

DANYELLE ANDRADE MOTA  
(Organizadora)

# ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3



DANYELLE ANDRADE MOTA  
(Organizadora)

# ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3



**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-NãoDerivativos 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



## Engenharias: criação e repasse de tecnologias 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Danyelle Andrade Mota

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: criação e repasse de tecnologias 3 /  
Organizadora Danyelle Andrade Mota. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0506-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.061220509>

1. Engenharia. 2. Tecnologia. I. Mota, Danyelle Andrade  
(Organizadora). II. 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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

A engenharia é uma ciência que utiliza de conhecimentos e estudos técnicos e científicos com o intuito de criar e otimizar novas ferramentas, métodos, processos, desenvolver novas tecnologias, corrigir falhas nos procedimentos ou produtos. Sua abrangência envolve todas as áreas de atuação humana, e é um dos pilares do desenvolvimento tecnológico, social e econômico da sociedade.

Pode-se dizer que a engenharia é um sinônimo de desenvolvimento e um dos principais pilares para o setor industrial. Logo, entender os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa desta área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria continua de processos.

A coleção “ENGENHARIAS: CRIAÇÃO E REPASSE DE TECNOLOGIAS 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica de forma interdisciplinar com trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Engenharias e áreas afins. O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa.

Na presente obra são apresentados 15 trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química, ambiental, dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril e empreendedor. Destaca-se ainda a busca da redução de custos, sustentabilidade, melhoria continua e otimização de processos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros. Agradeço aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, e juntos, convidamos os leitores para desfrutarem as publicações.

Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA REVISÃO CONTEXTUAL**

Brenda Leal Mota Santos  
Renato Santos Freire Ferraz  
Patrick Laurient Cardoso Silva  
Fábio Vincenzi Romualdo da Silva  
Adjeferson Custódio Gomes  
Rafael Rodrigues de Queiroz Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205091>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **REMOÇÃO DE COR E TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL A PARTIR DE CIANOBACTÉRIAS**

Sílvia Mariana da Silva Barbosa  
Marcella Vianna Cabral Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205092>

### **CAPÍTULO 3..... 21**

#### **A APLICAÇÃO DE *ANALYTIC NETWORK PROCESS* - ANP EM LOGÍSTICA REVERSA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

Jovani Patias  
Leoni Pentiado Godoy  
Murilo Sagrillo Pereira  
Bruno Miranda dos Santos  
Cyro Rei Prato Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205093>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE PERDA DE ÁGUA NUM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Diênifer Calegari Leopoldino Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205094>

### **CAPÍTULO 5..... 51**

#### **DESENVOLVIMENTO DE SURFACTANTE COM VISCOSIDADE ADAPTÁVEL PARA AUMENTAR A EXTRAÇÃO DE ÓLEO NA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO**

Laura Procópio Maia Furbino  
Edilailsa Januário de Melo  
Rogério Alexandre Alves de Melo  
José Izaquiel Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205095>

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>62</b>
USO DE SENSOR PIEZOELÉTRICO NA DETERMINAÇÃO DO ATRASO DE IGNIÇÃO EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO DO CICLO DIESEL	
Márcio Andrade Rocha Lesso Benedito dos Santos Carlos A. Cabral Santos Jefferson W. de M. Mendonça	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205096">https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205096</a>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>68</b>
APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Augusto Cury Braff	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205097">https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205097</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>82</b>
REVISÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE VIGAS MISTAS CONCRETO/MADEIRA	
Guilherme Barbosa Vieira Thyago Camelo Pereira da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205098">https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205098</a>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>105</b>
DESENVOLVIMENTO DE TEAR PLANO MODULAR IMPRESSO EM 3D PARA PRODUÇÃO DE TECIDOS DE PEQUENA LARGURA	
Matheus da Silva Rodrigues Fabia Regina Gomes Ribeiro Daniel Perdigão Lobato Liliana de Luca Xavier Augusto Leandro da Silva Pereira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205099">https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205099</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>111</b>
FATIGUE PROPERTIES OF COMBINED FRICTION STIR AND ADHESIVELY BONDED AA6082-T6 OVERLAP JOINTS	
Ricardo Maciel Tiago Bento Daniel F.O. Braga Lucas F.M. da Silva Pedro M.G.P. Moreira Virgínia Infante	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050910">https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050910</a>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>128</b>
MINIMIZAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE OPERADORES POR MEIO DE AGRUPAMENTO DE FERRAMENTAIS EM ARRANJOS FÍSICOS POSICIONAIS	
Chin Yung Shih	

