqui.

Agradeço à minha irmã Joice Raquel Moraes Santos e meu cunhado Dorival Pereira dos Santos por terem me acolhido durante todos os meus anos de estadia em Rio Claro - SP.

Agradeço meu orientador Prof. Dr. Ederio Dino Bidoia que me deu a oportunidade de continuar no laboratório Multidisciplinar no Departamento de Bioquímica da UNESP de Rio Claro – SP após o fim do meu mestrado e me deu a orientação e suporte para que este trabalho fosse concluído.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Microbiologia Aplicada e ao Instituto de Biociências da UNESP, campus Rio Claro, por me conceder esta oportunidade.

A Prof. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis que me permitiu utilizar os equipamentos do Laboratório de Toxicidade de Águas do Departamento de Bioquímica da UNESP de Rio Claro – SP.

Agradeço a meus amigos e companheiros de trabalho, Érica Janaína Rodrigues de Almeida, Elis Marina Turini Claro, Jaqueline Matos Cruz, Gabriela Mercuri Quitério, Guilherme Dilarri, Renato Nalin Montagnolli e Vinícius Luiz da Silva e aos técnicos do Departamento de Bioquímica, Roberto (Beto) e Adriano por estarem sempre prontos a auxiliar e dar suporte quando precisei.

E agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq processo 164422/2015-3 – pela bolsa concedida.

“Pra que tanta sujeira  
nas ruas e nos rios  
Qualquer coisa que se suje  
tem que limpar”  
(ROSA et al., 1994)

## RESUMO

Os efluentes têxteis têm capacidade de proporcionar cor à água de rios e lagos devido aos corantes presentes em sua composição. Além dos problemas estéticos, outros compostos presentes nestes tipos de efluentes podem ser tóxicos à vida aquática. Os processos oxidativos avançados (POA) vem sendo estudados devido a vantagem de serem mais rápidos, produzirem menos resíduos e não demandarem de grandes áreas de instalação quando se comparado a tratamentos convencionais. Este trabalho teve como objetivo a degradação de efluentes simulados contendo o corante Acid blue 40, o corante Acid red 151 e efluente misto contendo ambos os corantes por tratamento eletrolítico utilizando eletrodo de titânio recoberto por titânio/rutênio (70% TiO<sub>2</sub>/30% RuO<sub>2</sub>) com área de 40 cm<sup>2</sup> em um sistema de recirculação. Foi realizado planejamento experimental e por meio de análise de superfície de resposta, configurações de tratamentos otimizados foram realizadas. Foram realizadas análises de espectrofotometria, DQO, DBO, Cor, pH, cloro residual livre e condutividade durante os processos de tratamento. Análise de espectro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foi realizada de todos os tratamentos. Foi também verificada a geração de clorofórmio por meio de análise de cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-MS). Testes de ecotoxicidade com sementes de alface (*Lactuca sativa*) e rúcula (*Eruca sativa*) e com o microcrustáceo *Artemia salina* foram realizados durante os tratamentos. Teste de mutagenicidade foi realizado utilizando a cepa D7 da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os tratamentos otimizados degradaram a cor inicial em concordância com o planejamento experimental. A relação DBO/DQO aumentou durante os tratamentos indicando maior biodegradabilidade dos efluentes simulados após o tratamento eletrolítico. A análise de cor em 3 comprimentos de onda indicou que os subprodutos finais de todos os tratamentos apresentam cor amarelada. Análise de espectro de infravermelho sugeriu a produção de subprodutos tóxicos como nitro compostos durante os tratamentos, com a maioria sendo degradada ao fim dos processos. A análise de GC-MS para clorofórmio indicou a presença de baixas concentrações deste composto. Os testes de ecotoxicidade com a semente de *L. sativa* indicou toxicidade para o tratamento contendo o efluente Acid blue 40 enquanto o teste com a semente de *E. sativa* e com o microcrustáceo *A. salina* indicaram toxicidade para o tratamento do efluente contendo o corante Acid red 151. Por fim, apesar de apresentar sensibilidade a ataque mutagênicos, a cepa *S. cerevisiae* D7 não indicou mutagenicidade para nenhum dos tratamentos realizados.



**Palavras-chave:** Processos oxidativos avançados. Degradação de corantes têxteis. Acid blue 40. Acid red 151. Índice de biodegradabilidade. Mutagenicidade. *Lactuca sativa*. *Eruca sativa*. *Artemia salina*. *Saccharomyces cerevisiae* D7.

## ABSTRACT

The textile effluents have the capacity to provide color to water from rivers and lakes due to the dyes present in their composition. In addition to aesthetic problems, other compounds present in these types of effluents can be toxic to the aquatic life. The advanced oxidative processes (AOP) have been studied due to the advantage of being faster, producing less waste and not having to spend large areas of installation when compared to conventional treatments. This work aimed at the degradation of simulated textile effluents containing the Acid blue 40 dye, Acid red 151 dye and a mixed effluent containing both dyes by electrolytic treatment using a titanium electrode covered by titanium/ruthenium (70% TiO<sub>2</sub>/30% RuO<sub>2</sub>) with an area of 40 cm<sup>2</sup> in a recirculating system. Experimental design was realized by the response surface the optimized configurations of the treatments were performed. Analysis of spectrophotometry, COD, BOD, color, pH, free residual chlorine and conductivity were performed during the treatment processes. Fourier transformed infrared spectrum analysis (FTIR) were performed in all treatments. The generation of chloroform was investigated by analysis of gas chromatography and mass spectrometry (GC-MS). Ecotoxicity tests with seeds of lettuce (*Lactuca sativa*) and arugula (*Eruca sativa*) and with the microcrustacean *Artemia salina* were performed for during treatments. Mutagenicity test was performed using the D7 strain of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The optimized treatments degraded the initial color according to the experimental design. The BOD/COD ratio increased during treatments indicating higher biodegradability of the simulated effluents after electrolytic treatments. The color analysis in 3 wavelengths indicated that the final by-products of all treatments shown yellow color. The infrared spectrum analysis suggested the production of nitro-compounds during treatments, but most was degraded by the end of the processes. The GC-MS analysis for chloroform indicated the presence of low concentrations of the compound. The ecotoxicity tests with *L. sativa* seeds indicated toxicity for the Acid blue 40 effluent treatment while tests with *E. sativa* and *A. salina* indicated toxicity for the Acid red 151 effluent treatment. Finally, despite showing sensitivity for mutagenic attacks, the *S. cerevisiae* D7 strain did not indicate mutagenicity for any one of the treatments performed.

**Keywords:** Advanced Oxidative Processes. Degradation of textile dyes. Acid blue 40. Acid red 151. Biodegradability index. *Lactuca sativa*. *Eruca sativa*. *Artemia salina*. *Saccharomyces cerevisiae* D7.

## LISTA DE ABREVIACÕES

DSA	<i>dimensionally stable anode</i> – anodo dimensionalmente estável
DNA	<i>deoxyribonucleic acid</i> – ácido desoxirribonucleico
DQO	demanda química de oxigênio
DBO	demanda bioquímica de oxigênio
EPA	<i>environmental protection agency</i> – agência de proteção ambiental
E°	potencial elétrico
FTIR	Fourier-transformed spectroscopy – Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier
LD	limite de detecção
LQ	limite de quantificação
MGC	mitotic gene conversion – conversão do gene mitótico
POA	processo oxidativo avançado
PVC	policloreto de vinila
RSM	<i>response surface methodology</i> – metodologia de superfície de resposta
R <sup>2</sup>	coeficiente de determinação
THM	trihalometano
YPD	<i>yeast extract, peptone and dextrose</i> – extrato de levedura, peptona e dextrose
YNB	<i>yeast nitrogen base</i> – base nitrogenada de leveduras

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Corante Acid blue 40 com destaque para a antraquinona.....	22
<b>Figura 2</b> – Corante acid red 151 com destaque aos grupos azo.....	23
<b>Figura 3</b> – Células de <i>S. cerevisiae</i> apresentando brotamento.....	29
<b>Figura 4</b> – Náuplio de <i>A. salina</i> .....	32
<b>Figura 5</b> – Germinação de sementes de alface em papel de filtro.....	33
<b>Figura 6</b> – Trihalometanos mais encontrados em águas cloradas.....	35
<b>Figura 7</b> – Dissolução do corante Acid blue 40 por aquecimento.....	36
<b>Figura 8</b> – Espectrofotômetro UV/Vis da Shimadzy UV-2401PC.....	37
<b>Figura 9</b> – Absorbância em função da concentração para o corante Acid blue 40 a 615,8 nm.....	38
<b>Figura 10</b> – Absorbância em função da concentração para o corante Acid red 151 a 487 nm.....	39
<b>Figura 11</b> – Absorbância em função da concentração para a mistura dos corantes Acid blue 40 e Acid red 151 a 525 nm.....	40
<b>Figura 12</b> – Esquema experimental com reator eletrolítico em destaque onde: (A) reservatório, (B) bomba hidráulica, (C) reator eletrolítico e (D) rotâmetro.....	41
<b>Figura 13</b> – Reator eletrolítico montado em estrutura metálica.....	42
<b>Figura 14</b> – Espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier da Shimadzu FTIR-8300.....	45
<b>Figura 15</b> – Espectrofotômetro Macherey-Nagel Nanocolor UV/Vis.....	47
<b>Figura 16</b> – Reta de calibração para análise de DQO em 600 nm.....	47
<b>Figura 17</b> – Oxímetro da Digimed DMPH-2 (esquerda) e frascos de Winkler e água utilizada como semente.....	49
<b>Figura 18</b> – Exemplo colônias vermelhas e rosas de <i>S cerevisiae</i> D7 em meio YPD-ágar.....	53
<b>Figura 19</b> – Embalagens de sementes de <i>L. sativa</i> (esquerda) e <i>E. sativa</i> (direita) isentas de pesticidas.....	54
<b>Figura 20</b> – Esquema de disposição das sementes em placa de Petri.....	54
<b>Figura 21</b> – Aquário para eclosão de cistos de <i>A. salina</i> e peneira utilizada como barreira...56	
<b>Figura 22</b> – Aquário preparado para eclosão de cistos de <i>A. Salina</i> .....	57
<b>Figura 23</b> – Lupa e placa de Petri contendo naupli de <i>A. salina</i> para contagem.....	58

