



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Anete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Anete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Fábio Andrijauskas
Annete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

Paz e bem!

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE

Reinaldo Padilha França
Ana Carolina Borges Monteiro
Rangel Arthur
Francisco Fambrini
Julio Cesar Pereira
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

CAPÍTULO 2..... 20

PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS

Teresa de Jesus Estevam Pereira
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

CAPÍTULO 3..... 36

IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING

Sérgio Ricardo de Lima Novais
Glaucilene Ferreira Catroli
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

CAPÍTULO 4..... 50

BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Kelvyn Souza Santana
Anderson Quintino da Fonseca
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Annete Silva Faesarella

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

CAPÍTULO 5..... 67

NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Fernando Luciano de Almeida
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior
Annete Silva Faesarella

Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

CAPÍTULO 6..... 81

ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS

Leonardo Dorigo de Almeida
Samyra Haryele Gimenes Silva
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

CAPÍTULO 7..... 97

DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Enik Erica Rodrigues Godoy
Gabriela de Oliveira Ferri
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

CAPÍTULO 8..... 109

APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL

Bruna Ferraz Mattos de Souza
David Aguiar Ferreira Junior
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

CAPÍTULO 9..... 123

ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA

Jaqueline Paz de Oliveira
Mislaini de Sá Viana
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati
Renata Lima Moretto
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

CAPÍTULO 10..... 145

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Augusto da Silva Santos
Brurenan Rocha Silva
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

CAPÍTULO 11..... 163

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM

Rafaela Steffany da Silva Kayo
William Aparecido de Oliveira
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

CAPÍTULO 12..... 183

ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago
Renato Franco de Camargo
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

CAPÍTULO 13..... 202

LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO

Caroline Fernanda Ferreira
Lillian Maria Destro
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

CAPÍTULO 14..... 220

ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA

Ana Carolina Marques Monteiro
Letícia Toniato Andrade
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

CAPÍTULO 15..... 234

O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS

Jane Tassinari Fantinelli
Mariana Cene da Silva
Caroline Oliveira Tartari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

CAPÍTULO 16..... 248

DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA

TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES

Leticia Pereira Brito D'Oliveira
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino
Roberta Martins da Costa Bianchi
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

CAPÍTULO 17.....268

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO

Danka Ayres Carvalho da Silva
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi
Filipe Alves Coelho
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

CAPÍTULO 18.....280

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS

Paulo Cesar Polli
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

CAPÍTULO 19.....299

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes
Vinicius Fernandes Moreira Alves
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

SOBRE OS ORGANIZADORES320

DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES

Leticia Pereira Brito D'Oliveira

Universidade São Francisco, Engenharia
Química
Itatiba – SP
<http://lattes.cnpq.br/9327711000864123>

Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino

Itatiba – SP
<http://lattes.cnpq.br/8020013002033808>

Roberta Martins da Costa Bianchi

Itatiba – SP
<http://lattes.cnpq.br/1178282277362723>

Renato Franco de Camargo

Itatiba – SP
<http://lattes.cnpq.br/2446780558301454>

RESUMO: Diante dos vários tipos de tratamento de efluentes que visam a extração dos corantes de água industrial, dentre eles: Eletrofloculação, Adsorção, precipitação química, lodos ativados, entre outros, o tratamento de água a partir do uso de ozônio é uma alternativa mais eficiente que o cloro, pois não gera resíduos, o que o torna sustentável ao meio ambiente, gera o aumento do nível de oxigênio dissolvido e melhora nos quesitos turbidez e cor da água. O objetivo deste presente estudo é promover o tratamento de água contaminada com corantes, visando a clarificação e pureza das águas, através de um protótipo utilizando Gerador de ozônio. Este funciona através de uma descarga Corona, gerada por um conversor flyback, aplicada em processos oxidativos. O equipamento comportou-se bem diante dos testes, e o objetivo do trabalho

foi atingido com êxito.

PALAVRAS-CHAVE: Ozônio, tratamento de efluentes, descarga corona, *flyback*.

DEVELOPMENT OF A LOW COST OZONE GENERATOR FOR TREATMENT OF WATER CONTAMINATED WITH DYE

ABSTRACT: In view of the various types of effluent treatment aimed at extracting dyes from industrial water, including: Electroflocculation, Adsorption, chemical precipitation, activated sludge, among others, water treatment using ozone is a more efficient alternative than chlorine, as it does not generate waste, which makes it sustainable for the environment, increases the level of dissolved oxygen and improves turbidity and water color. The aim of this study is to promote the treatment of water contaminated with dyes, aiming at the clarification and purity of water, through a prototype using an ozone Generator. This works through a Corona discharge, generated by a flyback converter, applied in oxidative processes. The equipment behaved well under the tests, and the objective of the work was successfully achieved.

KEYWORDS: Ozone, wastewater treatment, corona discharge, flyback.

1 | INTRODUÇÃO

Desenvolver novas tecnologias e métodos para promover o tratamento de água é uma necessidade cada dia mais evidente.

Os corantes, fonte de estudo deste presente trabalho, estão presentes no cotidiano da sociedade nas indústrias alimentícias, têxteis, farmacêutica, fotográfica, automobilística, de papel, entre outros. Atualmente, a indústria têxtil representa 10% do PIB Industrial, além de corresponder a 2,3% do PIB (Produto Interno Bruto) do país. De acordo com a ABIT (Associação Brasileira de Indústria Têxtil) há cerca de 27,5 mil empresas no ramo têxtil instaladas por todo o território brasileiro (ABIT, 2021).

Em consonância a isso, a indústria têxtil também é umas das maiores fontes geradoras de resíduos contaminados com corantes, além da elevada quantidade de água utilizada na lavagem dos tecidos. Esses efluentes devem ser tratados para que atendam às exigências sanitárias, para que se atinja eficiências satisfatórias devem ser utilizados métodos diferentes, uma vez que um método pode tratar a coloração da água, já o outro tratar o pH, e assim por diante.