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050911>

**CAPÍTULO 12..... 149**

MÓDULO ELETRÔNICO SINTETIZADO SEM FIO, PARA BATERIA ELETRÔNICA, ATRAVÉS DA COMUNICAÇÃO WI-FI DO ESP32

Paulo César do Nascimento Cunha  
Afonso Pereira Barros  
Gabriel Vinícius de Souza Bispo  
José Irineu Ferreira Júnior  
Jarlisson José de Lira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050912>

**CAPÍTULO 13..... 158**

APLICAÇÕES DO DESIGN INSTRUCIONAL NA DISCIPLINA DE DESENHO: MÉTODOS DE ENSINO CONTEXTUALIZADOS PARA O ENSINO MÉDIO

José Rodolfo Ribeiro Tavares  
Giselle Aparecida de Sousa Araujo  
Isabel Barros Fiaux dos Santos  
Luciene Maria de Souza Zanardi  
Maria Cecília da Silva Barbosa  
Paulo Roberto Boldarini Regini  
Yasmim Carolino Bora Marinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050913>

**CAPÍTULO 14..... 173**

QUESTÕES NORTEADORAS PARA ESTUDO DE USABILIDADE EM POLÍTICAS DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO EM VSEs

André Rivas  
Ivanir Costa  
Nilson Salvetti  
Marcos Vinícius da Silva Messias  
Osmair Mendes Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050914>

**CAPÍTULO 15..... 185**

O EMPREENDEDORISMO FEMININO E SUAS PRINCIPAIS VERTENTES

Isadora dos Santos Raposo  
Maurício Guerreiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050915>

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 190**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 191**

## REMOÇÃO DE COR E TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL A PARTIR DE CIANOBACTÉRIAS

Data de aceite: 01/09/2022

Data de submissão: 08/07/2022

### Sílvia Mariana da Silva Barbosa

Sanvale Soluções Ambientais

Petrolina – PE

<http://lattes.cnpq.br/6897701912860507>

### Marcella Vianna Cabral Paiva

Companhia Pernambucana de Saneamento

(COMPESA)

Petrolina – PE

<http://lattes.cnpq.br/2866768055235663>

**RESUMO:** Dentre os corantes sintéticos, 70% são utilizados no tingimento de peças têxteis, dos quais destacam-se os do tipo azo (VAN DER ZEE, 2002). Estes têm em sua estrutura química um ou mais grupos azo ( $-N=N-$ ), ligados a anéis benzênicos ou naftalenos, podendo conter elementos e diversas funções químicas, como cloro ( $-Cl$ ), metil ( $-CH_3$ ), nitro ( $-NO_2$ ), amina ( $-NH_2$ ), hidroxila ( $-OH$ ), carboxila ( $-COOH$ ) e sulfonato ( $-SO_3H$ ). Este último grupo é o mais comum, o que define o corante como um azo sulfonado. Os grupos sulfônicos quando ligados a aminas aromáticas, aumentam o caráter xenobiótico do composto, e a presença de unidades aniônicas fortemente carregadas impede sua passagem através da membrana celular bacteriana, dificultando a sua degradação (VAN DER ZEE, 2002). Os efluentes têxteis, embora apresentem cor elevada, foram escolhidos para compor este trabalho, pelo

