



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

Filipe Alves Coelho  
Iara Lúcia Tescarollo  
Vicente Idalberto Becerra Sablon  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



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

Filipe Alves Coelho  
Iara Lúcia Tescarollo  
Vicente Idalberto Becerra Sablon  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
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  
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Filipe Alves Coelho  
Iara Lúcia Tescarollo  
Vicente Idalberto Becerra Sablon

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia moderna [recurso eletrônico] : soluções para problemas da sociedade e da indústria / Organizadores Filipe Alves Coelho, Iara Lúcia Tescarollo, Vicente Idalberto Becerra Sablon. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-446-7  
DOI 10.22533/at.ed.467202809

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Coelho, Filipe Alves. II. Tescarollo, Iara Lúcia. III. Sablon, Vicente Idalberto Becerra.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

### Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Enquanto esta obra era produzida, a humanidade via-se diante de uma de suas maiores crises recentes: a pandemia do novo coronavírus. Este cenário escancarou a importância da ciência como ferramenta e um dos pilares da evolução da sociedade. Ao lado da ciência, a engenharia implementa o conhecimento desenvolvido na forma de produtos e serviços, tornando real e sustentável o conhecimento científico.

Sem dúvida, o que tornou possível verdadeiras revoluções na ciência e na engenharia foram os conhecimentos desenvolvidos na interface entre distintas áreas do conhecimento. As ciências biológicas e a engenharia ambiental produziram equipamentos para tratamento de efluentes empregando microrganismos. A computação e a engenharia de processos permitem que um funcionário monitore e controle uma fábrica mesmo estando a quilômetros de distância. A medicina, física e engenharia elétrica produzem equipamentos que enxergam o interior do corpo humano em alta resolução.

Neste sentido, esta obra é uma coletânea de trabalhos de professores cientistas e engenheiros, com vasto conhecimento em suas áreas de atuação, que destaca como a ciência e a tecnologia são empregadas para resolver problemas da sociedade. Em comum, além dos esforços para tornar a sociedade e a indústria mais sustentáveis, está o fato de todos os trabalhos terem sido desenvolvidos na cidade de Campinas ou em cidades próximas.

A multidisciplinaridade presente nesta obra é reflexo de um trabalho em construção no sentido de agregar o conhecimento acumulado e condensá-lo em produtos e serviços ou mesmo um fim em si, visando informar a sociedade de que temos pesquisa de boa qualidade sendo feita no Brasil.

Com o compromisso de incentivar a pesquisa acadêmica, divulgar e disseminar o conhecimento, a Editora Atena, através dessa obra, traz um rico material pelo qual será possível atender aos anseios daqueles que buscam ampliar seus estudos nas temáticas aqui abordadas. Boa leitura!

Dilnei Giseli Lorenzi  
Pró-Reitor de Ensino Pesquisa e Extensão  
Universidade São Francisco  
Filipe Alves Coelho  
Iara Lúcia Tescarollo  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Organizadores

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **GENERAL ASPECTS OF TELEMEDICINE: FROM EMERGENCE TO USE IN THE COVID PANDEMIC 19**

Ana Carolina Borges Monteiro

Reinaldo Padilha França

Giulliano Paes Carnielli

Yuzo Iano

Rangel Arthur

**DOI 10.22533/at.ed.4672028091**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **DISAGGREGATION OF LOADS IN THE SMART GRID CONTEXT**

Jézer Oliveira Pedrosa

Júlio Cesar Pereira

Ana Carolina Borges Monteiro

Reinaldo Padilha França

Yuzo Iano

Rangel Arthur

**DOI 10.22533/at.ed.4672028092**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO EDINÂMICA MOLECULAR**

Fábio Andrijauskas

Glaucilene Ferreira Catroli

**DOI 10.22533/at.ed.4672028093**

### **CAPÍTULO 4..... 39**

#### **DISPOSITIVO PARA AUXÍLIO À PESSOAS COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA**

Vicente Idalberto Becerra Sablon

Bruno Penteado Evangelista

Annete Silva Faesarella

**DOI 10.22533/at.ed.4672028094**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **FATURAMENTO PRÉ-PAGO DE ENERGIA ELÉTRICA: PANORAMA DA MODALIDADE E ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA BRASILEIRA**