Atualmente, o ozônio é considerado um importante processo oxidativo avançado, uma vez que reage com uma gama de compostos orgânicos devido ao seu potencial de oxidação, superior ao de compostos considerados oxidantes, podemos citar: e o próprio cloro com (KUNZ, et al., 1999; ROBINSON, et al., 2001).

É importante destacar que o ozônio já vem sendo utilizado em diferentes tipos de aplicações dentre elas: tratamento de água potável, tratamento de efluentes domésticos e industriais, processos de branqueamento de celulose, processo de conservação de alimentos/bebidas, piscicultura, controle de odor e de cor, controle biológico e esterilização, entre outros. Além disso, a ozonização é muito utilizada para tratamento de efluentes da indústria têxtil, celulose e laticínios, uma vez que visam a redução da toxicidade dos efluentes e a degradação dos compostos orgânicos presentes nas águas residuárias.

A partir disso, esse trabalho objetiva construir um Gerador de ozônio de baixo custo, visando promover o tratamento de águas contaminadas com corantes, de variados tipos, ozônio produzido devido a descarga Corona, gerada por um flyback de televisores antigos.

O ozônio pode ser obtido através de três métodos: processos eletroquímicos; raios ultravioletas, e através de descargas elétricas, esse método é o mais utilizado devido a elevada eficácia e acessibilidade aos componentes do equipamento. O método escolhido neste presente trabalho é a produção de ozônio a partir de descargas elétricas.

O processo de descarga elétrica consiste em aplicar uma diferença de potencial (ddp) nos eletrodos do reator. Essa ddp pode ser obtida utilizando-se um conversor flyback, ligado a um oscilador de alta frequência, dessa forma o flyback atua como um transformador de alta tensão (LOPES, 2016).

Visando comprovar a eficiência do gerador de ozônio construído, serão realizados posteriormente testes: Titulação Iodométrica, testes de pH, absorvância, e demais testes de qualidade da água.

O projeto se fosse aplicado para escala industrial seria um equipamento de alto valor agregado. Porém o retorno desse investimento (Payback) seria rápido, devido ao gasto em tratamento de água e a posterior economia nesse processo.

Busca-se na próxima etapa do artigo trazer uma breve explicação sobre a formação do ozônio quando o oxigênio é exposto a descarga elétrica e como esta descarga pode ser gerada, comparar os métodos mais comuns de tratamento de águas contaminadas, verificar qual possui mais pontos positivos (Comparativo entre cloro e ozônio), além de pontuar fatores como resíduos físicos, químicos e recursos hídricos. Já a metodologia detalha a construção do gerador e os métodos analíticos físico-químicos usados para identificar a geração do ozônio e a eficiência na remoção de corantes.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduo Químico - Corantes

A indústria têxtil é um dos ramos que possuem uma grande atuação no Brasil e no mundo, tornando-se um setor da indústria de alto valor. Em 2013, segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil, relatou que a indústria têxtil ocupava o segundo lugar, nos setores que mais empregam no Brasil, ficando somente atrás do setor de bebidas e alimentos (ABIT, 2021).

Por sua vez, o processo da indústria têxtil, requer um alto consumo de água, conseqüentemente o volume de descarte ao meio ambiente dos resíduos gerados seja também em um número bem elevado. Os rejeitos derivados desta produção pode ser tanto resíduos sólidos ou resíduos químicos, onde que ambos acabam danificando o meio ambiente, por carregar diversas substâncias danosas, uma delas acaba sendo causada pelo tingimento através dos corantes utilizados, onde acabam sendo um dos rejeitos que mais ataca o meio ambiente, por possuírem um nível de degradação muito baixo e com altos níveis de toxicidade. Ao longo dos anos, estudos e tecnologias foram desenvolvidas para que possam ser feitos para uma melhoria na remoção dos corantes nos rejeitos, para que possa ocorrer prevenção de danos ao meio ambiente(CASTILHOS, 2015).

A estimativa de produção mundial de corantes é de 800.000 toneladas ao ano, sendo que aproximadamente em 15 % desta produção acabam sendo descartados no meio ambiente, se tornando mais uma forma de degradação ao nosso planeta. Com muito realizado os rejeitos são descartados em rios, lagos e córregos diariamente (PEIXOTO, MARINHO e RODRIGUES, 2013).

2.2 Comparação entre o cloro e o ozônio

O processo de tratamento de água mais comumente utilizado é por meio da cloração,

porém há alguns pontos negativos deste método quando comparado ao ozônio. O ozônio atua na destruição dos microrganismos diretamente na parede celular, o que ocasiona sua ruptura. Já o cloro atua através da parede celular, por difusão, para agir sobre os elementos essenciais (enzimas, proteínas, DNA e RNA) no interior da célula.

Comparando as principais ações quanto à aplicação de cloro e ozônio, observa-se que características essenciais quando trata-se de corantes de qualquer tipo, a remoção de cor, efeito de pH, atividade destrutivas contra algas, protozoários, fungos e moléculas orgânicas, apesar de possuir custo elevado de investimento.

2.3 Característica do ozônio

O ozônio, forma triatômica do oxigênio, é um gás incolor de odor pungente, pouco estável e parcialmente solúvel na água (HILL e RICE, 1982). Além disso, é um poderoso oxidante e muito rápido na inativação de bactérias. O ozônio tem 1,5 vezes maior poder de oxidação que o cloro e é até 1500 vezes mais rápido na desinfecção, além de ser facilmente absorvido pela água (SNatural e Naturaltec, 2021).

Desinfetantes	Potencial de Oxidação (volts)	Poder relativo de Oxidação*
Ozônio	2,07	1,52
Peróxido de hidrogênio	1,77	1,30
Hipoclorito	1,49	1,10
Cloro	1,36	1,00
Dióxido de cloro	1,27	0,00
Oxigênio	1,23	0,00

*Baseado no cloro como referência (=1,00)

Tabela 1 – Potencial de Oxidação dos desinfetantes mais comuns para tratamento de águas residuárias.

Fonte: Snatural, 2021.