fato de conter concentrações consideráveis de nutrientes mesmo após seu tratamento. Além disso, a possibilidade de remoção de substâncias recalcitrantes e toxicidade por meio de microalgas e cianobactérias foram também consideradas nessa escolha, visto que seu descarte no meio ambiente, mesmo depois de tratado por vias físico-químicas, eletroquímicas, ou mesmo biológicas, ainda é motivo de preocupação. Cepas suspensas e imobilizadas de *O. tennuis*, foram utilizadas, passando por um processo de adaptação à ambiente salobro, aproximadamente 3%, compostas por sais de bicarbonato de sódio, cloreto de sódio e sulfato de sódio na proporção 1:0,7:1,4:1. O corante azo *Direct Black 22* (DB22) foi usado na composição sintético e a este foi adicionado a glicose como fonte de carbono. Reatores em batelada foram utilizados sendo aplicados 05 diferentes condições para prover diferentes vias metabólicas às cepas. A cianobactéria *O. tennuis*, teve um melhor desempenho, em termos de remoção de toxicidade (cor e sulfatos), quando suspensa em cultivo, e utilizando glicose como fonte de C e metabolismo autotrófico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de efluente têxtil, cianobactérias, efluente sintético.

### COLOR AND TOXICITY REMOVAL OF TEXTILE WASTEWATER FROM CYANOBACTERIA

**ABSTRACT:** Among the synthetic dyes, 70% are used in the dyeing of textiles, of which the azo type stand out (VAN DER ZEE, 2002). These have in their chemical structure one or more azo groups ( $-N=N-$ ), linked to benzene or naphthalene rings,

and may contain elements and various chemical functions, such as chlorine (-Cl), methyl (-CH<sub>3</sub>), nitro (-NO<sub>2</sub>), amine (-NH<sub>2</sub>), hydroxyl (-OH), carboxyl (-COOH) and sulfonate (-SO<sub>3</sub>H). This last group is the most common, which defines the dye as a sulfonated azo. The sulfonic groups, when linked to aromatic amines, increase the xenobiotic character of the compound, and the presence of strongly charged anionic units prevents its passage through the bacterial cell membrane, hindering its degradation (VAN DER ZEE, 2002). Textile effluents, although they have a high color, were chosen to compose this report, because they contain considerable concentrations of nutrients even after their treatment. In addition, the possibility of removing recalcitrant substances and toxicity by means of microalgae and cyanobacteria were also considered in this choice, since their disposal in the environment, even after being treated by physicochemical, electrochemical, or even biological means, is still cause for concern. Suspended and immobilized strains of *O. tennuis* were used, undergoing a process of adaptation to the brackish environment, approximately 3%, composed of sodium bicarbonate salts, sodium chloride and sodium sulfate in a 1:0 ratio, 7:1,4:1. The azo dye Direct Black 22 (DB22) was used in the synthetic composition and glucose was added as a carbon source. Batch reactors were used and 05 different conditions were applied to provide different metabolic pathways to the strains. The cyanobacterium *O. tennuis* had a better performance, in terms of removal of toxicity (color and sulfates), when suspended in culture, and using glucose as a source of C and autotrophic metabolism.

**KEYWORDS:** Textile wastewater treatment, Cyanobacteria, Synthetic wastewater.

## 1 | INTRODUÇÃO & OBJETIVOS

Recentemente, tem-se avaliado o grande potencial atribuído a um grupo de organismos fotossintetizantes: as cianobactérias. Espécies do grupo *Nostoc*, *Anabaena* e *Oscillatoria*, são as que mais tem sido estudadas para diferentes propósitos, tais como o tratamento de efluentes contendo substâncias de difícil degradação, tais como os efluentes têxteis (DELLAMATRICE *et al.*, 2017). Esses organismos, quando cultivados de modo controlado, podem atuar como poderosos agentes de descontaminação de ambientes poluídos, visto que se podem adaptar, consumir e degradar uma grande variedade de compostos recalcitrantes (SUBASHCHANDRABOSE *et al.*, 2011).