Annete Silva Faesarella

Amanda de Oliveira Ferri

Ednan Ferreira da Silva

Vicente Idalberto Becerra Sablon

**DOI 10.22533/at.ed.4672028095**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>66</b>
EXPRESSÕES ANALÍTICAS DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO NO DOMÍNIO DO TEMPO PROVOCADO POR TRANSITÓRIOS DE CORRENTE ELÉTRICA	
Geraldo Peres Caixeta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4672028096</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>83</b>
DESEMPENHO DE MICRORREACTORES FABRICADOS POR MANUFATURA ADITIVA EM REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO DO ACETATO DE ETILA	
Katherine Oliveira Alves	
Vanessa de Souza Rocha	
Filipe Alves Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4672028097</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>95</b>
AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO E ENVELHECIMENTO ACELERADO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NA BLENDAS PBAT/TPS	
Fernanda Andrade Tigre da Costa	
Marcelo Augusto Gonçalves Bardi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4672028098</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>116</b>
ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DA PRATA SOLÚVEL EM EFLUENTES UTILIZANDO FIBRA DE COCO IN NATURA E ATIVADA	
Jaqueline Cristina de Souza	
Núbia de Moura Dias Sousa	
Pollyanna Oliveira Coutinho	
Danielle Matias Rodrigues	
Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena	
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4672028099</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>137</b>
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EMULSIONADOS FORMULADOS COM ÓLEO DE BURITI	
Jeane Caroline Oliveira	
Ludmila de Oliveira Maia	
Iara Lúcia Tescarollo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46720280910</b>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>152</b>
EMBALAGEM CARTONADA: METODOLOGIA PARA SEPARAÇÃO E RECICLAGEM DE SEUS COMPONENTES	
Mayara Elizabeth Pereira	
José Fernando Marin Junior	
Roberta Martins da Costa Bianchi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46720280911</b>	

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>168</b>
<b>DESAFIOS DA DRENAGEM URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO</b>	
Ana Caroline Ross Mateo	
Angélica Sampaio dos Santos	
Renata Lima Moretto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46720280912</b>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>180</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE FILTRAÇÃO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIBEIRINHOS</b>	
Gabriela Consoline Pires	
Liliani Alves da Silva	
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.46720280913</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>192</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>194</b>

# CAPÍTULO 9

## ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DA PRATA SOLÚVEL EM EFLUENTES UTILIZANDO FIBRA DE COCO IN NATURA E ATIVADA

*Data de aceite: 26/08/2020*

### **Jaqueline Cristina de Souza**

Universidade São Francisco  
Campinas - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0551575601539901>

### **Núbia de Moura Dias Sousa**

Universidade São Francisco  
Campinas - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/8352114264735410>

### **Pollyanna Oliveira Coutinho**

Universidade São Francisco  
Campinas - São Paulo

### **Danielle Matias Rodrigues**

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp  
Campinas – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7484531764653005>

### **Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena**

Universidade São Francisco  
Bragança Paulista - São Paulo

### **André Augusto Gutierrez Fernandes Beati**

Universidade São Francisco  
Campinas - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/1511136460506757>

**RESUMO:** Sendo a maior parte dos resíduos industriais contaminados, os metais pesados são elementos altamente tóxicos, por isso é necessário um tratamento eficaz para sua descontaminação. O tratamento convencional envolve diversos processos, sendo alguns deles custosos e ineficientes em altas quantidades,

busca-se então novas técnicas utilizando materiais orgânicos para tal tratamento. A biossorção é uma tecnologia que utiliza materiais biológicos para a remoção de metais de soluções através da sorção, a exemplo, temos como biossorvente utilizado a fibra de coco verde. A demanda de plantio designada para o consumo da fruta do coco in natura é muito grande, gerando enormes quantidades de resíduos sólidos originando como subproduto a fibra do coco. Esse biossorvente possui baixo custo, é biodegradável, de fonte renovável, e por ser de fácil produção possui alta disponibilidade, tornando-a de interesse ambiental, econômico e social. Baseado na aplicação da fibra de coco ativada e in natura foi possível avaliar a capacidade de adsorção da mesma através da remoção da prata de um efluente, propondo portanto um método alternativo para o tratamento de águas residuais. Os resultados das análises demonstraram que a fibra do coco verde é um efetivo biossorvente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biossorvente, contaminação e metais pesados.