<b>Figura 24</b> – Espectrômetro de massa e cromatografia gasosa (GC-MS) Shimadzu QP2010 ULTRA.....	59
<b>Figura 25</b> – Reta de calibração do método de detecção de clorofórmio por cromatografia gasosa e espectrometria de massa.....	60
<b>Figura 26</b> – Relação dos valores teóricos e valores observados de remoção de cor (%) para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	63
<b>Figura 27</b> – Superfície de resposta sobre o efeito do pH (A), densidade de corrente (B) e tempo de tratamento (C) para a remoção de cor (%) do tratamento eletrolítico para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	64
<b>Figura 28</b> – Relação dos valores teóricos e valores observados de remoção de cor (%) para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	67
<b>Figura 29</b> – Superfície de resposta sobre o efeito do pH (A), densidade de corrente (B) e tempo de tratamento (C) para a remoção de cor (%) do tratamento eletrolítico para o efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	69
<b>Figura 30:</b> Relação dos valores teóricos e valores observados de remoção de cor (%) para o tratamento eletrolítico do efluente simulado misto.....	72
<b>Figura 31</b> – Superfície de resposta sobre o efeito do pH (A), densidade de corrente (B) e tempo de tratamento (C) para a remoção de cor (%) do tratamento eletrolítico para o efluente simulado misto.....	74
<b>Figura 32</b> – Remoção da cor (%) do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40 durante tratamento eletrolítico nas condições otimizadas de pH (4,0), densidade de corrente (75 mA cm <sup>-2</sup> ) e tempo mínimo de 10 min.....	76
<b>Figura 33</b> – Espectro do tratamento eletrolítico para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40 nas condições otimizadas de pH (4,0), densidade de corrente (75 mA cm <sup>-2</sup> ) e tempo mínimo de 10 min.....	77
<b>Figura 34</b> – Remoção da cor do efluente simulado contendo o corante Acid red 151 durante tratamento eletrolítico nas condições otimizadas de pH (2,0), densidade de corrente (52 mA cm <sup>-2</sup> ) e tempo mínimo de 8 min.....	79
<b>Figura 35</b> – Espectro do tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo o corante Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,0), densidade de corrente (52 mA cm <sup>-2</sup> ) e tempo mínimo de 8 min.....	80
<b>Figura 36</b> – Remoção da cor do efluente simulado misto contendo os corantes Acid blue 40 e Acid red 151 durante tratamento eletrolítico nas condições otimizadas de pH (2,2), densidade de corrente (72 mA cm <sup>-1</sup> ) e tempo mínimo de 10 min.....	82

<b>Figura 37</b> – Espectro do tratamento eletrolítico de efluente simulado misto contendo os corantes Acid blue 40 e Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,2), densidade de corrente ( $72 \text{ mA cm}^{-1}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	83
<b>Figura 38</b> – Mecanismo de transferência de elétrons da forma leuco para antraquinona.....	88
<b>Figura 39</b> – Variação de cor para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40. Amostras coletadas a cada 1 min de tratamento.....	88
<b>Figura 40</b> – Variação de cor para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid red 151. Amostras coletadas a cada 1 min de tratamento.....	91
<b>Figura 41</b> – Variação de cor para o tratamento eletrolítico do efluente simulado misto. Amostras coletadas a cada 1 min de tratamento.....	93
<b>Figura 42</b> – Comparação dos espectros de infravermelho do corante Acid blue 40 puro, solução de corante e cloreto de sódio e cloreto de sódio puro.....	94
<b>Figura 43</b> – Exemplo de extração dos efluentes simulados contendo os corantes, da esquerda para direita, Acid blue 40, Acid red 151 e a mistura dos corantes.....	95
<b>Figura 44</b> – Espectro de infravermelho do corante Acid blue 40 extraído com destaque para os picos que correspondem a antraquinona.....	96
<b>Figura 45</b> – Comparação dos espectros de infravermelho por transformada de Fourier para o tratamento eletrolítico contendo o corante Acid blue 40 nas condições otimizadas de pH (4,0), densidade de corrente ( $75 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	97
<b>Figura 46</b> – Estimativa de vias de degradação da molécula do corante Acid blue 40 durante tratamento eletrolítico.....	98
<b>Figura 47</b> – Espectro de infravermelho do corante Acid red 151 extraído.....	99
<b>Figura 48</b> – Comparativo dos espectros de infravermelho do tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	100
<b>Figura 49</b> – Estimativa de vias de degradação da molécula do corante Acid red 151 durante tratamento eletrolítico.....	101
<b>Figura 50</b> – Comparativo da evolução da DQO, DBO <sub>5</sub> e do índice de biodegradabilidade para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo corante Acid blue 40.....	106
<b>Figura 51</b> – Comparativo da evolução da DQO, DBO <sub>5</sub> e do índice de biodegradabilidade para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo corante Acid red 151....	107
<b>Figura 52</b> – Comparativo da evolução da DQO, DBO <sub>5</sub> e do índice de biodegradabilidade para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado misto.....	108
<b>Figura 53</b> – Sensibilidade da semente de alface ( <i>L. sativa</i> ) aos corantes Acid blue 40 e Acid red 151.....	109

<b>Figura 54</b> – Comparação do teste de toxicidade com sementes de <i>L. sativa</i> entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	111
<b>Figura 55</b> – Comparação do teste de toxicidade com sementes de <i>L. sativa</i> entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	112
<b>Figura 56</b> – Comparação do teste de toxicidade com sementes de <i>L. sativa</i> entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado misto.....	113
<b>Figura 57</b> – Sensibilidade da semente de rúcula ( <i>E. sativa</i> ) aos corantes Acid blue 40 e Acid red 151.....	114
<b>Figura 58</b> – Comparação do teste de toxicidade com sementes de <i>E. sativa</i> entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	115
<b>Figura 59</b> – Comparação do teste de toxicidade com sementes de rúcula entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	116
<b>Figura 60</b> – Comparação do teste de toxicidade com sementes de rúcula entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado misto.....	117
<b>Figura 61</b> – Sensibilidade da semente de rúcula ( <i>E. sativa</i> ) aos corantes Acid blue 40 e Acid red 151.....	118
<b>Figura 62</b> – Comparação do teste de toxicidade com <i>A. salina</i> entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	119
<b>Figura 63</b> – Comparação do teste de toxicidade com <i>A. salina</i> entre os tempos de tratamento para o efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	120
<b>Figura 64</b> – Comparação do teste de toxicidade com <i>A. salina</i> entre os tempos de tratamento para o efluente simulado misto.....	121
<b>Figura 65</b> – Sensibilidade da levedura <i>S. cerevisiae</i> D7 aos corantes Acid blue 40 e Acid red 151.....	122
<b>Figura 66</b> – Comparação do teste de toxicidade aguda para <i>S. cerevisiae</i> D7 entre os tempos de tratamento para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	123
<b>Figura 67</b> – Comparação da análise de conversão de gene mitótico (MGC) para <i>S. cerevisiae</i> D7 entre os tempos do tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	124
<b>Figura 68</b> – Comparação de mutagenicidade de conversão de gene mitótico (MGC) para <i>S. cerevisiae</i> D7 entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	126

**Figura 69** – Comparação de mutagenicidade de conversão de gene mitótico (MGC) para *S. cerevisiae* D7 entre os tempos de tratamento eletrolítico otimizado para o efluente simulado misto.....127



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Especificações das variáveis independentes do planejamento experimental para análise de superfície de resposta (Box-Behnken).....	43
<b>Tabela 2</b> – Matriz do planejamento experimental para análise de superfície de resposta (Box-Behnken) para os tratamentos eletrolíticos dos efluentes simulados contendo o corante Acid blue 40, Acid red 151 e o corante.....	44
<b>Tabela 3</b> – Aminoácidos utilizados em cada meio YNB.....	51
<b>Tabela 4</b> – Matriz do planejamento experimental utilizando análise de superfície de resposta Box-Behnken para remoção da cor do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40...61	61
<b>Tabela 5</b> – Análise de variância (ANOVA) para a superfície de resposta (RSM) do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	62
<b>Tabela 6</b> – Matriz do planejamento experimental utilizando análise de superfície de resposta Box-Behnken para remoção da cor do efluente simulado contendo o corante Acid red 151...65	65
<b>Tabela 7</b> – Análise de variância (ANOVA) para a superfície de resposta (RSM) do efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	66
<b>Tabela 8</b> – Matriz do planejamento experimental utilizando análise de superfície de resposta Box-Behnken para remoção da cor do efluente simulado misto.....	70
<b>Tabela 9</b> – Análise de variância (ANOVA) para a superfície de resposta (RSM) do efluente simulado misto.....	71
<b>Tabela 10</b> – Parâmetros otimizados para os processos eletrolíticos dos efluentes simulados.75	75
<b>Tabela 11</b> – Degradação da concentração e absorvância relativa para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40 nas condições otimizadas de pH (4,0), densidade de corrente ( $75 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	78
<b>Tabela 12</b> – Degradação da concentração e absorvância relativa para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,0), densidade de corrente ( $52 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 8 min.....	80
<b>Tabela 13</b> – Degradação da concentração e absorvância relativa para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado misto contendo os corantes Acid blue 40 e Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,2), densidade de corrente ( $72 \text{ mA cm}^{-1}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	84