Nos efluentes têxteis, são encontrados sais, sulfatos e corantes sintéticos, que lhe atribuem cor e toxicidade. Estes são geralmente obtidos a partir do carvão mineral e produtos petroquímicos. Normalmente são compostos aromáticos e heterocíclicos, podendo formar mais de 500 intermediários durante o processo de degradação, por vezes mais tóxicos que os próprios corantes, por exemplo, aminas aromáticas, composto altamente carcinógeno (UNNITHAN *et al.*, 2014).

Efluentes têxteis ainda contém altas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), portanto, antes do lançamento nos corpos receptores, eles devem receber um tratamento complementar, para reduzir suas concentrações a níveis de lançamento prescritos por legislações ambientais. Neste contexto, tem sido amplamente estudado espécies de microalgas que podem crescer satisfatoriamente em condições onde o

nitrogênio e fósforo estão em altas concentrações, comuns a muitas águas residuais (ARBIB et al., 2012). O cultivo de microalgas nestes efluentes é explorado não apenas para remover estes nutrientes e o dióxido de carbono gerado no tratamento de águas residuais, mas também para a produção de biomassa microalgal, a qual pode acumular lipídeos, essencial para a produção de biodiesel (UNNITHAN et al., 2014).

Dentre os corantes sintéticos, 70% são utilizados no tingimento de peças têxteis, dos quais destacam-se os do tipo azo (VAN DER ZEE, 2002). Estes têm em sua estrutura química um ou mais grupos azo ( $-N=N-$ ), ligados a anéis benzênicos ou naftalenos, podendo conter elementos e diversas funções químicas, como cloro ( $-Cl$ ), metil ( $-CH_3$ ), nitro ( $-NO_2$ ), amina ( $-NH_2$ ), hidroxila ( $-OH$ ), carboxila ( $-COOH$ ) e sulfonato ( $-SO_3H$ ). Este último grupo é o mais comum, o que define o corante como um azo sulfonado. Os grupos sulfônicos quando ligados a aminas aromáticas, aumentam o caráter xenobiótico do composto, e a presença de unidades aniônicas fortemente carregadas impede sua passagem através da membrana celular bacteriana, dificultando a sua degradação (VAN DER ZEE, 2002).

Bactérias anaeróbias em sua maioria não conseguem degradar naftalenos sulfonados, ou o degradam de forma incompleta. O grupo sulfônico, como substituinte em aromáticos, raramente ocorre na natureza, o que torna estes compostos resistentes a biodegradação. Estes compostos são particularmente perigosos, por serem mutagênicos, teratogênicos e carcinógenos, e sua eliminação total é de grande importância (NÖRTEMANN et al., 1986; PEREI et al., 2001).

Os resultados obtidos com estudos recentes empregando cianobactérias para remoção de cor, tem sido satisfatórios. Além da cor, ainda possível promover a remoção da toxicidade desses efluentes, atribuída pelos compostos sulfonados presentes nos corantes. Dellamatrice *et al.*, (2017), avaliaram a degradação de 3 diferentes corantes presentes em um efluente a partir do metabolismo dos gêneros de cianobactérias *Anabaena*, *Phormidium* e *Chococcus* sp, e constataram que a degradação dos corantes e a remoção de toxicidade foi equivalente ao de um sistema de tratamento aeróbio-anaeróbio. Assim, conclui-se que o uso de cianobactérias no tratamento terciário de efluentes contendo compostos recalcitrantes é uma opção promissora, e de baixo custo, podendo ser considerada uma opção sustentável de tratamento de efluentes.