### STUDY OF THE EFFICIENCY OF REMOVAL OF SOLUBLE SILVER IN EFFLUENTS USING NATURAL AND ACTIVATED COCONUT FIBER

**ABSTRACT:** As most industrial waste is contaminated, heavy metals are highly toxic elements, so effective treatment for their decontamination is required. Conventional treatment involves several processes, some of which are costly and inefficient at high temperatures. New techniques that use organic

materials for treatment are then researched. A biosorption is a technology that uses biological materials to remove metals from solutions using sorption, for example, we have a green coconut fiber as biosorbent. The demand for a plant designated for the consumption of coconut fruits in the wild is very large, generating huge waste residues originated as coconut fiber byproducts. This biosorbent has low cost, biodegradable, renewable source, and because it is easy to produce has high availability, becoming an environmental, economic and social interest. Based on the application of activated coconut fiber and nature, it was possible to evaluate the adsorption capacity of the same silver removal rate of an effluent, thus proposing an alternative method for wastewater treatment. The results of the analysis showed that the green coconut fiber is an effective biosorbent.

**KEYWORDS:** Biosorbent, contamination and heavy metals.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em decorrência do acelerado desenvolvimento industrial e do aumento da poluição química causada em águas e solos, o meio ambiente tem sentido de maneira notável e preocupante este impacto. Visando minimizar os problemas ambientais, buscam-se constantemente por novas tecnologias para o tratamento de efluentes (KIELING e MORAES, 2009).

Com a finalidade de controlar a qualidade dos efluentes gerados pelas atividades industriais criaram-se regulamentações ambientais, que através da caracterização e da identificação dos agentes poluidores, nos norteia em relação ao tratamento adequado a ser utilizado.

A nível nacional, a legislação vigente sobre os padrões e condições de lançamentos de efluentes é a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Se tratando do estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é a responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento destas atividades geradoras de poluição. O Decreto Estadual nº 8468 de 8 de setembro de 1976 desta mesma companhia, dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente.

O artigo 18 do Decreto 8468, pauta sobre efluentes que são lançados no rio e o artigo 19A quando o corpo receptor é para abastecimento público. A maior parte dos resíduos industriais contaminantes são os metais pesados, estes são elementos altamente tóxicos aos organismos vivos, sendo, portanto, considerados poluentes já que alguns possuem efeito deletério, ocasionando sérios transtornos à saúde humana quando ingeridos em doses inadequadas.

Presentes no meio aquático os metais pesados podem estar na forma de complexos solúveis inorgânicos ou orgânicos, quando em soluções podem estar na forma iônica; tem a capacidade de formar ou ficar contidos em partículas

orgânicas, coloidais minerais ou também fixados no sedimento ou agregado à biota (AGUIAR, NOVAES e GUARINO, 1991). Esses metais quando presentes nos efluentes industriais reduzem a capacidade autodepurativa das águas, devido à ação tóxica que eles exercem sobre os microrganismos que são os responsáveis pela recuperação das águas, por meio da decomposição dos materiais orgânicos que nelas são lançados.

Guerra *et al.* (2007) esclarece que os tratamentos clássicos de efluentes que contém metais pesados incluem processos físico-químicos de troca iônica, precipitação, adsorção e extração por solventes. Estes métodos convencionais para esta descontaminação de águas residuais, necessitam de alto investimento, não se mostram eficazes e não propiciam uma solução definitiva ao meio ambiente visto que alguns processos utilizam quantidades de substâncias tóxicas como agentes complexantes, gerando mais resíduos e inviabilizando a reciclagem e recuperação desses metais.

As concentrações dos compostos de prata nas águas naturais são insignificantes, mas a presença desse material em elevadas concentrações faz deste um resíduo de Classe I (ABNT, 2004), tornando-o perigoso e podendo causar efeitos tóxicos sobre peixes e seres humanos (SOUZA, RODRIGUES, SILVA e GUERRA, 2013).

Os processos para tratamento de efluentes resulta em custos elevados, como por exemplo os processos de membrana e troca iônica, além disso podem produzir resíduos de difícil tratamento, como a oxidação e precipitação química. Devido a isso, a busca por novas técnicas para remoção e recuperação metais pesados em águas residuárias têm se voltado para o uso da biomassa sendo utilizada como material biossorvente.