<b>Tabela 14</b> – Análises físico-químicas para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40 nas condições otimizadas de pH (4,0), densidade de corrente ( $75 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	86
<b>Tabela 15</b> – Análise de cor aparente (UH) pelo método 3WL para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40 nas condições otimizadas de pH (4,0), densidade de corrente ( $75 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	87
<b>Tabela 16</b> - Análises físico-químicas para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,0), densidade de corrente ( $52 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 8 min.....	89
<b>Tabela 17</b> – Análise de cor aparente (UH) pelo método 3WL para o tratamento eletrolítico do efluente simulado contendo o corante Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,0), densidade de corrente ( $52 \text{ mA cm}^{-2}$ ) e tempo mínimo de 8 min.....	89
<b>Tabela 18</b> – Análises físico-químicas para o tratamento eletrolítico do efluente simulado misto contendo os corantes Acid blue 40 e Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,2), densidade de corrente ( $72 \text{ mA cm}^{-1}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	91
<b>Tabela 19</b> – Análise de cor aparente (UH) pelo método 3WL para o tratamento eletrolítico do efluente simulado misto contendo os corantes Acid blue 40 e Acid red 151 nas condições otimizadas de pH (2,2), densidade de corrente ( $72 \text{ mA cm}^{-1}$ ) e tempo mínimo de 10 min.....	92
<b>Tabela 20</b> – Análise de clorofórmio por cromatógrafo gasoso acoplado com espectrometria de massa para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	102
<b>Tabela 21</b> – Análise de clorofórmio por cromatógrafo gasoso acoplado com espectrometria de massa para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	103
<b>Tabela 22</b> – Análise de clorofórmio por cromatografia gasosa e espectrometria de massa para o tratamento eletrolítico do efluente simulado misto.....	104
<b>Tabela 23</b> - Controles positivos (água desionizada) e negativos (sulfato de zinco 0,1 M) para análise de ecotoxicidade com sementes de <i>L. sativa</i> aos tratamentos eletrolíticos otimizados.....	110
<b>Tabela 24</b> - Controles positivos (água desionizada) e negativos (sulfato de zinco 0,1 M) para análise de ecotoxicidade com sementes de <i>E. sativa</i> aos tratamentos eletrolíticos otimizados.....	114

<b>Tabela 25</b> - Controles positivos (água do mar sintética) e negativos (duodecil sulfato de sódio 22 mg L <sup>-1</sup> ) para análise de ecotoxicidade com micro crustáceo <i>A. salina</i> aos tratamentos eletrolíticos otimizados.....	118
<b>Tabela 26</b> – Controles positivo e negativo para análise de mutagenicidade com <i>S. cerevisiae</i> D7 para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.....	124
<b>Tabela 27</b> – Controles positivo e negativo para análise de mutagenicidade com <i>S. cerevisiae</i> D7 para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo o corante Acid red 151.....	125
<b>Tabela 28</b> – Controles positivo e negativo para análise de mutagenicidade com <i>S. cerevisiae</i> D7 para o tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado misto.....	127

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução</b> .....	18
<b>2 Objetivos</b> .....	20
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
<b>3 Revisão da Literatura</b> .....	21
3.1 Corantes têxteis.....	21
3.1.1 Corante Acid blue 40.....	22
3.1.2 Corante Acid red 151.....	23
3.2 Processo eletrolítico.....	24
3.3 Espectrometria.....	27
3.4 Ecotoxicologia.....	28
3.4.1 Teste com <i>S. cerevisiae</i> D7.....	29
3.4.2 Teste com <i>Artemia salina</i> .....	31
3.4.3 Teste com sementes.....	33
3.5 Clorofórmio.....	34
3.6 Planejamento experimental.....	35
<b>4 Metodologia</b> .....	36
4.1 Preparação do efluente simulado.....	36
4.2 Equações de absorvância em função da concentração dos corantes.....	38
4.3 Tratamento eletrolítico.....	40
4.4 Planejamento experimental.....	42
4.5 Procedimento para espectroscopia de infravermelho.....	45
4.6 Análise de demanda química de oxigênio (DQO).....	46
4.7 Análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ).....	48
4.8 Análises físico-químicas.....	50
4.9 Teste de genotoxicidade e toxicidade aguda com <i>S. cerevisiae</i> D7 utilizando método de conversão mitótica de gene.....	51
4.9.1 Preparo dos meios de cultura e solução tampão de fosfatos.....	51
4.9.2 Procedimento analítico.....	52

4.10 Bioensaios com sementes de alface ( <i>L. sativa</i> ) e rúcula ( <i>E. sativa</i> ).....	54
4.11 Bioensaio com microcrustáceo <i>A. salina</i> .....	55
4.12 Análise de clorofórmio.....	58
<b>5 Resultados e Discussões</b> .....	<b>61</b>
5.1 Planejamento experimental.....	61
5.1.1 Análise de superfície de resposta para o tratamento do efluente simulado contendo corante Acid blue 40.....	61
5.1.2 Análise de superfície de resposta para o tratamento do efluente simulado contendo corante Acid red 151.....	65
5.1.3 Análise de superfície de resposta para o tratamento do efluente simulado contendo a mistura dos corantes Acid blue 40 e Acid red 151.....	70
5.1.4 Configuração dos tratamentos eletrolíticos otimizados.....	75
5.2 Degradação do efluente simulado contendo o corante Acid blue 40 pelo processo eletrolítico otimizado pela análise de superfície de resposta (Box-Behnken).....	76
5.3 Degradação do efluente simulado contendo o corante Acid red 151 pelo processo eletrolítico otimizado por análise de superfície de resposta (Box-Behnken).....	78
5.4 Degradação do efluente simulado contendo a mistura dos corantes Acid blue 40 e Acid red 151 pelo processo eletrolítico otimizado pela análise de superfície de resposta (Box-Behnken).....	81
5.5 Análises físico-químicas.....	85
5.5.1 Tratamento otimizado do efluente simulado contendo corante Acid blue 40.....	85
5.5.2 Tratamento eletrolítico otimizado do efluente simulado contendo corante Acid red 151.....	89
5.5.3 Efluente simulado misto.....	91
5.6 Verificação de degradação pelo espectro de infravermelho com transformada de Fourier.....	93
5.6.1 Preparação das amostras para análise.....	93
5.6.2 Análise de transformada de Fourier para o tratamento eletrolítico otimizado contendo o efluente simulado Acid blue 40.....	95
5.6.3 Análise de transformada de Fourier para o tratamento eletrolítico otimizado contendo o efluente simulado Acid red 151.....	99
5.7 Verificação da geração de clorofórmio por cromatógrafo gasoso acoplado com espectrômetro de massa (GC-MS).....	102
5.8 Verificação de DQO, DBO e índice de biodegradabilidade.....	105
5.9 Testes de Ecotoxicidade.....	109

5.9.1 Teste com sementes.....	109
5.9.2 Teste com <i>A. salina</i> .....	117
5.9.3 Teste de mutagenicidade com <i>S. cerevisiae</i> D7.....	122
<b>6 Conclusões.....</b>	<b>129</b>
<b>7 Bibliografia.....</b>	<b>130</b>

**ANEXOS**

## 1 Introdução

A degradação dos recursos naturais está cobrando seu preço da humanidade. Escassez de água potável, poluição do ar e solo infértil ou impróprio para atividades humanas são apenas alguns dos problemas criados pelo desenvolvimento tecnológico sem planejamento.

O abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e atividades de lazer e recreação são todas atividades humanas dependentes da água. A falta de recursos de países em desenvolvimento agrava o problema de escassez e poluição hídrica pela impossibilidade de aplicação de medidas corretivas para reverter a situação (FAY e SILVA, 2006).

O modelo de produção industrial e econômico atual vem pressionando os recursos naturais. Diversos países, como Japão, Estados Unidos e integrantes da União Europeia, estão estudando alternativas a este modelo de “extrair, transformar e descartar” muito utilizado em países com abundância de recursos naturais (GHISELLINIA; CIALANIB; ULGIATICD, 2016).

Dentre as indústrias poluidoras, a indústria têxtil se destaca por gerar grande quantidade de resíduos sólidos e líquidos e por alterar de forma significativa as propriedades organolépticas dos corpos d’água onde seu efluente é despejado. De acordo com FEAM (2014) a busca pela sustentabilidade tem orientado muitas indústrias em direção a prática de melhorias contínuas além das obrigações formais contidas na regularização ambiental. A melhoria do desempenho ambiental do setor passa pela substituição de tarefas cotidianas das empresas por práticas voltadas a produção sustentável, que visem a limpeza, organização, otimização de tempos de produção, saúde, segurança, redução do potencial poluidor, entre outras, onde seja possível obter uma série de benefícios, ambientais e econômicos, na gestão de seus processos (BASTIAN e ROCCO, 2009).

Os corantes são utilizados em diversas atividades econômicas como a indústria alimentícia, cosmética, papel e têxtil. O efluente da indústria têxtil tem sido taxado como o mais poluente entre os setores industriais em termos de volume e composição de efluentes. Em adição ao efeito visual e ao efeito adverso dos corantes em termos de impacto de demanda química de oxigênio (DQO), muitos corantes são tóxicos, mutagênicos, carcinogênicos e são considerados altamente tóxicos e apresentam baixa taxa de degradação. Corantes em tecidos são projetados para serem resistentes, por exemplo, à luz ultravioleta, e por isso constituem um

grupo desafiante de compostos químicos quando se trata de processos de degradação (PEIXOTO, MARINHO e RODRIGUES, 2013).