Dentro desse contexto, o presente estudo visa otimizar a produtividade de cianobactérias, cultivando-as em esgoto têxtil em escala de laboratório, sob o efeito de fatores, físicos, químicos e biológicos com o objetivo de remover cor e toxicidade do efluente.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Adaptação das cianobactérias em ambiente salobro

As cepas da cianobactéria *Oscillatoria tenuis*, espécie utilizada para tratar efluentes da indústria têxtil, passaram por um processo de adaptação à ambiente salobro antes do cultivo inicial, uma vez que a salinidade destes efluentes é alta, aproximadamente 3‰. O processo de adaptação foi realizado por um período de 14 dias, nos quais, soluções salinas com diferentes concentrações, compostas por sais de bicarbonato de sódio, cloreto de sódio e sulfato de sódio na proporção 1:0,7:1,4:1, a mesma encontrada nos efluentes de indústrias têxteis, foram adicionadas gradativamente no meio de cultivo com as cepas, até o ambiente alcançar concentração próxima a 4‰.

### 2.2 Imobilização das cianobactérias

Com o objetivo de otimizar o tratamento de efluentes têxteis foi avaliada se a sua disposição celular no meio de cultivo influenciava de modo positivo ou negativo no objetivo proposto. Para isto, as células da cianobactéria foram dispostas no meio em suspensão e imobilizadas em alginato de sódio. Para imobilizar as células da cianobactéria, foi preparada uma solução de alginato de sódio a 4%, a qual foi autoclavada e misturada ao inóculo das cianobactérias na proporção de 1:1. Os *beads* foram formados com auxílio de uma pipeta volumétrica de 25 mL, ajustada para gotejar a solução dentro de um béquer contendo solução de cloreto de cálcio 0,4M sob agitação.

### 2.3 Cultivo de cianobactérias em efluente têxtil sintético

Efluente sintético com composição similar ao do efluente têxtil industrial foi utilizado no experimento. Neste, buscou-se avaliar o potencial da cianobactéria *Oscillatoria tenuis*, previamente adaptada à ambiente salobro, em tratar efluente da indústria têxtil, removendo cor e toxicidade; e acumular lipídeos intracelular para produção de biodiesel. O corante azo *Direct Black 22* (DB22), adquirido da Exatacor Araquímica Indústria e Comércio de Corantes, foi definido para compor o efluente têxtil sintético. Este foi selecionado por ser um dos corantes mais utilizados nas indústrias de tingimento de jeans da região do Agreste de Pernambuco, sua complexa estrutura química, na qual estão presentes 4 ligações azo, o que lhe confere alta recalcitrância, assim como os subprodutos formados na sua degradação, dos quais destaca-se as amins aromáticas, e também por ser objeto de estudo de diversas pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Saneamento Ambiental da UFPE (AMARAL *et al.*, 2015; AMORIM *et al.*, 2013; dos SANTOS, 2005; MARCELINO, 2017). Ao efluente, foi adicionado glicose como fonte de carbono para as cianobactérias. A adição da glicose seguiu metodologia descrita por AMORIM *et al.*, 2013. Também foram adicionados uma solução de macro nutrientes descrita por Florêncio *et al.* 1993 e micronutrientes por Perendeci *et al* 2013. Ao final, montou-se 5 reatores nas seguintes condições:

Reatores	Conteúdo	Fonte de Carbono	Fotoperíodo
R1	Efluente têxtil, cianobactéria imobilizada, luz e ar	Glicose	Contínuo
R2	Efluente têxtil, cianobactéria suspensa luz e ar	Glicose	Contínuo
R3	Efluente têxtil e ar	Glicose	Contínuo
R4	Efluente têxtil luz e ar	Glicose	Contínuo
R5	Efluente têxtil e luz	Glicose	Contínuo

Tabela 1: Montagem dos reatores para avaliação da remoção de cor e toxicidade.

## 2.4 Avaliação da remoção de cor e toxicidade

Para avaliar a remoção de cor, o efluente foi submetido a análise colorimétrica com uso de espectrofotômetro, e a análise de sulfetos foi realizada para verificar a remoção de toxicidade.