## 1.1 Fibra de Coco

O fruto do coqueiro é de grande importância socioeconômica, além de produzir a água de coco in natura, contém o albúmen, muito utilizado na indústria de alimentos e cosméticos. Amplamente produzido em mais de 200 países, a produção desse fruto no Brasil se destaca em diversos setores, dentre eles os setores socioeconômico, agrônomico e agroindustrial, tendo como principal região produtora a região Nordeste (FERREIRA, WARWICK e SIQUEIRA, 1994; MARTINS, 2011).

A composição do coco é dividida em epicarpo, endocarpo, mesocarpo e albúmen. O epicarpo é casca verde ou marrom fina que fica na parte externa do coco (a coloração varia de acordo com o tempo de maturação do fruto); o mesocarpo do fruto é constituído por feixes de fibras e pelo pó; o endocarpo, camada fina, dura e marrom no interior do fruto, que envolve a parte comestível do coco; o albúmen sólido é a parte comestível do fruto e o albúmen líquido é a água de coco. Essa

composição do coco pode ser observada na Figura 1 abaixo.



Figura 1: Descrição das partes do coco

Fonte: AGRIZZI, 2017

Em um coco maduro aproximadamente 65% do peso total confere à parte interna - noz e aos albumens (sólido e líquido - água de coco), e os 35% que restam fazem parte da casca - parte fibrosa, que em sua composição possui porções de fibras e uma porção denominada pó, que está interligada com as fibras (ROSA *et al.*, 2002).

A maior parte da produção brasileira de coco é destinada ao consumo do fruto in natura, gerando a casca como subproduto. Este subproduto gerado em grandes quantidades, na maioria das vezes, é designado a lugares inadequados como aterros e vazadouros, fazendo destes potenciais emissores de gases-estufa, como o metano. Por se decompor em cerca de 8 anos, este resíduo proporciona a proliferação de doenças e possíveis contaminações de água e solo (ROSA *et al.*, 2002).

Visando minimizar problemas ambientais e contribuindo com a diminuição do lixo, o desenvolvimento de alternativas para aproveitamento da casca de coco possibilita também a redução da disposição inadequada desse resíduo sólido. Essa alternativa por ser grande interesse comercial, gera um novo potencial de mercado, fazendo dela um objeto de estudo e interesse econômico.

A fibra de coco apresenta inúmeras vantagens, possui baixo custo, é biodegradável, de fonte renovável e de fácil produção, vêm sendo utilizadas principalmente na agricultura e na indústria além de possuir uma alta disponibilidade. A fibra de coco atua como um reforço para materiais em razão de possuir uma estrutura física vantajosa, possui um alto potencial de retenção de umidade assim como elevado número de poros (ABAD *et al.*, 2002). Os elevados índices de rigidez e dureza presentes nela acontecem devido a seus principais componentes, a celulose e o lenho (MURRAY, 2001).

## 1.2 Adsorção

Adsorção é uma operação de transferência de massa, o qual avalia-se a habilidade de determinados sólidos se concentrarem na superfície de substâncias líquidas ou gasosas a fim de obter a separação destes fluidos. A espécie presente em um fluido, denominada adsorvato se acumula sobre a superfície de outra espécie sólida, adsorvente. Isso ocorre quando se coloca duas fases em contato, uma sólida e uma fluida, devendo sempre estar com concentração de uma espécie na fase fluida e maior a interface do que no seu interior envolvendo a integração de mecanismos de transporte específicos para cada tipo de poluente, dependendo do poluente será físico ou químico (DOĞAR *et al.*, 2010). A remoção das substâncias da superfície sólida é chamada de dessorção.

Este fenômeno é algo que acontece na superfície dos materiais, portanto só ocorrerá de forma significativa em sólidos que tiverem grandes quantidades de poros presentes em suas superfícies, fazendo desses adsorventes um produto visado no comércio (RUTHVEN, 1984).

Na operação de adsorção as moléculas da fase líquida se juntam aos poros da fase sólida o que ocasiona uma diminuição da concentração do líquido que a fase sólida estava diluída. Dependendo da estrutura desta fase sólida, ela conseguirá admitir poucas moléculas da fase líquida em um único poro, dependendo do material selecionado com o passar do tempo os sítios do meio sólido são ocupados, com variação do sólido selecionado.

A força de interação presente entre as espécies que estão em contato, fase que será adsorvida e o sólido adsorvente, será a responsável por distinguirem se será uma adsorção física ou química.