Devido a geração de subprodutos cada vez mais difíceis de serem degradados por meio de tratamentos convencionais, diversos processos alternativos para tratamento de águas residuais vêm sendo reavaliados após quase um século de hegemonia dos processos biológicos. Nos últimos anos voltou-se a discutir a utilização de processos eletrolíticos na depuração de águas residuais, principalmente, de indústrias onde a presença de substâncias de difícil degradação prejudica o desempenho de tratamentos convencionais já estabelecidos. Estes processos podem também ser utilizados como pré-tratamentos de processos biológicos reduzindo assim o custo do processo no tratamento de efluentes (OLLER, MALATO, SÁNCHEZ-PÉREZ, 2011).

O tratamento eletrolítico é um sistema constituído de uma célula eletrolítica com a passagem de corrente elétrica, contínua ou alternada, através de eletrodos na solução de tratamento, a qual é denominada solução eletrolítica. Durante o tratamento, são produzidas reações eletroquímicas que podem transformar quimicamente substâncias persistentes que componham os poluentes. Este tipo de tratamento também pode reduzir a concentração iônica da solução tratada, ocasionar a morte de micro-organismos e produzir substâncias desinfetantes como, por exemplo, o gás cloro. A compatibilidade e versatilidade destas tecnologias, além da alta efetividade na eliminação de poluentes de difícil degradação, aumentou a quantidade de trabalhos de pesquisa nesta área (KIRAN et al., 2017; FERNANDEZ et al., 2015).

Muitos fenômenos químicos e biológicos podem não ser detectados e mesmo assim estes podem impactar a vida dos organismos presentes no corpo receptor. Existem limitações ao se observar as evidências que as análises convencionais de monitoramento de corpos d'água receptores de efluentes podem apresentar devido à alta variedade de substâncias presentes nos mesmos. Ensaio de toxicidade são utilizados como ferramentas de avaliação do impacto destas substâncias em organismos vivos. A ecotoxicologia vem para complementar análises físico-químicas e microbiológicas convencionais. Os testes ecotoxicológicos consistem na exposição de determinados organismos de uma mesma espécie em meios controlados contendo a amostra a ser analisada. Amostras podem ser diluídas em casos onde o histórico de toxicidade já tenha sido observado. Diversas alterações podem ser observadas nos organismos analisados, bem como o seu desenvolvimento, perda de funções biológicas, modificações em seu comportamento e mortalidade dos organismos expostos (BLAISE e KUSUI, 1997; KNIE e LOPEZ, 2004; RODRIGUES, SILVA e SILVA, 2009).



## 6 Conclusões

A remoção da cor inicial dos tratamentos eletrolíticos otimizados ficou em concordância com as respostas obtidas pelas análises de superfície de resposta. Esta otimização apresentou redução no tempo de tratamento e também na densidade de corrente para dois dos três tratamentos estudados. Estas reduções podem acarretar economia de recursos e assim redução de custos do tratamento eletrolítico.

A análise de cor 3WL indicou que o tratamento eletrolítico reduziu a cor nos três comprimentos de onda deixando os efluentes simulados com cor amarelada, porém abaixo de 75 mgPt L<sup>-1</sup>.

A análise do espectro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) indicou a possível formação de nitro compostos, compostos aromáticos menores e também organoclorados. Porém ao fim do tratamento, tais compostos também apresentaram degradação pelo processo eletrolítico.

Análise de cromatografia gasosa e espectrometria de massa indicou a formação de clorofórmio durante os tratamentos eletrolíticos otimizados com redução da concentração para o tratamento com efluente simulado contendo o corante Acid blue 40.

Todos os tratamentos otimizados apresentaram remoção de DQO e aumento da DBO durante os processos apresentando melhora no índice de biodegradabilidade.

Os testes com sementes de *L. sativa* (alface) e *E. sativa* (rúcula) identificaram aumento da toxicidade durante os tratamentos eletrolíticos simulados, porém com o decorrer dos tratamentos essa toxicidade foi reduzida.

O teste com *A. salina* indicou toxicidade apenas para o tratamento otimizado contendo o corante Acid blue 40.

O teste de mutagenicidade com a levedura *S. cerevisiae* D7 não apresentou toxicidade aguda ou potencial mutagênico para nenhum dos tratamentos analisados.

Os testes de ecotoxicidade que apresentaram maior sensibilidade a variações dos tratamentos eletrolíticos foram bioensaios com *E. sativa* e *A. salina*. Desta forma, recomendamos o emprego destes testes em futuros trabalhos.

Podemos concluir que é interessante análises ecotoxicológicas de mais de um organismo, preferencialmente de diferentes níveis tróficos, pois a sensibilidade deles pode variar de acordo com os compostos que venham a ser analisados.

## 7 Bibliografia

ACAR, E. e OZBELGE, T. Oxidation of Acid Red-151 Aqueous Solutions by the Peroxone Process and its Kinetic Evaluation, *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association*, 28(3), p. 155-164, 2006. DOI: 10.1080/01919510600660258.

ACARBABACAN, S.; VERGILI, I.; KAYA, Y.; DEMIR, GOKSEL.; BARLAS, H. Removal of color from textile wastewater containing azodyes by Fenton's reagent. 11th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact, p. 840-843, 2002.

ACID BLUE 40. Sigma-Aldrich®. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/210544>. Acesso em 08/05/2019.

ACID RED 151. Sigma-Aldrich®. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/210781>. Acesso em 12/05/2019.

ACTON, A. Q. *Aromatic Hydrocarbons—Advances in Research and Treatment*. ScholarlyEditions, Atlanta, 445 p. 2013. ISBN: 9781481673044.

ALMEIDA, E. J. R. e CORSO, C. R. Comparative study of toxicity of azo dye Procion Red MX-5B following biosorption and biodegradation treatments with the fungi *Aspergillus niger* and *Aspergillus terreus*. *Chemosphere*, 112, p. 317–322, 2014. DOI:10.1016/j.chemosphere.2014.04.060.

ALMEIDA, E. J. R.; ANDRADE, A. R.; CORSO, C. R. Evaluation of the Acid Blue 161 dye degradation through electrochemical oxidation combined with microbiological systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2019. DOI:10.1007/s13762-019-02377-5.

AMARAL, A. M. M. e SAKANE, K. K. Análise e identificação de alguns compostos poluentes utilizando a técnica espectroscópica no infravermelho. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica: Anais do XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação; 2007; São José dos Campos. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba. p. 113-116, 2007.

APHA, 2012. *Standard Methods for The Examination of Water And Wastewater*, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

AQUINO, S. F.; SILVA, S. Q.; CHERNICHARO, C. A. L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. *Engenharia*

Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, 11(4), p. 295-304, 2006. DOI:10.1590/S1413-41522006000400001.

ARAVIND, P.; SELVARAJ, H.; FERRO, S.; NEELAVANNAN, G. M.; SUNDARAM, M. A one-pot approach: Oxychloride radicals enhanced electrochemical oxidation for the treatment of textile dye wastewater trailed by mixed salts recycling. *Journal of Cleaner Production*, 182, 246–258, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.02.064.

ARAÚJO, A. S. F. e MONTEIRO, R. T. R. Plant bioassays to assess toxicity of textile sludge compost. *Scientia Agricola*, 62, 3, p. 286-290, 2005. DOI:10.1590/S0103-90162005000300013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12614. Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, p. 5, 1992.

ATUART, B. H. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. 244 p. 2004. DOI:10.1002/0470011149.

AYED, L.; KSIBI, I.; CHEREF, A.; BAKHROUF, A. Response surface methodology for optimization of the treatment of textile wastewater by a novel bacterial consortium: Enzymes and metabolites characterization. *African Journal of Biotechnology*, 1.11(59), p. 12339-12355, 2012. DOI: 10.5897/AJB11.3506.

BAHADIR, K. K e ABDURRAHMAN, T. Electrochemical treatment of simulated industrial paint wastewater in a continuous tubular reactor. *Chemical Engineering Journal*. 148. p. 444-451, 2009. DOI:10.1016/j.cej.2008.09.019.

BANISTER, K e CAMPBELL, A. *The Encyclopedia of Aquatic Life*. The Quarterly Review of Biology, 61(3), p. 420, 1986. DOI:10.1086/415094.

BARBUSIŃSKI, K., MAJEWSKI, J. Discoloration of Azo Dye Acid Red 18 by Fenton Reagent in the Presence of Iron Powder. *Polish Journal of Environmental Studies* 12 (2), p. 151-155, 2003.

BASTIAN, E. Y. O. e ROCCO, J. L. S. *Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil - Serie P+L*. CETESB, SINDITEXTIL. São Paulo. 99 p., 2009.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*. Campinas: Editora da Unicamp, 401 p. 2010.

BETTELHEIM, F. A.; BROWN, W. H.; CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. Introdução à Química Orgânica. Tradução da 9ª edição norte-americana. Cengage Learning, São Paulo, 198 p., 2012. ISBN 13: 978-0-495-39121-0.

BIO-RAD LABORATORIES(a), Inc. SpectraBase; SpectraBase Compound ID=9A26HDYigh7. Espectro de infravermelho de antraquinona.

[http://spectrabase.com/spectrum/33BdTMfXkad?a=SPECTRUM\\_33BdTMfXkad](http://spectrabase.com/spectrum/33BdTMfXkad?a=SPECTRUM_33BdTMfXkad) (acessado em 13/05/19).

BIO-RAD LABORATORIES(b), Inc. SpectraBase; SpectraBase Compound ID=HqfPww8SLh. Espectro de infravermelho do corante Acid blue 40.