O ozônio vem sendo muito utilizado no tratamento e desinfecção de águas, devido a duas características principais de acordo com a Tabela 1: é um forte agente oxidante (2,07 V) e não é um poluente. Ou seja, ele pode oxidar uma série de compostos inorgânicos e orgânicos, além de possuir como produto preferencial de degradação o oxigênio, composto não poluente e indispensável para as atividades biológicas aeróbias dos ecossistemas aquáticos. Outros oxidantes normalmente empregados, costumam levar à formação de subprodutos (íons de metais pesados e compostos organoclorados, respectivamente) que podem ser inclusive mais tóxicos que os compostos poluentes originais (MAHMOUD, 2007).

Por ser um gás instável, o ozônio não pode ser armazenado, sendo assim é necessário produção local em fluxo contínuo. Entre os diferentes processos de geração

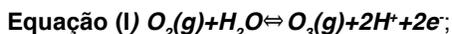
de ozônio, a utilização da descarga elétrica (ou efeito corona) é o mais utilizado na maioria dos geradores de ozônio comerciais. Isso acontece devido à maior taxa de conversão do oxigênio em ozônio.

2.4 Tecnologias aplicadas à geração de ozônio

O ozônio pode ser produzido por três métodos: Eletrólise (eletroquímica); Radiação Ultravioleta (fotoquímica); e Descarga Elétrica (Corona), essas três formas serão descritas abaixo.

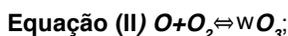
2.4.1 *Eletrólise*

No processo eletroquímico, ou também conhecido como eletrólise, o ozônio é obtido a partir da molécula de água por meio de uma reação eletroquímica, conforme equação (I). Esse método apresenta uma fonte alternativa que permite a obtenção de grande quantidade de ozônio na fase gasosa.



2.4.2 *Radiações Ultravioletas*

O ozônio é obtido através de radiações ultravioletas, sendo um método fotoquímico, no qual a energia é fornecida pela luz. A molécula de oxigênio absorve radiação eletromagnética promovendo a sua dissociação. Os raios são suficientemente intensos, capaz de separar os dois átomos de oxigênio. A partir disso, os átomos de oxigênio produzidos reagem com uma molécula de oxigênio vizinha, na presença de um catalisador, formando ozônio (FRANCO, D.V., 2005).

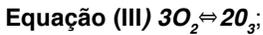


2.4.3 *Descargas Elétricas*

A produção de ozônio por meio de descargas elétricas, mais conhecidas como descargas Corona, atualmente é o procedimento mais utilizado para gerar ozônio em escala industrial, em larga escala, com menor custo dentre os outros métodos citados. Isso ocorre por esse método fornecer as maiores concentrações de ozônio de acordo com o nível de energia elétrica aplicada. Portanto com as características citadas optou-se pelo método de descargas elétricas (efeito corona) para a geração do ozônio através do protótipo.

O ozônio é gerado através de uma descarga elétrica aplicada em um reator de ozônio (parede de tubo de inox separados por um meio dielétrico de cerâmica ou vidro e uma abertura para passagem do gás aplicado), através destes tubos aplica-se uma descarga elétrica de alta tensão juntamente com um fluxo de ar seco. A partir disso o oxigênio aplicado é convertido em ozônio, um poderoso gás oxidante, conforme equação

(III). (SCHIAVON, *et al.*, 2014)



Esse tipo de descarga é um fenômeno que ocorre nas regiões de campos elétricos não uniformes de alta intensidade, principalmente nas pontas e bordas ou fios submetidos à tensão elétrica. Basicamente, pode-se classificar as correntes de descarga em Relativamente altas, ou seja, possivelmente ocorra na forma de uma descarga luminescente. Em contrapartida, as descargas classificadas como relativamente baixas, uma descarga corona denominada de descarga elétrica silenciosa.

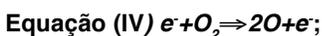
O efeito corona ocorrer ao aplicar-se uma tensão excedente ao potencial de ionização do material dielétrico, representado nesta figura pelo ar, os elétrons livres são impulsionados a alta velocidade, e rompem as duplas ligações por meio do impacto das moléculas de oxigênio presentes no ar.

A reação de geração de ozônio é iniciada quando os elétrons livres provenientes da descarga corona causam a dissociação das moléculas de oxigênio, em seguida os átomos de oxigênio se reagrupam e formam o ozônio (conforme Equações (III) e (IV)). Durante a geração de ozônio, uma quantidade considerável de calor é liberada, por isso é fundamental que o gerador seja adequadamente resfriado, a fim de maximizar a produção de ozônio (SCHIAVON, *et al.*, 2014).

Dentre as alternativas para geração de descarga elétrica, tem-se as opções do oscilador de alta frequência atua como um excitador de frequência, este pode ser um oscilador *Hartley*, bobinas de ignição (automotiva), reator de lâmpadas fluorescentes, entre outros. O ozônio é gerado pelo efeito corona, ou seja, uma descarga elétrica de alta tensão em um tubo de inox, este é chamado de reator de ozônio. Aplica-se uma descarga elétrica de alta tensão junto ao fluxo de ar, este é gerado por um compressor de aquário. Dentro do reator, o oxigênio faz um escoamento laminar passando por um processo de descarga elétrica pulsante, gerada por meio de um conversor *flyback* elevador de tensão (SCHIAVON, *et al.*, 2014).

Esta tensão ao exceder o potencial de ionização do material dielétrico, faz com que os elétrons livres sejam impulsionados a altas velocidades, rompendo por meio do impacto as ligações duplas das moléculas de oxigênio (O_2) presentes no ar. Esses átomos são rearranjados em três moléculas de oxigênio (O), formando assim a molécula de ozônio (O_3).

Basicamente a reação ocorre em duas etapas: (Equação III) Dissociação do gás Oxigênio (O_2) gerada devido aos elétrons livres gerados pela descarga, (Equação IV) o átomo de Oxigênio (O) junta-se a uma molécula de (O_2), formando o Ozônio (O_3).