O fato da adsorção ser química ou física depende da natureza das forças envolvidas entre elas. Na Fisissorção ocorre a ligação da superfície por forças fracas intermoleculares entre as espécies com interações do tipo Van der Waals. É inespecífica e pode ocorrer entre qualquer adsorvente. A fisissorção é um processo reversível, pois a intensidade de suas interações são fracas e não formam ligações químicas. Graças à facilidade de recuperação e a capacidade de retenção alcançada com a multicamada essa técnica é empregada (BANSAL e GOYAL, 2005).

Na quimissorção ocorre troca ou compartilhamento de elétrons entre as moléculas de adsorvato e a superfície do adsorvente (específico), apresenta-se, portanto, uma reação química, geralmente do tipo covalente (variando com o tipo de substância). Esse processo é exotérmico e irreversível, devido a formação de uma terceira espécie diferente. Nesse tipo de adsorção a espessura é unimolecular (BANSAL e GOYAL, 2005).

São vários os fatores que influenciam a adsorção, por ser um fenômeno de

superfície, alguns fatores podem influenciar na adsorção: a área superficial específica do adsorvente, as propriedades do adsorvente e do adsorvato, natureza do solvente, temperatura e o pH do meio. O equilíbrio de adsorção traz informações relevantes sobre o mecanismo do processo. Quando o equilíbrio é atingido, pode-se obter a concentração final de soluto na solução em equilíbrio e a capacidade de adsorção do adsorvente. A relação entre esse equilíbrio de adsorção e a concentração final do adsorvato nos apresenta as isotermas de adsorção.

### 1.3 Biossorção

A presença de íons metálicos em soluções diluídas é suficientemente perigosa para o ser humano e para o meio ambiente. Buscando a recuperação desses íons metálicos diversos processos estão sendo analisados devido à ineficiência dos métodos clássicos em consideração a política ambiental. Pensando na melhoria desses processos, a adsorção com materiais naturais está em alta, em razão da elevada capacidade de retenção e reversibilidade de cátions metálicos (JIMENEZ, BOSCO e CARVALHO, 2004).

Partindo da necessidade de novas tecnologias que tem o intuito de remover poluentes em líquidos e gases de maneira que houvesse uma interação entre desenvolvimento industrial e a preservação da natureza levou-se a estudos onde nos processos utilizam recursos naturais, essas técnicas ganharam atenção especial, uma delas é a biossorção.

Biossorção define-se como uma tecnologia que utiliza materiais biológicos para a remoção de metais de soluções pela sorção, a afinidade natural que os compostos biológicos têm por elementos metálicos faz desta uma alternativa promissora.

Os materiais que promovem a biossorção são chamados de biossorventes e podem ser resíduos de indústrias fermentativas ou a biomassa. Estes biossorventes removem os metais tóxicos através da adsorção, este fenômeno consiste na capacidade de alguns materiais como biomassas em combinar com íons ou moléculas de meio aquoso ou gasoso.

A utilização da casca de coco verde como material biossorvente para metais apresenta grande potencial para remoção de metais devido ao seu elevado teor de matéria orgânica composta principalmente por lignina (35 a 45%) e celulose (23 a 43%). Estes são biopolímeros reconhecidamente associados à remoção de metais pesados (PINO, 2005).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do processo de remoção de prata solúvel em efluentes com a utilização de um biossorvente natural, a fibra de coco verde de duas maneiras, in natura e ativada.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material Adsorvente

Para a obtenção de parte das fibras de coco produzidas foram utilizadas cascas de cocos. O material separado passou por uma dilaceração em um moinho de facas o qual foi responsável pela separação das fibras. A mistura obtida foi lavada com pequenas porções de água a fim de obter uma fibra limpa, livre de demais partes do coco, em seguida foi seca em temperatura ambiente até secagem completa, como a Figura 2 abaixo mostra.



Figura 2: Etapas do preparo da fibra de coco in natura

Para a obtenção do pó da fibra do coco, como a Figura 3 mostra, utilizou-se as fibras de coco verde já obtidas em laboratório. A mesma foi cortada manualmente em pedaços menores, e após essa redução das medidas da fibra, com a utilização das peneiras granulométricas com agitador de peneira Mesh, separou-se em dois tamanhos o adsorvente, obtendo, por fim, partículas com dimensões menores que  $200\ \mu\text{m}$  e maiores que  $75\ \mu\text{m}$ .