[http://spectrabase.com/spectrum/KmLDA0UvkCD?a=SPECTRUM\\_KmLDA0UvkCD](http://spectrabase.com/spectrum/KmLDA0UvkCD?a=SPECTRUM_KmLDA0UvkCD) (acessado em 15/05/19).

BIO-RAD LABORATORIES(c), Inc. SpectraBase; SpectraBase Compound ID=7CI0ssPCToA. Espectro de infravermelho do corante Acid red 151.

[http://spectrabase.com/spectrum/1sNXRzH6FwR?a=SPECTRUM\\_1sNXRzH6FwR](http://spectrabase.com/spectrum/1sNXRzH6FwR?a=SPECTRUM_1sNXRzH6FwR) (acessado em 15/05/19).

BLAISE, C. e KUSUI, T. Acute toxicity assessment of industrial effluents with a microplate-based *Hydra attenuata* assay. Massachusetts: Environmental Toxicology and Water Quality, 12, p. 53-60, 1997. DOI:10.1002/(SICI)1098-2256(1997)12:1<53::AID-TOX8>3.0.CO;2-7

BRASIL. [CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357]. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. De 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63, 2005.

BRASIL. [CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430]. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. De 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, p. 89, 2011.

BRASIL. [Portaria de Consolidação n ° 5]. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.

BUSCHINI, A.; CARBONI, P.; FURLINI, M.; POLI, P.; ROSS, C. Sodium hypochlorite-, chlorine dioxide- and peracetic acid-induced genotoxicity detected by the Comet assay and *Saccharomyces cerevisiae* D7 tests. *Mutagenesis*, 19(2), p.157±162, 2004. DOI: 10.1093/mutage/geh012.

CAMCIOGLU, S.; PEKEL, L. C.; POLAT, K.; HAPOGLU, H. Experimental design of wastewater treatment with electro-coagulation. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(1), p. 86–95, 2014. DOI:10.1108/meq-03-2013-0020.

CAMPAGNA-FERNANDES, A.F.; MARIN, E.B.; PENHA, T.H.F.L. Application of root growth endpoint in toxicity tests with lettuce (*Lactuca sativa*). *Ecotoxicol. Environ. Contam.*, 11(1), p. 27-32, 2016. DOI:10.5132/eec.2016.01.05.

CARVALHO, L. S.; DAVIES, W. L.; ROBINSON, P. R.; HUNT, D. M. Spectral tuning and evolution of primate short-wavelength-sensitive visual pigments. *Proceeding of the Royal Society B*, 279, p. 387-393, 2012. DOI:10.1098/rspb.2011.0782.

CHARLES, J.; SANCEY, B.; MORIN-CRINI, N.; BADOT, P-M.; DEGIORGI, F. TRUNFIO, G.; CRINI, G. Application of root growth endpoint in toxicity tests with lettuce (*Lactuca sativa*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, p. 2057–2064, 2011. DOI:10.1016/j.ecoenv.2011.07.025.

CHATZISYMEON, E.; XEKOUKOULOTAKIS, N. P.; COZ, A.; KALOGERAKIS, N.; MANTZAVINOS, D. Electrochemical treatment of textile dyes and dyehouse effluents. *Journal of Hazardous Materials*, 137(2), 998–1007, 2006. DOI:10.1016/j.jhazmat.2006.03.032.

CHELLAMMA, S.; RAGHU, S.; KALAISELVI, P.; SUBRAMANIAN, G. Electrolytic recovery of dilute copper from a mixed industrial effluent of high strength COD. *Journal of Hazardous Materials*, 180(1–3), p. 91-97, 2010. DOI:10.1016/j.jhazmat.2010.03.103.

CHEN, H. Z. Recent advances in azo dye degrading enzyme research. *Current Protein and Peptide Science*, 7(2), p. 101–111, 2006. DOI:10.2174/138920306776359786.

CHEN, C.; NURHAYATI, E.; JUANG, Y.; HUANG, C. Electrochemical decolorization of dye wastewater by surface-activated boron-doped nanocrystalline diamond electrode. *Journal of Environmental Sciences*, 45, p. 100-107, 2016. DOI: 10.1016/j.jes.2016.01.004

CHOI, Y-Y.; BAEK, S-R.; KIM, J-I.; CHOI, J-W.; HUR, J.; LEE, T-U.; PARK, C-J.; LEE, B. J. Characteristics and biodegradability of wastewater organic matter in municipal wastewater treatment plants collecting domestic wastewater and industrial discharge. *Water* 9(209), p. 1-12, 2017. DOI:10.3390/w9060409

COATES, J. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. In: *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, R. A. Meyers, John Wiley & Sons Ltd, Chichester., p 10815–10837, 2000.

COSTA, C. R. e OLIVI, P. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, 31(7), p. 1820-1830, 2008. DOI: 10.1590/S0100-40422008000700038.

COSTA, J. B.; RODGHER, S.; DANIEL, L. A.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Toxicity on aquatic organisms exposed to secondary effluent disinfected with chlorine, peracetic acid, ozone and UV radiation. *Ecotoxicology* 23, p. 1803–1813, 2014. DOI 10.1007/s10646-014-1346-z.

COTILLAS, S.; LACASA, E.; SÁEZ, C.; CAÑIZARES, P.; RODRIGO, M. A. Electrolytic and electro-irradiated technologies for the removal of chloramphenicol in synthetic urine with diamond anodes. *Water Research*, 128, p. 383-392, 2018. DOI:10.1016/j.watres.2017.10.072.

COTRUVO, J. A., e AMATO, H. Trihalomethanes: Concentrations, Cancer Risks, and Regulations. *Journal - American Water Works Association*, 111(1), p. 12–20, 2019. DOI:10.1002/awwa.1210.

DE MEYER, T.; HEMELSOET, K.; VAN DER SCHUEREN, L.; PAUWELS, E.; DE CLERCK, K.; VAN SPEYBROECK, V. Investigating the Halochromic Properties of Azo Dyes in an Aqueous Environment by Using a Combined Experimental and Theoretical Approach. *Chemistry - A European Journal*, 18(26), p. 8120–8129, 2012. DOI:10.1002/chem.201103633.

EPA. United States Environmental Protection Agency. (2018) Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. Washington DC. EPA 822-F-18-001, 20.

EPA. United States Environmental Protection Agency. (1996). Mitotic Gene Conversion in *Saccharomyces cerevisiae*. OPPTS 870.5575

FAY, E. F. e SILVA, C. M. M. S. Índice de uso sustentável da água (ISA-Água) na região do sub-médio São Francisco. Embrapa Meio Ambiente, 157 p. 2006.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. Guia Técnico da Indústria Têxtil. Belo Horizonte. 2014.

FERNANDES, A.; PACHECO, M. J.; CIRÍACO, L.; LOPES, A. Review on the electrochemical processes for the treatment of sanitary landfill leachates: Present and future. *Applied Catalysis B: Environmental*, 176-177, p. 183–200, 2015. DOI:10.1016/j.apcatb.2015.03.052

FERRAZ, E. R. A. Comparação da mutagenicidade dos azo-corantes disperse red 1, disperse orange 1, disperse red 13 utilizando o teste de mutagenicidade *Salmonella/microsoma*, p. 102, 2008. Dissertação (Faculdade de ciências farmacêuticas de Ribeirão Preto). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto.

FETTEROLF, M. L.; PATEL, H. V.; JENNINGS, J. M. Adsorption of Methylene Blue and Acid Blue 40 on Titania from Aqueous Solution. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 48(4), p. 831–835, 2003. DOI:10.1021/je025589r

FRANCESCHINI, G e MACCHIETTO, S. Model-based design of experiments for parameter precision: State of the art. *Chemical Engineering Science*, 68(19), p. 4846-4872, 2008. DOI:10.1016/j.ces.2007.11.034.

FRASSINETTI, S.; BARBERIO, C.; CALTAVUTURO, L.; FAVA, F.; DI GIOIA, D. Genotoxicity of 4-nonylphenol and nonylphenol ethoxylate mixtures by the use of *Saccharomyces cerevisiae* D7 mutation assay and use of this text to evaluate the efficiency of biodegradation treatments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(3), p. 253–258, 2011. DOI:10.1016/j.ecoenv.2010.10.039.

FREEMAN, H. Aromatic amines: use in azo dye chemistry. *Frontiers in Bioscience*, 18(1), p. 145, 2013. DOI:10.2741/4093.

FREEMAN, K. M. e HOFFMANN, G. R. Frequencies of mutagen-induced coincident mitotic recombination at unlinked loci in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mutation Research* 616, p. 119–132, 2007. DOI:10.1016/j.mrfmmm.2006.11.014

FREITAS, A. P. B. R.; FREITAS, L. V.; SAMANAMUD, G. L.; MARINS, F. A. S.; LOURES, C. C. A.; SALMAN, F.; SANTOS, H. T. L.; SILVA, M. B. Multivariate Analysis in Advanced Oxidation Process. 10.5772/54093, 2013. DOI:10.5772/54093.

GARCÍA-MONTAÑO, J.; TORRADES, F.; A. PÉREZ-ESTRADA, L.; OLLER, I.; MALATO, S.; MALDONADO, M. I.; PERAL, J. Degradation Pathways of the Commercial Reactive Azo Dye Procion Red H-E7B under Solar-Assisted Photo-Fenton Reaction. *Environmental Science & Technology*, 42(17), p. 6663–6670, 2008. DOI:10.1021/es800536d.

GARCIA-SEGURA, S. e BRILLAS, E. Combustion of textile monoazo, diazo and triazo dyes by solar photoelectro-Fenton: Decolorization, kinetics and degradation routes. *Applied Catalysis B: Environmental*, 181, p. 681-691, 2016. DOI:10.1016/j.apcatb.2015.08.042.