## 3 | RESULTADOS & DISCUSSÃO

### 3.1 Remoção de cor e toxicidade (sulfatos)

A partir de uma análise geral dos resultados, é possível observar que houve uma considerável remoção de cor e sulfetos no meio contendo cianobactérias. A remoção de sulfatos no meio, foi atribuída a fatores abióticos, visto que sua redução foi observada em todos os reatores (com e sem cianobactérias) e numa mesma proporção. A redução de sulfato no meio, foi atribuída a uma adesão do composto nas paredes do reator, juntamente com o corante. Os picos observados nas curvas de decaimento de sulfato podem estar relacionada a períodos em que houve o desprendimento de sulfato das paredes dos reatores, sendo assim detectado na análise.

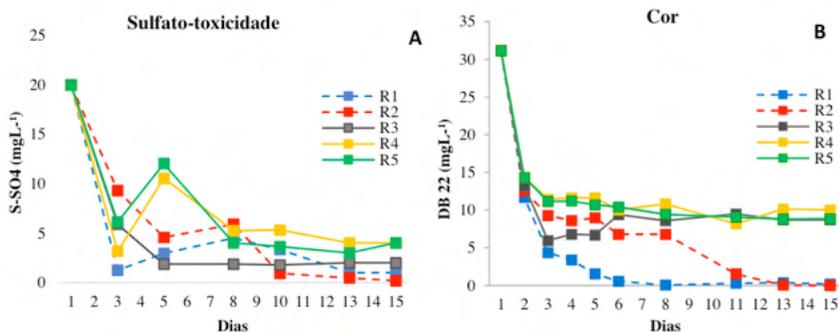


Figura 1. Perfil de decaimento de toxicidade, (sulfato) (A) e cor do efluente têxtil (B).

Para que o sulfato pudesse se tornar-se insolúvel, possivelmente houve uma ligação a algum composto (por exemplo  $\text{Ca}^+$ ) presente nos nutrientes adicionados ao reator para crescimento da cianobactéria. Como não houve uma condição anaeróbia no reator, e nem a presença de bactérias (visto que todos os elementos adicionados ao reator foram produzidos com água autoclavada) não deve se considerar a hipótese de redução do sulfato a sulfeto, e deste a enxofre elementar.

Observando o gráfico B, nota-se uma rápida e efetiva redução do corante em todos os reatores contendo o efluente têxtil. Nos dois primeiros dias de experimento, a drástica redução de cor no efluente, deveu-se principalmente à aderência do corante às paredes e mangueiras internas dos reatores, assim como também foi observado no recipiente de preparo do efluente têxtil sintético, poucas horas após seu preparo. O indicativo de remoção de corante devido à sua aderência nas paredes do recipiente de preparo é também observada pela concentração inicial indicada no dia 0, onde nota-se perdas significativas (tendo em vista que a concentração de preparo foi de  $35 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Sendo assim, considerou-se que nos primeiros dias, a remoção de corante do efluente foi de natureza física, podendo não ter havido neste período, participação biológica efetiva. Esta conclusão é válida, pelo fato de haver uma repetição deste fenômeno em todos os reatores contendo efluente têxtil, independente do seu contato com micro-organismos.

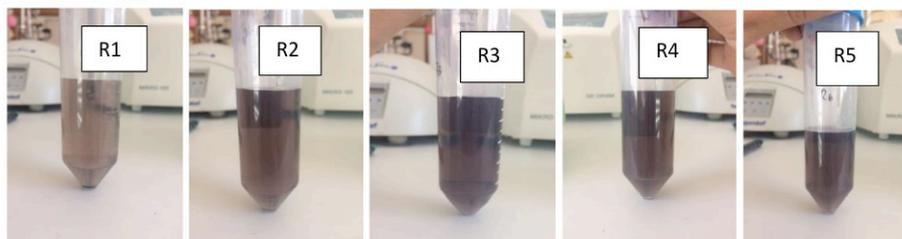


Figura 2: Coloração de efluentes nos diferentes reatores no 1º dia de experimento.