3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha da construção do reator foi com o objetivo de desenvolver um protótipo de um gerador de ozônio eficiente, mas ao mesmo tempo de baixo custo, uma vez que a aquisição e o acesso de um equipamento desse já pronto não era possível devido aos altos custos. A construção do reator de ozônio foi realizada em três etapas sendo elas a construção do filtro secante, câmara de ozônio e componentes elétricos.

3.1 Filtro Secante

Para a construção do filtro secante foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais: sílica gel; tubo de PVC (30cm comprimento, 4cm de diâmetro); adaptador (4cm de diâmetro); tampão de saída (4cm de diâmetro); mangueira para compressor de aquário (4 mm de diâmetro); mangueira de inalador (6mm de diâmetro); adaptador de mangueira (6mm de diâmetro); cola araldite; fita veda-rosca; furadeira; e broca de aço (6mm).

A montagem do filtro se iniciou-se com a utilização da cola araldite para realizar a colagem e encaixe do tubo de PVC com o adaptador, posteriormente realizou-se um furo no centro de ambos tampões, com o auxílio de uma furadeira com uma broca de aço de 6 mm, para a colagem do adaptador de mangueira, sendo assim possível que ocorra um fluxo de entrada e saída pelo do tubo. Para finalizar a primeira etapa da construção do reator, ocorreu o tempo de secagem das peças coladas, aproximadamente por 15 minutos. Após a secagem das peças o tubo de PVC foi preenchido seu volume com a sílica gel, finalizando, com o uso da fita veda rosca para vedar o fechamento dos tampões com os adaptadores.

3.2 Câmara de ozônio

Para a construção da câmara de ozônio foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais: tubo de Inox (30cm de comprimento, 4cm de diâmetro); fio de arame inox (50cm de comprimento); tubos de vidro (8mm de diâmetro); placa de acrílico (5mm de espessura); furadeira; broca de aço (8mm); e broca serra copo (4mm). A montagem da câmara de ozônio se iniciou com o preparo das peças de acrílico, com o auxílio de uma furadeira e de uma broca serra copo, divide-se a placa de acrílico em 4 peças circulares, para utilizar como tampa do tubo de inox. Posteriormente realizou-se um furo ao centro de cada peça circular, onde o fio de arame de inox passará.

A próxima etapa da construção da câmara é composta pelo corte dos tubos de vidro em que as duas peças foram posicionadas no centro do acrílico e outras duas peças coladas na borda, sendo usada como entrada do oxigênio e saída do ozônio. A presente necessidade dos tubos ao centro é com efeito de impedir que a alta tensão tenha contato com a peça de acrílico, pois ocorre o aquecimento das mesmas e conseqüentemente o derretimento. Este passo necessitou de uma atenção dobrada, pois com o auxílio de um cortador de vidro com ponta de diamante, realizou o corte de 4 tubos, sendo duas peças

com o comprimento de 5cm e outras duas com o comprimento de 10cm. Com a furadeira e a broca de 8mm realizou um furo passante para que sejam as entradas e saídas da câmara.

Com o uso da cola araldite cola-se os tubos menores ao centro do acrílico, já os tubos com maior comprimento foram posicionados na borda através do furo, previamente já efetuado. Após os tubos de vidro posicionados, esperou-se por volta de 15 minutos para que a cola pudesse secar. Em seguida, passe-se o fio de arame através de uma das peças de acrílico, realizando um nó na ponta do arame, para como finalidade de travamento, posteriormente coloca-se a peça de acrílico em uma das extremidades do tubo de inox, realizando o mesmo procedimento na outra extremidade do tubo. Ao realizar o travamento do fio de arame houve uma atenção para que o mesmo permaneça o máximo possível esticado ao longo do tubo.

3.3 Componentes elétricos

A parte eletrônica e/ou elétrica do projeto do gerador de ozônio consiste na parte principal, uma vez que todas as demais dependem destas para funcionarem. Os componentes elétricos/eletrônicos são divididos em três partes: *Flyback*, placa controladora de frequência (Hz), uma fonte de alimentação e um compressor de ar.

3.4 Flyback

O *Flyback*, conforme a Figura 1, como já citado anteriormente, é um componente presente em televisores de 'tubo' (CRT). Neste projeto ele tem a função de gerar a alta tensão que posteriormente, transformará o oxigênio em ozônio.

Além disso, realizou-se um enrolamento do tipo bobina no secundário do *Flyback*, ou seja, a corrente de entrada e saída da placa é a mesma.

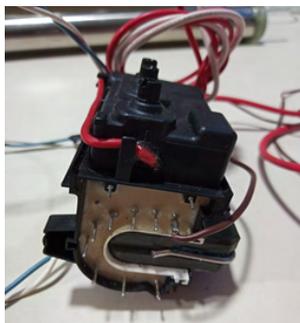


Figura 1 - Flyback utilizado no projeto.

Fonte: Próprio autor.

3.5 Placa controladora de frequência

Essa placa é constituída dos seguintes componentes: 2 resistores de 1k Ω , 1 resistor de 120 Ω , 1 capacitor cerâmico de 10nF, 1 transistor 10N80 (MOSFET), 1 potenciômetro de 10k Ω , 1 CI M555, além de um dissipador de calor. A primeira etapa foi realizada a corrosão da placa de circuito impressa com o uso de Água Oxigenada e Ácido Muriático. Em seguida, soldou-se os componentes a uma placa de circuito impresso. Esse componente possui a principal função de regular e controlar a frequência em hertz das centelhas, ou seja, a descarga elétrica que é gerada através de um gás ionizado.

3.6 Fonte de Alimentação e Compressor de ar

Utilizou-se uma fonte de corrente contínua de 6V, 50/60Hz e 2160mA. Essa fonte está ligada à placa controladora de frequência e gera a corrente que alimenta o *Flyback*. Outro ponto de suma importância foi o uso do Compressor de Ar, modelo utilizado em aquários de até 150 litros, este possui as seguintes especificações: Potência de 2,8W; 127V; Vazão de 4 litros/minuto e marca: *Boyu*. Este compressor é responsável pela alimentação do oxigênio no interior da câmara de Ozônio.