GHALY, A. E.; ANANTHASHANKAR, R.; ALHATTAB, M.; RAMAKRISHNAN, V. V. Production, Characterization and Treatment of Textile Dyes Effluents: A critical review. *Journal of Chemical Engineering Process Technology*, 5(1), 18 p. 2014. DOI: 10.4172/2157-7048.1000182.

GHISELLINIA, P.; CIALANIB, C.; ULGIATICD, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems *Journal of Cleaner Production* Volume 114(15), p, 11-32, 2016. DOI:10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

GLENN, J. K. E GOLD, M. H. Decolorization of several polymeric dyes by the lignin-degrading basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology*, 45(6), 1741–1747, 1983.

GIORGETTI, L.; TALOUIZTE, H.; MERZOUKI, M.; CALTAVUTURO, L.; GERI, C.; FRASSINETTI, S. Genotoxicity evaluation of effluents from textile industries of the region Fez-Boulmane, Morocco: A case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(8), 2275–2283, 2011. DOI:10.1016/j.ecoenv.2011.08.002.

GIRAP, J.; PRAJAPATI, V.; GUPTA, S.; KULKARNI, S. A Review on Various Chemical, Biological, Electrochemical Treatments on Dye and Textile Wastewater. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2(6). 2015. ISSN: 2350-0328.

GOODING, J. J., COMPTON, R. G., BRENNAN, C. M., ATHERTON, J. H. The mechanism of the electro-reduction of some azo dyes. *Electroanalysis*, 8(6), p. 519–523, 1996. DOI:10.1002/elan.1140080604.

GOYAL, A.; SRIVASTAVA, V. C.; KUSHWAHA, J. P. Treatment of highly acidic wastewater containing high energetic compounds using dimensionally stable anode. *Chemical Engineering Journal*, 325, p. 289–299, 2017. DOI:10.1016/j.cej.2017.05.061.

GUARATINI, C. C. I. e ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. *Química Nova*, 23(1), p. 71-78, 2000.

GUNDELACH, E. Suppressor studies on *ilv1* mutants of *Saccharomyces cerevisiae*. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 20(1), p. 25–33, 1973. DOI:10.1016/0027-5107(73)90094-8

GUSMÃO, I. C. P.; MORAES, P. B.; BIDOIA E. D. A Thin Layer Electrochemical Cell for Disinfection of Water Contaminated with *Staphylococcus Aureus*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40, p. 649-654, 2009. ISSN 1517-8382.

HARCOURT, R. D. Transition metal complexes with CO, N<sub>2</sub>, NO and O<sub>2</sub> ligands. *Bonding in Electron-Rich Molecules*, ed Harcourt RD (Springer, New York), p. 231–246, 2016. DOI:10.1007/978-3-319-16676-6.



HESSEL, C.; ALLEGRE, M.; MAISSEU, M.; CHARBIT, F.; MOULIN, P. Guidelines and legislation for dye house effluents. *Journal of Environmental Management*, 83, p. 171-180, 2007. DOI:10.1016/j.jenvman.2006.02.012.

HOSSEINI, M. G. e HOSSEINI, M. M. Evaluation of the Electrochemical Activity and Stability of Ti/IrO<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Electrode as Anode in the Cathodic Protection Systems via Impressed Current. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 54(4), p. 700-708, 2018. DOI:10.1134/s2070205118040196.

HOSSEINI, S. M. B.; FALLAH, N.; ROYAEE, S. J. Optimization of photocatalytic degradation of real textile dye house wastewater by response surface methodology. *Water Science and Technology*, 74(9), p. 1999-2009, 2016. DOI:10.2166/wst.2016.216

JACOX, M. E. Vibrational and Electronic Energy Levels of Polyatomic Transient Molecules. Supplement B. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 32(1), p. 1-441, 2003. DOI:10.1063/1.1497629

JACQUEMIN, D.; PREAT, J.; CHARLOT, M.; WATHELET, V.; ANDRE, J.M.; PERPETE, E.A. Theoretical investigation of substituted anthraquinone dyes. *Journal of Chemical Physics*, 121, p. 1736-1744, 2004. DOI: 10.1063/1.1764497

JASPER, J. T.; YANG, Y.; HOFFMANN, M. R. Toxic Byproduct Formation during Electrochemical Treatment of Latrine Wastewater. *Environmental Science & Technology*, 51(12), p. 7111-7119, 2017. DOI:10.1021/acs.est.7b01002.

JOSHI, M.; BANSAL, R.; PURWAR, R. Review Article. Colour removal from textile effluents *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 29, p. 239-259, 2004.

KAPPELI, O. Cytochromes P-450 of Yeasts. *Microbiological Reviews*, p. 244-258, 1986.

KAUR, R. e KAUR, H. Electrochemical Degradation of Congo Red from Aqueous Solution: Role of Graphite Anode as Electrode Material. *Portugaliae Electrochimica Acta*, 34(3), 185-196, 2016. DOI: 10.4152/pea.201603185.

KAVITHA, E. Electrochemical Oxidation of Textile Industry Wastewater Using DSA® In Tubular Reactor. *International Journal of Engineering Research and Applications* 2(6), p. 444-451, 2012.

KEHRER, J. P.; ROBERTSON, J. D.; SMITH, C. V. Free Radicals and Reactive Oxygen Species. *Comprehensive Toxicology*, p. 277-307, 2010. DOI:10.1016/b978-0-08-046884-6.00114-7.

KHERRAZ-CHEMLAL, D.; BOUKHATEM, T.; KHELIL, F.; SAHNOUNI, F.; MAATALAH, A.; BOUTIBA, Z. Determination of biological characteristics of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) population from saline Bethioua (Oran, Algeria). *International Journal of Biosciences*, 10(1), p. 117-125, 2017. DOI:10.12692/ijb/10.1.117-125.

KHOSROPOUR, H.; REZAEI, B.; ENSAFI, A. A. A selective and sensitive detection of residual hazardous textile dyes in wastewaters using voltammetric sensor. *Microchemical Journal*, 146, p. 548-556, 2019. DOI:10.1016/j.microc.2019.01.055.

KIRAN, S.; ADEEL, S.; NOSHEEN, S.; HASSAN, A.; USMAN, M.; RAFIQUE, M. A. Recent Trends in Textile Effluent Treatments: A Review. *Advanced Materials for Wastewater Treatment*, p. 29–49, 2017. DOI:10.1002/9781119407805.ch2.

KNIE, J. L. W. e LOPEZ, E. W. B. Testes Ecotoxicológicos: Métodos, Técnicas e Aplicações. *FTMA/GTZ*, p. 289, 2004.

KOVACIC, P. e SOMANATHAN, R. Nitroaromatic compounds: Environmental toxicity, carcinogenicity, mutagenicity, therapy and mechanism. *Journal of Applied Toxicology*, 34(8), p. 810–824, 2013. DOI:10.1002/jat.2980.

LODHI, A.; HASHMI, I.; NASIR, H.; KHAN, R. Effect of trihalomethanes (chloroform and bromoform) on human haematological count. *Journal of Water and Health*, v. 15, n. 3, p. 367-373, 2017. DOI: 10.2166/wh.2017.207.

LU, Y.; XU, X. L.; MENG, C.; ZHOU, J. Q.; SHENG, J. J.; WU, C. K.; XU, S. W. The Toxicity Assay of *Artemia salina* as a Biological Model for the Preliminary Toxic Evaluation of Chemical Pollutants. *Advanced Materials Research*, 726-731, p. 230–233, 2013. DOI:10.4028/www.scientific.net/amr.726-731.230.

MACHADO, A.A.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P., CARRASCHI, S. P.; CRUZ, C.; MACHADO-NETO, J. G. Toxicidade aguda e risco ambiental do antibiótico oxitetraciclina para tilápia (*Oreochromis niloticus*), *Daphnia magna* e *Lemna minor*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.*, 68(5), p.1244-1250, 2016. DOI:10.1590/1678-4162-8732.

MAHDHI, A.; MESSINA, C.; KAMOUN, F.; SANTULLI, A.; BAKHROUF, A. Determination of biological characteristics of Tunisian *Artemia salina* populations. *Biologia*, 67(1). 2012 DOI:10.2478/s11756-011-0149-4.

MANTZAVINOS, D., & PSILLAKIS, E. Enhancement of biodegradability of industrial wastewaters by chemical oxidation pre-treatment. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 79(5), 431–454, 2004. DOI:10.1002/jctb.1020

MARKOVIC, M.; JOVIC, M.; STANKOVIC, D.; MUTIC, J.; ROGLIC, G.; MANOJLOVIC, D. Toxicity Screening after Electrochemical Degradation of Reactive Textile Dyes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23. 2014. DOI:10.15244/pjoes/28298.

MARSHAL, P. A. Using *Saccharomyces cerevisiae* to Test the Mutagenicity of Household Compounds: An Open-Ended Hypothesis- Driven Teaching Lab. *CBE—Life Sciences Education* 6, 307–315, 2007. DOI:10.1187/cbe.06-12-0204.

MARTÍNEZ-HUITLE, C. A., e BRILLAS, E. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review. *Applied Catalysis B: Environmental*, 87(3-4), 105–145, 2009. DOI:10.1016/j.apcatb.2008.09.017.

MATUO, M. C. S.; KIKUCHI, I. S.; PINTO, T. J. A. Evaluation of cytochrome P-450 concentration in *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 46(3), 2010.