Figura 3: Etapas para obtenção da fibra in natura em pó

### 2.2 Ativação da Fibra

Para a ativação da fibra de coco verde utilizou-se uma solução de concentração 1:1 de Ácido Nítrico  $0,1\ \text{mol/L}$  e Ácido Clorídrico  $0,1\ \text{mol/L}$ . O biossorvente inteiro e em pó a ser ativado foram colocados em béqueres e foram submersos na solução de ativação, sem agitação, pelo período de 24 horas dentro da estufa a temperatura de  $80^\circ\text{C}$ . Após este período, realizou-se a filtração do biossorvente utilizando papel-filtro diâmetro  $170\ \text{mm}$  seguido da lavagem da fibra ativada com água destilada a fim de aumentar o pH da mesma para neutro. As fibras ativadas ficaram na estufa a  $40^\circ\text{C}$  até completa secagem.

## 2.3 Efluente

O efluente analisado é oriundo de uma indústria de latas, localizada no município de Campinas. Sua caracterização foi feita através de análises que atendam aos parâmetros exigidos pelo decreto 8468, artigo 18 e 19A. Os ensaios foram realizados na Quimi Quali Laboratório de análises de água, efluentes e resíduos, situado na Rua Romualdo Andreazzi, 167 - Jardim do Trevo – Campinas-SP. A quantificação da prata se deu através de um Espectrômetro de Absorção Atômica que resultaram nas concentrações finais de prata presente nos efluentes tratados.

## 2.4 Ensaios de Biossorção

O biossorvente foi dividido em duas partes sendo metade fibra inteira e metade fibra em pó. A ativação foi feita apenas da metade de cada divisão, obtendo-se 25% de fibra inteira in natura, 25% fibra inteira ativada, 25% da fibra em pó in natura e 25% da fibra em pó ativada. Para os ensaios, houve a variação somente da massa da fibra de coco e o volume se manteve constante, sendo de 300 mL do efluente bruto para cada ensaio. As massas de fibras de coco utilizadas foram de 1g, 2g, 4g, e 8g como mostra a Figura 4.

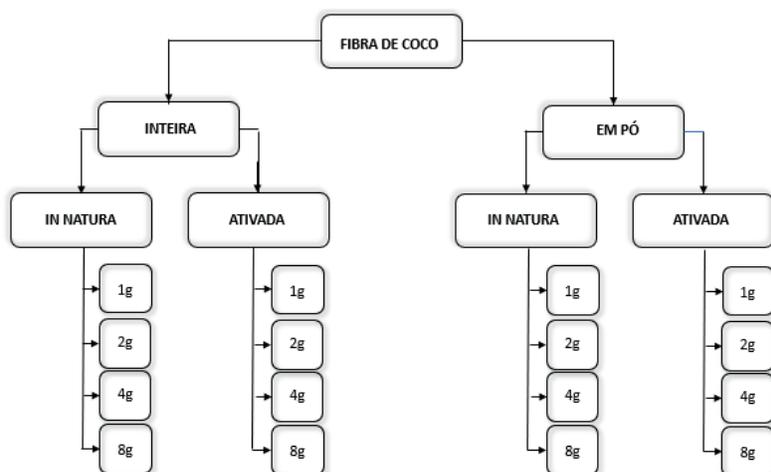


Figura 4: Biossorventes utilizados no tratamento do efluente

A biossorção foi feita sem agitação e o período de contato foi de 24 horas. Após esse processo, os efluentes tratados foram filtrados a fim de obter-se somente a fase líquida da reação. As amostras foram armazenadas em frascos de vidro âmbar e levadas para a análise da concentração final de prata presente nos efluentes tratados.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerou-se que após 24 horas de contato da amostra com o efluente, o conjunto atingiu seu estado de equilíbrio, ou seja, adotou-se como concentração de equilíbrio a concentração final de cada efluente tratado após o ensaio de biossorção.

Os resultados quantitativos obtidos pelas análises após a adsorção, com base no efluente bruto contendo 2,960 mg/L de prata, estão representados pela Tabela 1.