3.7 Análises

3.7.1 *Titulometria Iodométrica (Iodometria)*

Titulação é um processo que ocorre a partir de duas soluções, sendo uma delas de concentração conhecida, geralmente denominada de solução padrão ou titulante a outra é denominada de analito ou titulado a qual deseja encontrar a sua concentração. A solução padrão é titulada com o analito. Existem requisitos para uma solução padrão ser considerada, com características específicas como: composto contendo um alto grau de pureza sendo 99,9% ou acima, fácil obtenção, estabilidade ao ambiente e baixo custo. Outro ponto de grande importância para as titulações são os indicadores, são através dessas soluções adicionadas no analito que apresentam o fim da titulação, com mudança visual na coloração.

A Iodometria é um método volumétrico em que o excesso de íons iodeto são adicionados à uma solução que contém um agente oxidante, que irá reagir produzindo uma quantidade equivalente de iodo que, posteriormente será titulado com uma solução padronizada de tiosulfato de sódio.

Para a constatação da geração do ozônio através da titulação Iodométrica é necessário realizar o preparo das soluções de Iodeto de Potássio, Tiosulfato de Sódio, Solução de Ácido Sulfúrico e Solução de Amido 1%.

3.7.2 *Preparo das Amostras*

Para iniciar o experimento é necessário o preparo de 1 litro da solução de Iodeto de Potássio com concentração de 20g/l que deverá ser alocada em um vidro âmbar. Em seguida, preserva-se 100ml de solução de Tiosulfato de Sódio com concentração de 0,005N, previamente padronizada, em um béquer de 250ml. Posteriormente preserve 100ml de Ácido Sulfúrico 2,0N e por fim 20ml de solução de amido 1%.

3.7.3 *Borbulhamento e Titulação*

A continuidade do procedimento é o borbulhamento do ozônio gerado pelo protótipo, em 20ml de solução de Iodeto de Potássio. Este passo foi realizado de forma contínua em ciclos de tempos ininterruptos de exposição da solução de Iodeto de Potássio ao ozônio de 15 e 60 minutos, para que de modo possa haver uma correlação da geração do ozônio ao longo do tempo.

Iniciou-se pelo ciclo de 60 minutos de exposição da solução de Iodeto de Potássio alocado em um *erlenmeyer* ao ozônio. Após o término do ciclo de borbulhamento adiciona-se 10ml de ácido sulfúrico na solução borbulhada para finalidade de acidificar a solução, em seguida adicione 2ml de amido para agir como o indicador. Após adicionar o amido notará que a solução apresentará uma coloração azulada, posteriormente titule a mesma com o Tiosulfato de Sódio alocado na bureta previamente, até a coloração azulada fique totalmente incolor, determinando por assim o término da titulação. Anote o valor gasto de volume na bureta para cálculos.

O procedimento acima deverá ser repetido para o restante dos ciclos de exposição e o mesmo realizado em triplicata por ciclo.

3.7.4 *Análise da água após tratamento*

As análises que serão abordadas após o processo de ozonização para o levantamento de resultados são pH e espectrometria.

3.7.4.1 *pH*

O pH é definido como potencial hidrogeniônico de uma solução, sendo caracterizado como um parâmetro físico, que possibilita avaliar condições como alcalinidade e acidez da água. As medições foram realizadas em um pHmetro e para fonte de comparação também serão utilizadas fitas para medição de pH. O objetivo desta análise é verificar como as soluções com corantes se comportam após serem ozonizadas, sendo realizadas medições antes e após o tratamento. Com o auxílio de um pHmetro de bancada da marca Bel do modelo PHS3-BW, disponibilizado pela faculdade, realizou-se a leitura de pH das amostras

antes e após o processo de ozonização.

3.7.4.2 Espectrofotometria

Para realizar as análises de cor e absorvância após o processo de ozonização, utilizou-se um Espectrofotômetro do modelo UV-M51 e marca Bel visando medir a intensidade da luz em comprimentos de onda que uma determinada substância possui, sendo assim, o conceito de absorção de luz está diretamente relacionado com a concentração de soluções. Esse tipo de análise tornou-se ideal para averiguação da eficiência do tratamento de águas contaminadas com corantes, uma vez que nem sempre é possível avaliar a qualidade de uma solução apenas visualmente.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Reator de Ozônio

4.1.1 Filtro secante e Câmara de Ozônio

Quanto aos resultados obtidos na montagem do filtro secante e a câmara de ozônio foram satisfatórios, uma vez que estes componentes não contavam com alto nível de dificuldade para a preparação manual deles, conforme na Figura 2. Antes de iniciar a construção do Filtro Secante, foi avaliada a possibilidade de utilizar um tubo de vidro no lugar do tubo de PVC, uma vez que devido sua transparência seria melhor para avaliar a qualidade e integridade da Sílica em seu interior. Porém, devido à dificuldade de realizar cortes em material de vidro, essa ideia foi descartada e escolhido o PVC.



Figura 2- Na esquerda, Câmara de Ozônio e Filtro secante, a direita, Placa controladora de frequência, ambos componentes do Gerador de Ozônio.

Fonte: Próprio autor.

4.1.2 Placa controladora de frequência e Flyback

Quanto à Placa Controladora de frequência, conforme a Figura 2, foi a etapa mais difícil de construção, uma vez que o que foi feito inicialmente necessitou de ajustes e retiradas de alguns componentes, além da substituição do Transistor por outro para que evitasse que queimasse quando a placa fosse ligada ao *Flyback*.

Para o teste de funcionamento da parte elétrica e/ou eletrônica foi importante a percepção da geração das Centelhas, desta maneira foi comprovado que a ligação entre a placa controladora e o *Flyback* está funcionando perfeitamente e pode-se partir para a próxima etapa e montagem final do protótipo.