MAZZA. *Artemia salina* nauplius observed with microscopy, il, color, 2003. Disponível em: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/artemia-salina/?lang=en>. Acesso em 15/06/19

MCLAUGHLIN, J. L.; COLMAN-SAZARBITORIA, T.; ANDERSON, J. E. Tres bioensayos simples para químicos de productos naturales. *Revista de la Sociedad Venezolana de Química.*, 18, p. 13-18, 1995.

MIJIN D. Ž.; TOMIĆ V. D.; GRGUR B. N. Electrochemical decolorization of the reactive orange 16 dye using dimensionally stable Ti/PtOx anode. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 80 (7), p. 903-915, 2015. DOI: 10.2298/jsc140917107m.

MORAES, J. R.; BIDOIA, E. D.; QUITÉRIO, G. M.; MONTAGNOLLI, R. N.; CRUZ, J. M.; RÉGO, A. P. J.; CLARO, E. M. T.; MAURO, A. B.; LOPES, P. R. M. Toxicological tests implemented to evaluate the toxicity of alternative textile effluent treatments. In: DANIELS, J. A. *Advances in environmental research*, Nova Science Publishers, New York, 52, p. 1-16, 2016. ISBN: 978-1-53610-058-7.

MORAES, P. B.; PELEGRINO, R. R. L.; BERTAZZOLI, R. Degradation of Acid Blue 40 dye solution and dye house wastewater from textile industry by photo-assisted electrochemical process. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 42 (14), p. 2131-2138, 2007. DOI: 10.1080/10934520701629591.

MORAES-JÚNIOR, J. R. e BIDOIA, E. D. Colour Degradation of Simulated Textile Effluent by Electrolytic Treatment and Ecotoxicological Evaluation. *Water Air and Soil Pollution*, 226, p. 402, 2015. DOI: 10.1007/s11270-015-2665-2.

MORENO, E. K. G.; GARCIA, L. F.; LOBÓN, G. S.; BRITO, L. B.; OLIVEIRA, G. A. R.; LUQUE, R.; DE SOUZA GIL, E. Ecotoxicological assessment and electrochemical remediation of doxorubicin. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 179, p. 143–150, 2019. DOI:10.1016/j.ecoenv.2019.04.050.

MORETTON, J.; BARÓ, P.; ZELAZNY, A.; D'AQUINO, M. Polluted Water Concentrates: Induction of Genetic Alterations in *Saccharomyces cerevisiae* D7 Strain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 46, p. 203-207, 1991.

MORIKAWA, Y.; SHIOMI, K.; ISHIHARA, Y.; MATSUURA N. Triple primary cancers involving kidney, urinary bladder, and liver in a dye worker. *American Journal of Industrial Medicine*, 31(1), p. 44–49, 1997. DOI:10.1002/(sici)1097-0274(199701)31:1<44::aid-ajim7>3.0.co;2-x.

MORSHEDI, A. e AKBARIAN, M. Application of Response Surface Methodology: Design of Experiments and Optimization: A Mini Review. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4 (4), p. 2434-2439, 2014. Disponível em: at [www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/04/jls.htm](http://www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/04/jls.htm)

MORSS, L.R. e BOIKESS, R.S. *Chemical principles in the laboratory*. Harper & Row Publishers, New York, 1978.

NASCIMENTO, I. A.; SOUSA, E. C. P. M.; NIPPER, M. G. *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. Ed. Artes Gráficas e Indústria, p. 262. 2001.

NAUMCZYK J.; SZPYRKOWICZ, L. e ZILIO-GRANDI, F. Electrochemical Treatment of Textile Wastewater. *Water Science and Technology*, 34(2), p. 17-24, 1996.

NIST11. National Institute for Standards and Technology. NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database (NIST 11), 2011. Disponível em: <https://chemdata.nist.gov/>. Acessado em: 03/12/2018.

NEWMAN, M.C. *Quantitative methods in aquatic ecotoxicology*. Advances in Trace Substances Research. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. p. 427. 1995.

NORDIN, N.; AMIR, S. F. M.; RIYANTO, OTHMAN, M. R. Textile industries wastewater treatment by electrochemical oxidation technique using metal plate. *International Journal of Electrochemical Science*, 8(9), 11403-11415, 2013.

OLLER, I.; MALATO, S.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J.A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review. *Science of The Total Environment*, 409(20), p. 4141-4166, 2011. DOI:10.1016/j.scitotenv.2010.08.061.

OTENIO, M. H.; PANCHONI, L. C.; CRUZ, G. C. A.; RAVANHANI, C.; BIDOIA, E. D. Avaliação em escala laboratorial da utilização do processo eletrolítico. *Química Nova*, 31(3), p. 508-513, 2008.

ORTS, F.; DEL RÍO, A. I.; MOLINA, J.; BONASTRE, J.; CASES, F. Study of the Reuse of Industrial Wastewater After Electrochemical Treatment of Textile Effluents without External Addition of Chloride. *International Journal of Electrochemical Science*, 14, p. 1733 – 1750, 2019. DOI:10.20964/2019.02.27.

ÖZBELGE, T. A. e EROL, F. Effects of pH, Initiator, Scavenger, and Surfactant on The Ozonation Mechanism of An Azo Dye (Acid Red-151) In A Batch Reactor, *Chemical Engineering Communications*, 196(1-2), p. 39-55, 2008 DOI:10.1080/00986440802303301.

PALÁCIO, S. M.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; OLIVEIRA, C. C.; GARCIA, J. C.; MANENTI, D. R. Combinação Dos Processos Eletrocoagulação e Fotocatálise Heterogênea No Tratamento De Um Efluente Têxtil Clorado. *ENGEVISTA*, 17(3), p. 407-420, 2015. DOI: 10.22409/engevista.v17i3.669.

PAVÓN, J. L. P.; MARTÍN, S. H.; PINTO, C. G.; CORDERO, B. M. Determination of trihalomethanes in water samples: A review. *Analytica Chimica Acta*, 629(1-2), p. 6–23, 2008. DOI:10.1016/j.aca.2008.09.042.

PELEYEJU, M. G.; UMUKORO, E. H.; BABALOLA, J. O.; AROTIB, O. A. Electrochemical Degradation of an Anthraquinonic Dye on an Expanded Graphite-Diamond Composite Electrode. *Electrocatalysis*, 7, p. 132–139, 2016. DOI: 10.1007/s12678-015-0291-9.

PEIXOTO, F., MARINHO, G. e RODRIGUES, K. Corantes Têxteis: Uma Revisão. *Holos*, 29(5), p. 98. 2013.

PÉREZ PAVÓN, J. L.; HERRERO MARTÍN, S.; GARCÍA PINTO, C.; MORENO CORDERO, B. Determination of trihalomethanes in water samples: A review. *Analytica Chimica Acta*, 629(1-2), p. 6–23, 2008. DOI:10.1016/j.aca.2008.09.042.

QUEIROZ, S. C. N.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. Métodos De Extração E/Ou Concentração De Compostos Encontrados Em Fluidos Biológicos Para Posterior Determinação Cromatográfica. *Química Nova*, 24(1), p. 68-76, 2001. DOI:10.1590/S0100-40422001000100013.

RAJENDRAN, S. Application of Infra-Red Spectroscopy In: Corrosion Inhibition Studies APPLICATION OF INFRA National Level Seminar on " New Perspective in Science and Technology ", St Antony's College of Arts and Sciences for Women, 3(4), 181-203, 2016. APPLICATION OF INFRA-RED SPECTROSCOPY IN CORROSION INHIBITION STUDIES RED SPECTROSCOPY IN CORROSION INHIBITION. Journal of Corrosion Science and Engineering, 3, p. 181-203, 2016.

RAJKUMAR, D. e KIM, J. Oxidation of various reactive dyes with in-situ electro-generated active chlorine for textile dyeing industry wastewater treatment. Journal of Hazardous Materials, 136(2), 203–212, 2006. DOI:10.1016/j.jhazmat.2005.11.096.

RAJKUMAR, D.; SONG, B. J. e KIM, J. G. Electrochemical degradation of Reactive Blue 19 in chloride medium for the treatment of textile dyeing wastewater with identification of intermediate compounds. Dyes and Pigments, 72(1), p. 1–7, 2007. DOI:10.1016/j.dyepig.2005.07.015.

RAJKUMAR, D. e PALANIVELU, K. Electrochemical treatment of industrial wastewater. Journal of Hazardous Materials, B113, p. 123-129, 2004. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.05.039.

REUSEART. Semente de alface, il, color. Disponível em: <http://reuseart11.blogspot.com/2011/09/papel-semente.html>. Acesso em: 16/06/2019.

Ribeiro, F. A. L. e Ferreira, M. M. C. F. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. Química Nova, 31 (1), p. 164-171, 2008.

RIERA-TORRES, M. e GUTIÉRREZ, M.-C. Colour removal of three reactive dyes by UV light exposure after electrochemical treatment. Chemical Engineering Journal, 156(1), 114–120, 2010. DOI:10.1016/j.cej.2009.10.006

RODRIGUES, D. O.; SILVA, S. L. R.; SILVA, M. S. R. Avaliação Ecotoxicológica Preliminar das Águas das Bacias Hidrográficas dos rios Tarumã, São Raimundo e Educandos. Acta Amazônica, 39(4), p. 935 – 942, 2009. DOI:10.1590/S0044-59672009000400021.

ROSA, E. V. C.; MATER, L.; SOUZA-SIERRA, M. M.; RÖRIG, L. R.; VIEIRA, L. M.; RADETSKI, C. M. Textile sludge application to non-productive soil: Physico-chemical and phytotoxicity aspects. Ecotoxicology and Environmental Safety, 68(1), 91–97, 2007. DOI:10.1016/j.ecoenv.2006.06.006

ROSA, S.; AMARAL, C.; MCCARTNEY, L.; MCCARTNEY, P. J. Pacato Cidadão. In: Skank. Calango. Rio de Janeiro: Gravadora Chaos, 1994. 1 CD, faixa 11.