Marcelino (2015), comenta um fato semelhante em seu estudo, onde observou um considerável decaimento da concentração de DB 22, logo nas primeiras horas após o *start-up* dos sistemas biológicos de tratamento, sendo este fato, também associado à aderência do corante às paredes do reservatório do efluente bombeado ao sistema. Dessa forma, considera-se a participação biológica ou de qualquer outra natureza, somente após o segundo dia de experimento (nas duas fases operacionais) pelo fato de também ter havido tal remoção nos reatores que não continham microalgas (suspensas ou imobilizadas) nas primeiras horas, e na mesma proporção.

Constatou-se a presença de pequenas partículas de alginato que foram desprendidas dos beads no fundo reator. Essas partículas continham pequenos grumos de corante associados, levando a crer que a presença de alginato no reator, foi um fator que contribuiu

na redução de cor do efluente do reator R1. Já no reator R2, foi observada a incorporação do corante aos filamentos de células de *Oscillatoria tenuis*, à medida que a biomassa crescia e formavam filamentos ligados às mangueiras e estruturas internas do reator. A descoloração do efluente contendo cianobactéria suspensa, pode ser associado a uma efetiva adsorção do corante à sua parede celular. Por meio do metabolismo, algumas espécies são capazes de promover essa adsorção, a depender de aspectos da biologia da espécie, tais como taxas de crescimento, e estrutura celular. Estruturas filamentosas completamente negras foram observados a partir do terceiro dia de cultivo, quando os primeiros filamentos celulares começaram a se formar. Delamatrice *et al* (2017) comentam em seu estudo, que a cianobactéria filamentosa do gênero *Phormidium*, foi capaz de reduzir 91% corante índigo blue presente no efluente têxtil, mas foi incapaz de descolorir o efluente contendo o corante sulphur black e o RBBD (Remazol Brilliant Blue). Já espécies do gênero *Anabaena*, foram capazes de promover descoloração parcial de efluente têxtil contendo corantes negros. Os autores utilizaram reatores aerados, sob regime de iluminação contínua e utilizando como fonte de carbono o amido tipicamente encontrado no efluente.

Algumas pesquisas tem comprovado a eficiência do uso de cianobactérias na degradação de contaminantes persistentes. Cáceres *et al.*, (2008a), comentam que a estrutura de diversos poluentes, podem sofrer transformações a partir do uso de cianobactérias para seu tratamento. Os autores observaram transformações na estrutura química de diversos compostos de difícil degradação, tais como pesticidas organofosforados. Posteriormente, tanto os pesticidas como seus metabólitos, foram encontrados bioacumulados nas paredes celulares das espécies de cianobactérias, comprovando a degradação e acumulação desses compostos pelos organismos Cáceres *et al.*, (2008b). Dessa forma, pode-se dizer que a eficiência da descoloração por meio de cianobactérias em efluentes têxteis contendo corantes, vai depender da estrutura do corante e da biologia de cada espécie aplicada para este fim.

## 4 | CONCLUSÕES

A cianobactéria *O. tenuis*, teve um melhor desempenho, em termos de remoção de cor e sulfatos, quando suspensa em cultivo, e utilizando glicose como fonte de C e metabolismo autotrófico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Biotecnologia Akdeniz Universitesi, Antalya Turquia, ao Laboratório de Saneamento Ambiental LSA – UFPE, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao projeto Swindon-Exceed (DAAD).