4.1.3 Montagem do protótipo - Gerador de Ozônio

Por fim, foi realizada a montagem do protótipo com todos os componentes já finalizados anteriormente, a interligação do gerador conta com os componentes eletrônicos (*Flyback* e Placa controlada de frequência), compressor de ar, câmara de ozônio, filtro secante e as mangueiras responsáveis por transferir o ar de um componente ao outro. Além disso, foi feita uma estrutura em MDF e vidro para alocação do equipamento, a escolha das paredes transparentes deve-se ao fato da fácil visualização, conforme a Figura 3. Outro fator de suma importância foi isolar o equipamento, uma vez que a alta tensão é fonte de risco para quem manuseá-lo.



Figura 3 - Gerador de Ozônio finalizado.

Fonte: Próprio autor.

Quanto ao fato de o equipamento ter como proposta inicial apresentar baixo custo, foram levantados os gastos com os componentes utilizados em sua montagem final. É importante ressaltar que alguns componentes foram doados e outros foram comprados na internet, ou seja, os valores são estimados, podendo haver variação quanto aos valores. Nota-se que o gasto final para construção do equipamento foi estimado entre R\$290 à R\$300,00, conforme a Tabela 2.

Componente do Equipamento	Valores gastos (R\$)
Placa Eletrônica, Flyback e Fonte de Alimentação	85
Compressor de Ar	35
Câmara de Inox	50
Filtro Secante	45
Suporte para Equipamento	50
Outros (mangueiras, adaptadores, entre outros)	25

Tabela 2 –Valores estimados gastos com a montagem final do equipamento.

Fonte: Próprio autor.

4.2 Análises

4.2.1 *Titulometria Iodométrica (Iodometria)*

A Titulação Iodométrica foi a primeira análise realizada após o uso de equipamento. Realizou-se em triplicata para três tempos de borbulhamento: 15, 30 e 60 minutos. Nota-se na Figura 4 que quanto maior o tempo de exposição do ozônio na solução de Iodeto de Potássio, mais amarelado ficará a solução por conter maior concentração de ozônio.



Figura 4 - Antes e depois das Titulações [1] 15 min; [2] 30 min e [3] 60 min.

Fonte: Próprio autor.

Utilizou-se a fórmula (Equação V) para cálculo do ozônio produzido, método descrito por (EATON et al. 2000).

Equação (V) Ozônio produzido (mg/min) = ;

Sendo A = volume titulado (ml); N = normalidade do Tiosulfato de Sódio e T = tempo do borbulhamento do gás (minutos).

Titulação Iodométrica			
Tempo (min)	Volume titulado (mL)	O ₃ (mg/min)	Média O ₃ (mg/min)
15	21,2	0,170	0,173
	22,5	0,180	
	21,5	0,172	
30	38,0	0,152	
	37,6	0,150	
	37,6	0,150	
60	97,1	0,194	
	96,8	0,194	
	96,7	0,193	

Tabela 3 –Resultados obtidos da Titulação Iodométrica.

Fonte: Próprio autor.

Para os três ciclos de tempos que foram definidos, realizou-se o experimento três vezes, obteve-se um valor de variância de 0,00035 e um desvio padrão de 0,01875 para a quantidade de ozônio produzida (mg/min). Esses valores evidenciam que o ciclo de geração de Ozônio do equipamento é constante e consistente. Na Tabela 3, consta os dados obtidos na titulação.

4.3 pH

Quanto à análise de pH das amostras, foi realizada com um pHmetro de bancada com as amostras tratadas com o ozônio gerado pelo equipamento, obteve-se os dados da Tabela 4.

pH	Corante	Tempo (min)				
		0	15	30	45	60
	Azul Têxtil	7,77	7,88	7,80	7,60	5,97
	Azul Alimentício	9,25	8,75	8,88	8,67	8,47
	Vermelho Têxtil	9,20	8,70	8,60	8,56	8,57
	Vermelho Alimentício	8,02	7,91	7,99	7,96	7,91

Tabela 4 –Resultados de pH obtidos das amostras após exposição ao Ozônio.

Fonte: Próprio autor.

Nota-se que apesar da inconstância dos valores de pH obtidos, o experimento obteve resultado de acordo com a literatura, uma vez que, os valores iniciais e finais das amostras diminuíram consideravelmente. Esse resultado pode ter ocorrido devido ao equipamento utilizado, ou a variação na calibração do equipamento, ou à instabilidade do gás ozônio, este se decompõe rapidamente.

4.4 Espectrofotometria

Para essa análise utilizou-se um espectrofotômetro, de início, foi realizada as curvas de calibração dos 4 tipos de corantes que foram utilizados nos experimentos, sendo eles: Corante Azul do tipo Têxtil, Corante Vermelho do tipo Têxtil, Corante Azul do tipo Alimentício e Corante Vermelho do tipo Alimentício. Para isto, foi necessário realizar quatro diluições: Amostra 1 (0,02g/L); Amostra 2 (0,008g/L); Amostra 3 (0,004g/L); Amostra 4 (0,002g/L). A construção dessa curva de calibração serve como base para a configuração do Espectrofotômetro com o correto Comprimento de Onda (nm) de cada corante.

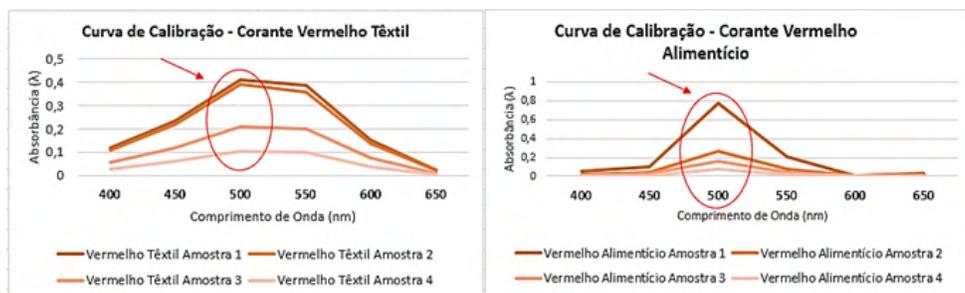


Figura 5 - A esquerda, Curva de Calibração do Corante Vermelho Têxtil. A direita, Curva de Calibração do Corante Vermelho Alimentício.