RUMLOVA, L. e DOLEZALOVA, J. A new biological test utilising the yeast *Saccharomyces cerevisiae* for the rapid detection of toxic substances in water. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 33, p. 459–464, 2012. DOI: 10.1016/j.etap.2012.01.008.

SALA, M.; LÓPEZ-GRIMAU, V.; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, C. Photo-Electrochemical Treatment of Reactive Dyes in Wastewater and Reuse of the Effluent: Method Optimization. *Materials*, 7(11), 7349–7365, 2014. DOI:10.3390/ma7117349.

SANTOS, B. S.; EYNG, E.; BITTENCOURT, P. R. S.; FRARE, L. M.; FLORES, E. L. M.; COSTA, M. B. Continuous electrochemical reactor improved by the addition of *Moringa oleífera* lam extract: optimization of operational conditions for Blue 5G dye removal. *Revista Ambient & Água*, 14(3), 14 p., 2019. DOI:10.4136/ambi-agua.2290.

SÃO PAULO. Decreto Nº 8.468, de 08 de Setembro de 1976. Regulamento dDa Lei Nº 997, de 31 de Maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Atualizado com redação dada pelo Decreto 54.487, de 26/06/09. 76 p., 2009. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>. Acessado em: 12/05/2019.

SEKAR, N. Acid dyes. *Handbook of Textile and Industrial Dyeing*, 486–514, 2011. DOI:10.1533/9780857093974.2.486.

SEO (2013). Células de *S. cerevisiae* apresentando brotamento, il, color. Disponível em <[http://danielseobiodiversity.blogspot.com/2013/04/introducing-you-to-saccharomyces\\_11.html](http://danielseobiodiversity.blogspot.com/2013/04/introducing-you-to-saccharomyces_11.html)> Acesso em: 15/06/2019.

SILVA, R. G.; AQUINO NETO, S.; ANDRADE, A. R. Electrochemical degradation of reactive dyes at different DSA® compositions. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22(1), 126–133, 2011. DOI:10.1590/s0103-50532011000100017.

SILVEIRA, J. E.; ZAZO, J. A.; PLIEGO, G.; BIDÓIA, E. D.; MORAES, P. B. Electrochemical oxidation of landfill leachate in a flow reactor: optimization using response surface methodology. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(8), p. 5831–5841. 2014. DOI:10.1007/s11356-014-3738-2

SOBRERO, M. C. e RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa*. p. 55-67. In: ROMERO, P. R. e CANTÚ, A. M. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, México, D.F., 2008.

SOLANO, S. A. M.; COSTA DE ARAÚJO, C. K.; VIEIRA DE MELO, J.; PERALTA-HERNANDEZ, J. M.; RIBEIRO DA SILVA, D.; MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. (2013). Decontamination of real textile industrial effluent by strong oxidant species electrogenerated on diamond electrode: Viability and disadvantages of this electrochemical technology. *Applied Catalysis B: Environmental*, 130-131, p. 112–120, 2013. DOI:10.1016/j.apcatb.2012.10.023

SOLOMONS, T. W. GRAHAM; FRYHLE, CRAIG B. *Química Orgânica, LTC*, 1(6). 1996.

SOUSA, M. L. e BIDOIA, E. D. (a). Electrolysis Applied for simulated textile effluents degradation containing Acid red 151 and Acid blue 40. *Water, Air, and Soil Pollution*, 225(12), p. 225:2234, 2014. DOI: 10.1007/s11270-014-2234-0.

SOUSA, M. L. e BIDOIA, E. D. (b). Impact of the Textile Dye Acid Blue 40 on the Periphyton of a Simulated Microecosystem. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(7), 6 p., 2014. DOI:10.1007/s11270-014-2025-7.

SOUSA, M. L.; MORAES, P. B.; LOPES, P. R. M.; MONTAGNOLLI, R. N.; BIDOIA, E. D. Photoelectrolytic system applied to remazol red brilliant degradation. *Water Science and Technology*, 63(4), p. 613-618, 2011. DOI:10.2166/wst.2011.208.

SOUZA, R. P.; FREITAS, T. K. F. S.; DOMINGUES, F. S.; PEZOTIA, O.; AMBROSIO, E.; FERRARI-LIMAC, A. M.; GARCIA, J. C. Photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub>, ZnO and Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> applied to degradation of textile wastewater. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 349, p. 9-17, 2016. DOI:10.1016/j.jphotochem.2016.06.013.

STUPAR, S. L.; GRGUR, B. N.; ONJIA, A. E.; MIJIN, D. Ž. Direct and Indirect Electrochemical Degradation of Acid Blue 111 Using IrOX Anode. *International Journal of Electrochemical Science*, 12, p. 8564 – 8577, 2017. DOI:10.20964/2017.09.44.

TANG, W. Z. e H, AN. Photocatalytic Degradation Kinetics And Mechanism Of Acid Blue 40 by TiO<sub>2</sub>/UV in aqueous solution. *Chemosphere* 31 (9), p. 4171-4183, 1995. DOI: 10.1016/0045-6535(95)80016-E.

TAVARES, M. G.; SANTOS, D. H. DA S.; TORRES, S. J. A.; PIMENTEL, W. R. O.; TONHOLO, J. E ZANTA, C. L. P. S. Efficiency and toxicity: comparison between the Fenton and electrochemical processes. *Water Science and Technology*, 74(5), p. 1143–1154, 2016. DOI:10.2166/wst.2016.278.

TILLEY, S. K. e FRY, R. C. Chapter 6 - Priority environmental contaminants: Understanding their sources of exposure, biological mechanisms, and impacts on health. In: *Systems Biology in Toxicology and Environmental Health*, p. 117- 169, 2015. DOI: 10.1016/B978-0-12-801564-3.00006-7.



VANHULLE, S.; TROVASLET, M.; ENAUD, E.; LUCAS, M.; TAGHAVI, S.; VAN DER LELIE, D.; VAN AKEN, B.; FORET, M.; ONDERWATER, R. C.; WESENBERG, D.; AGATHOS, S. N.; SCHNEIDER, Y. J.; CORBISIER, A. M. Decolorization, cytotoxicity, and genotoxicity reduction during a combined ozonation/fungal treatment of dye-contaminated wastewater. *Environmental Science & Technology*, 42(2), p. 584–589, 2008.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARNEIRO, P.T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, p.23-30, 2004. DOI:10.1590/S1415-43662004000100004

VEIGA, L. F. e VITAL, N. Teste de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Artemia* sp. In: NASCIMENTO, I. A.; SOUSA, E. C. P. M, NIPPER, M. *Métodos em Ecotoxicologia Marinha. Aplicações no Brasil*. Editora Artes Gráficas e Indústria Ltda., 2002.

VENTURA-CAMARGO, B. C. e MARIN-MORALES, M. A. Azo Dyes: Characterization and Toxicity– A Review. *Textiles and Light Industrial Science and Technology (TLIST)* 2 (2), p. 85-103, 2013.

VLEMINCKX, C., ARANY, J., HENDRICKX, B., & MOENS, W. Genotoxic effects of glycidyltrimethylammonium chloride. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 189(4), p. 387–394, 1987. doi:10.1016/0165-1218(87)90047-4

WANG, T Y e HUANG C Y. Improving forecasting performance by Employing the Taguchi method. *European Journal of Operational Research*, 176 (2), p. 1052-1065, 2007.

WHO - World Health Organization. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 4, 564 p. 2011. ISBN 978 92 4 154815 1.

YASEEN, D. A. e SCHOLZ, M. Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(2), p. 1193–1226, 2018. DOI:10.1007/s13762-018-2130-z.

ZANONI, M. V. B. e CARNEIRO, P. A. O Descarte dos corantes têxteis. *Ciência Hoje*, v. 29, n.174, p. 61-64, 2001.

ZHANG, W.; LIU, W.; ZHANG, J.; ZHAO, H.; ZHANG, Y.; QUAN, X.; JIN, Y. Characterisation of acute toxicity, genotoxicity and oxidative stress posed by textile effluent on zebrafish. *Journal of Environmental Sciences*, 24(11), p. 2019–2027, 2012. DOI:10.1016/s1001-0742(11)61030-9

ZHANG, F.; WANG, Y.; CHU, Y.; GAO, B.; YUE, Q.; YANG, Z.; LI, Q. Reduction of organic matter and trihalomethane formation potential in reclaimed water from treated municipal wastewater by coagulation and adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 223, 696–703, 2013. DOI:10.1016/j.cej.2013.03.059.

ZIMMERMANN, F. K.; KERN, R.; RASENBERGER, H. A Yeast Strain for Simultaneous Detection of Induced Mitotic Crossing Over, Mitotic Gene Conversion and Reverse Mutation. *Mutation Research*, 28, p. 381-388, 1975.

ZIMMERMANN F. K.; VON BORSTEL, R. C.; VON HALLE, E. S.; PARRY, J. M.; SIEBERT, D.; ZETTERBERG, G.; BARALE, R.; LOPRIENO, N. Testing of chemicals for genetic activity with *Saccharomyces cerevisiae*: a report of the U.S. environmental protection agency gene-tox program. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, 133(3), 199–244, 1984. DOI:10.1016/0165-1110(84)90017-4.

ZOULIAS, E.; VARKARAKI, ELLI.; LYMBEROPOULOS, N.; CHRISTODOULOU, C.; KARAGIORGIS, G. A Review on Water Electrolysis. *The Cyprus Journal of Science and Technology*, 4, p. 41-71, 2004.