## REFERÊNCIAS

1. AMARAL, F. M. Remoção de corante azo em sistemas de reator anaeróbio/aeróbio e em reator UASB micro-aerado. 101 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2015.
2. AMORIM, S. M.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Influence of redox mediators and electron donors on the anaerobic removal of color and chemical oxygen demand from textile effluent. *Clean – Soil, Air, Water*, 41(9): 928–933, 2013.
3. CÁCERES, T, MEGHARAJ, M.; NAIDU, R. Biodegradation of the pesticide fenamiphos by ten different species of green algae and cyanobacteria. *Curr Microbiol.* [s.l.], v.57, p.643–6. 2008a.
4. DELLAMATRICE, P. M., SILVA-STENICO, M. E., MORAES, L. A. B. DE, FIORE, M. F., & MONTEIRO, R. T. R. Degradation of textile dyes by cyanobacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*, 48(1), 25–31. 2017.
5. DOS SANTOS, A. B. Reductive decolourisation of dyes by thermophilic anaerobic granular sludge. 176 p. Tese (Pós-doutorado). Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2005.
6. MARCELINO, D.; TEIXEIRA, G.; ZAIAT, M.; GAVAZZA, S. Textile effluent treatment by sequential horizontal-flow immobilized sludge reactors. 13th World Congress on Anaerobic Digestion, IWA, Santiago de Compostela, Spain, 2013.
7. SUBASHCHANDRABOSE, Suresh R. et al. Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria: Biotechnological potential. **Biotechnology Advances**, [s.l.], v. 29, n. 6, p.896-907, nov. 2011.
8. UNNITHAN, VEENA V.; UNC, ADRIAN; SMITH, GEOFFREY B. Role of Nannochloropsis salina for the recovery and persistence of MS2 virus in wastewater. **Algal Research**, [s.l.], v. 4, p.70-75, abr. 2014.
9. VAN DER ZEE, F. P. Anaerobic azo dye reduction. 142p. Tese (Doutorado) - Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 2002.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácido polilático 105, 106  
Adhesive joints 111, 124, 125, 127  
Análise de vibração 62  
Arranjo físico posicional 128, 129, 130, 131  
Atraso de ignição 62, 63, 64, 65, 66, 67

### B

Bateria eletrônica 149, 150, 151, 152, 155, 157  
Biomassa 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 19

### C

Cianobactérias 13, 14, 15, 16, 17, 19  
Concreto 68, 69, 73, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 103, 104  
Construção civil 68, 69, 73, 78, 80, 81, 82, 104

### D

Desenho geométrico 158, 159, 160, 162, 163, 172  
Distribuição de água 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 47, 48, 49, 50

### E

Economia 34, 59, 78, 163, 180, 183, 185, 188  
Educação 146, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 171, 172, 185, 187  
Efluente sintético 13, 16  
Empreendedorismo 185, 186, 187, 188, 189  
Estruturas mistas 82, 83, 84, 86, 88, 94, 103, 104

### F

Fluido 51, 53, 55, 60  
Friction stir welding 111, 115, 122, 126, 127

### G

Gesso 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

### I

Impressora 3D 105, 106, 108, 110

## **L**

Logística reversa 21, 22, 23, 26, 30, 31, 32

## **M**

Macromedição 36

Madeira 6, 8, 69, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Matriz energética 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10

Micromedição 36

Música 149, 150, 151, 157

## **O**

Otimização 128, 143

## **P**

Planejamento estratégico 2, 185

Plano de negócio 179

Proteção 4, 72, 77, 85, 174, 175, 176

## **R**

Reaproveitamento 78, 80

Recuperação avançada de petróleo 51, 52

Reservatório 18, 51, 52, 55

## **S**

Segurança da informação 173, 174, 175, 176, 181, 182, 183, 184

Segurança estrutural 82

Sensor piezoelétrico 62, 63, 64, 65, 66

Sistema de ligação 82, 83, 85, 86, 90, 92, 94, 101, 103

Sustentabilidade 11, 21, 22, 68, 78, 80

## **T**

Tear modular 107, 110

Tecnologia 7, 19, 68, 69, 81, 105, 106, 110, 125, 149, 150, 151, 152, 158, 159, 160, 162, 164, 170, 171, 175, 176, 177, 182, 183, 184, 190

Tensoativo 51, 53

Toxicidade 13, 14, 15, 17, 106

Tratamento de efluente 13

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

# ENGENHARIAS:

## Criação e repasse de tecnologias 3



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIAS:

## Criação e repasse de tecnologias 3