Fonte: Próprio autor.

Para os Corantes Vermelhos de acordo com a Figura 5, os comprimentos de onda (nm) mais adequado para leitura no Espectrofotômetro seria o de 500nm.

Nota-se na Figura 6, que apesar dos Corantes Azuis serem da mesma tonalidade de cor e tipos diferentes de aplicações, os mesmos possuem diferentes comprimentos de ondas que se adequam melhor aos seus tipos, sendo o comprimento de onda para o Corante Têxtil de 600nm e Alimentício de 650nm. Os quatro corantes expostos ao ozônio possuíam igual concentração de 0,025g/L.

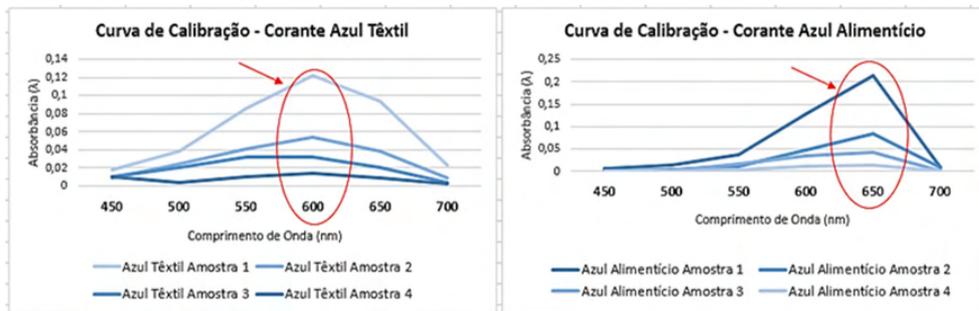


Figura 6 - A esquerda, curva de calibração do corante vermelho têxtil. A direita, curva de calibração do corante vermelho alimentício.

Fonte: Próprio autor.

Dentre os corantes vermelhos apresentados na Tabela 5, o corante têxtil foi degradado em cerca de 80,1% na amostra estudada, já o corante alimentício foi degradado em 76,7%.

	Tempo (min)					
	0	15	30	45	60	
Absorbância (λ)	0,957	0,264	0,213	0,203	0,183	Vermelho Têxtil
Concentração (g/L)	0,054	0,0074	0,004	0,0034	0,002	
Absorbância (λ)	0,662	0,394	0,253	0,175	0,154	Vermelho Alimentício
Concentração (g/L)	0,017	0,0098	0,0062	0,0042	0,0036	

Tabela 5 –Resultados de Absorbância (λ) e Concentração (g/L) dos corantes vermelhos das amostras colhidas durante exposição ao ozônio.

Fonte: Próprio autor.

Portanto, o corante têxtil obteve maior porcentagem de degradação de cor, dentre os dois tipos, sendo possível verificar a degradação dos corantes visual, conforme a Figura 7.

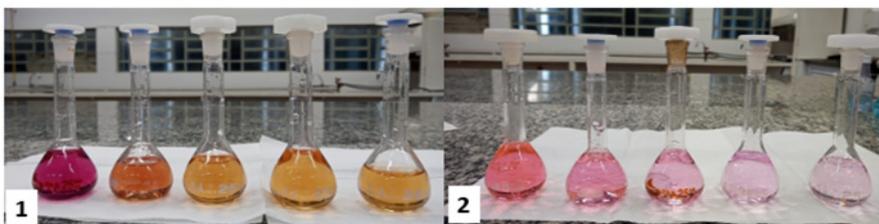


Figura 7 - Aspecto visual das amostras de corantes após degradação quando exposto ao ozônio - [1] Corante vermelho têxtil [2] Corante vermelho alimentício.

Fonte: Próprio autor.

Já para os corantes azuis, conforme Tabela 6, a taxa de degradação de cor praticamente se igualou em 91,8% nas amostras estudadas.

	Tempo (min)					
	0	15	30	45	60	
Absorbância (λ)	0,123	0,0213	0,0112	0,0167	0,0167	Vermelho Têxtil
Concentração (g/L)	0,02	0,0026	0,0009	0,0007	0,0007	
Absorbância (λ)	0,085	0,0315	0,0134	0,0116	0,0072	Vermelho Alimentício
Concentração (g/L)	0,007	0,0024	0,0007	0,0005	0,0002	

Tabela 6 – Resultados de Absorbância (λ) e Concentração (g/L) dos Corantes Azuis das amostras colhidas durante exposição ao Ozônio.

Fonte: Próprio autor.

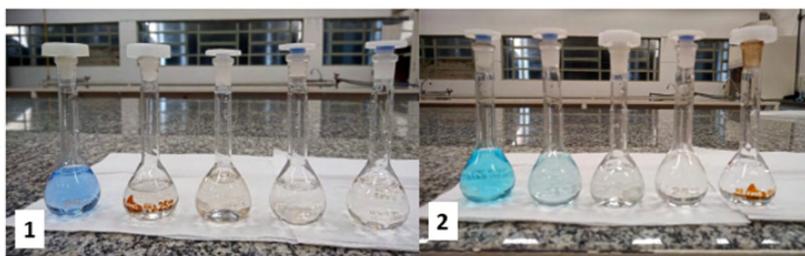


Figura 8 - Aspecto visual das amostras de corantes após degradação quando exposto ao ozônio - [1] Corante Azul Têxtil [2] Corante Azul Alimentício.

Fonte: Próprio autor.

Por fim, dentre os quatro corantes estudados, os dois corantes azuis apresentaram os melhores desempenhos, uma vez que, obtiveram taxas de degradação de aproximadamente 91,8%, sendo possível visualizar a partir da Figura 8, que a degradação ao longo do processo de ozonização foi superior aos corantes de cor vermelha.

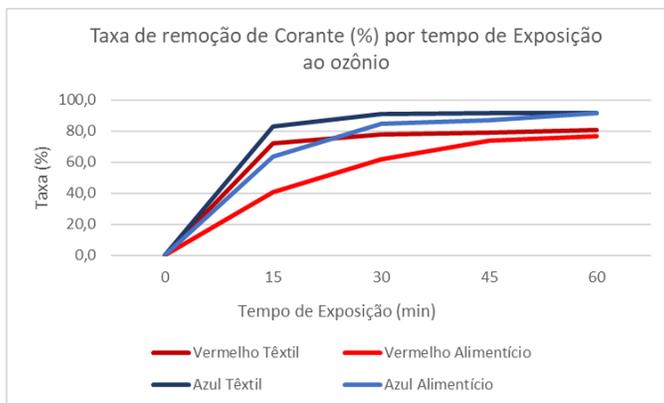


Figura 9 - Taxa de remoção de cor dos corantes em exposição ao Ozônio.

Fonte: Próprio autor.

Diante do presente estudo, os dados obtidos na Figura 9, evidencia que os corantes azuis possuem uma taxa de degradação superior aos corantes vermelhos, independentemente do tipo dos corantes estudados. Os corantes vermelhos apresentam valores de absorvâncias elevados antes do processo de ozonização, entretanto nota-se que durante o período de exposição ao ozônio obteve-se quedas de 76% a 81% em relação à absorvância. Em contrapartida os corantes azuis estudados, possuíam inicialmente valores menores de absorvância antes da exposição ao ozônio, obteve-se ao longo do processo quedas na taxa de degradação de aproximadamente 91,8%, ou seja, essa cor apresentou uma melhor performance em relação de tempo de exposição ao ozônio.

Devido ao descarte inadequado dos resíduos gerados com corantes das indústrias têxtil e alimentícia, há a busca por metodologias eficazes e de baixo custo. Portanto permite-se um estudo com uma maior abrangência para a ozonização, sendo uma alternativa viável para tratamento de água com corantes, podendo assim melhorar a qualidade desta, para um descarte sem danos agressivos a natureza e aos seres humanos, podendo também ser empregada em reuso alternativos, tornando-se uma opção para as indústrias em tratamento dos seus resíduos.

5 | CONCLUSÃO

De acordo com os avanços nas tecnologias utilizadas em processo de remoção de corantes, mostra-se que os tratamentos oxidativos vem contribuindo com grande parcela para a qualidade da água que é despejada nos rios é possível haver uma reutilização após o tratamento.

Com o término dos ensaios de ozonização mostra-se que o protótipo desenvolvido obteve seu objetivo atingido, uma vez que apresentou boa performance quanto aos

resultados atingidos. Todavia ainda existe a possibilidade de pontos de futuras melhorias no equipamento, dentre elas: o aumento da quantidade de câmaras inox de ozônio aliada ao uso de compressor com maior vazão, são pontos que poderiam vir a aumentar a taxa de ozônio gerado.

Tendo em vista que dos parâmetros de análises no presente estudo foi o pH, conclui-se que os dados levantados com as amostras tratadas seguem um comportamento após o ciclo de ozonização de queda na alcalinidade, obtendo uma solução na faixa neutra de pH. Por toda via o pH, juntamente com o ozônio, contém uma instabilidade grande ao longo do tratamento, tendo isso em vista pode-se buscar metodologias e equipamentos mais adequados em análise para este parâmetro, sendo uma possibilidade de contratar um laboratório especializado em análises de água para realizar tais análises.

Com o foco na redução da concentração dos corantes das amostras estudadas, é possível concluir por meio dos resultados de absorvância, que houve a redução de concentração das mesmas, sendo satisfatório a pesquisa realizada. Os dados da absorvância explanam-se também que a cor azul indiferente ao tipo de corante, têxtil ou alimentício, possui uma degradação mais alta, em relação à cor vermelha, uma vez que ambas amostras foram expostas ao mesmo ciclo de tempo no processo de ozonização. Portanto, para os corantes que possuíam uma degradação mais lenta pode-se considerar modificações no protótipo já mencionadas ou acréscimo ao ciclo de ozonização.

REFERÊNCIAS

ABIT. **Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção**, disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/quemsomos>, acesso em 25/4/2021.

CASTILHOS, S. **Emprego de Ozonização para o Tratamento de Efluentes Têxtil**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, p. 55. 2015.

EATON, A. D. et al. **Standard methods for examination of water and wastewater**, 20th Ed., American Public Health Association, Washington DC, 2000.

FRANCO, D.V. (2005). “Investigação da eficiência da degradação oxidativa por via direta e indireta de corantes empregados na indústria têxtil com ozônio gerado eletroquimicamente”. Uberlândia. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia. 110pp.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. D.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v.25, n.1, p.78-82, 2002.

LOPES, M. S. **Remoção do fármaco ácido mefenâmico em água via oxidação por cloro e por ozônio**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, p. 10-23. 2016.

ROBINSON, T.; MCMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIGAM, P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v.77, n.3, p.247- 255, 2001

MAHMOUD, Amira; FREIRE, Renato S.. **Métodos emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de águas contaminadas**. Quím. Nova, São Paulo v. 30, n. 1, p. 198-205, fev. 2007, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100032&lng=pt&nrm=iso, acessos em 25/4/2021.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes Têxteis: Uma Revisão. **Holos**, v. 29, n. 5, p. 98-106, Janeiro 2013. Acesso em 28/4/2021.

SCHIAVON, G. J. et al. **Projeto e Análise de um Sistema Gerador de Ozônio para Remoção de Cor de Efluente Têxtil**. **Revista Ciência e Tecnologia**, [S.l.], v. 16, n. 28/29, jan 2014. ISSN 2236-6733, disponível em: <http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/297>, acesso em 16/4/ 2021.

SNATURAL & NATURALTEC LTDA. **Ozônio – Desinfecção de Água e Efluentes – Tratamento com Ozônio**, disponível em: <https://www.snatural.com.br/ozonio-tratamento-agua-desinfeccao-efluentes/>, acesso em 25/04/2021.



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2022