EFLUENTE TRATADO - PRATA (mg/L)				
Massa (g)	Fibra inteira		Fibra em pó	
	In Natura	Ativada	In Natura	Ativada
1	0,083	0,041	0,034	0,09
2	0,215	0,11	0,335	0,199
4	0,268	0,166	0,243	0,554
8	0,102	0,248	0,275	0,428

Tabela 1: Concentração final do efluente após biossorção

De acordo com o que pode se observar na tabela 1 acima, o menor valor de prata obtido nas amostras analisadas foi o do efluente tratado com 1g da fibra em pó na sua forma in natura. O tratamento avaliado de menor eficiência foi utilizado 4g da fibra em pó em sua forma ativada. A fibra inteira se mostrou mais eficiente quando utilizada 1g de biossorbente e teve um pior desempenho quando tratado com 4g de fibra, ambas na forma in natura. Os resultados apresentados pela fibra em pó mostram que o melhor desempenho do biossorbente ocorreu com 1g da fibra in natura e o tratamento que obteve o menor rendimento foi o efluente tratado com 4g de fibra ativada, conforme mostra a Figura 5.

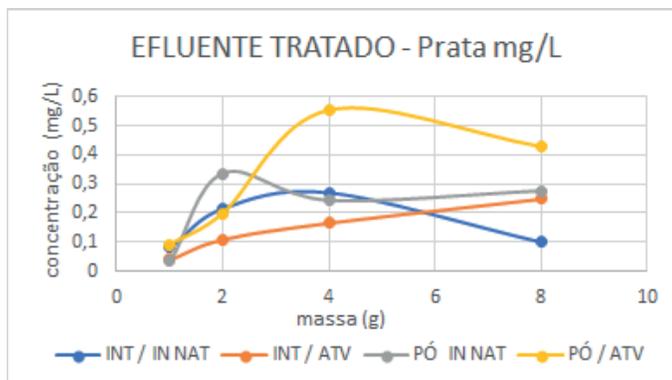


Figura 5: Concentração final do efluente após biossorção

O biossorvente em estudo, fibra de coco verde, é composta de matéria orgânica, com uma variação de 35 a 45% de lignina e 23 a 43% de celulose (PINO, 2005) e de acordo com NGAH; HANAFIAH (2008) esses materiais com porcentagens de materiais lignocelulósicos apresentam grupos polares, sendo assim o adsorvato tem influência na adsorção, variando a afinidade com o adsorvente.

A diversidade de resultados apresentados na adsorção entre as diferenças de massas pode ter ocorrido pois nem sempre todas as moléculas que se chocam são capazes de se fixarem nos sítios ativos. As moléculas que são postas em contato para colidirem necessitam de energia suficiente para adsorção, se conseguem colidir, a adsorção está completa, obedecendo a teoria das colisões (SCHMAL, 2013).

Considerando também que ao adicionar a fibra em pó no efluente a ser tratado houve a agitação com auxílio de uma bagueta, para que toda a fibra entrasse em contato com o efluente, nesse exato momento pode ter ocorrido a entrada de bolhas de ar entre as fibras, fazendo com que elas ficassem unidas na superfície do béquer com o efluente, criando uma dificuldade de exposição dos poros ao fluído, dificultando a transferência de massa. Essas bolhas de ar podem ter diminuído a adsorção nas soluções que possuíam maior quantidade de fibra (2g, 4g e 8g), o que demonstrou uma adsorção pouco eficiente comparada a que utilizou menor quantidade de fibra em seu processo(1g).

Com base nos dados obtidos experimentalmente, foi possível avaliar a eficiência de adsorção para cada tratamento através da porcentagem de redução de prata encontrado em cada um deles. Estes valores estão representados pela Tabela 2.

REDUÇÃO DA PRATA (%)				
Massa (g)	Fibra inteira		Fibra em pó	
	In Natura	Ativada	In Natura	Ativada
1	97,20	98,61	98,85	96,96
2	92,74	96,28	88,68	93,28
4	90,95	94,39	91,79	81,28
8	96,55	91,62	90,71	85,54

Tabela 2: Quantidade de redução da Prata em cada efluente tratado

Utilizando os valores de redução de prata citados na tabela acima, realizou-se uma comparação do perfil da eficiência da biossorção realizada através da figura abaixo. A Figura 6 do lado esquerdo representa o perfil da eficiência de adsorção da fibra do coco in natura e a do lado direito tem o mesmo objetivo, porém representa o perfil da fibra ativada.

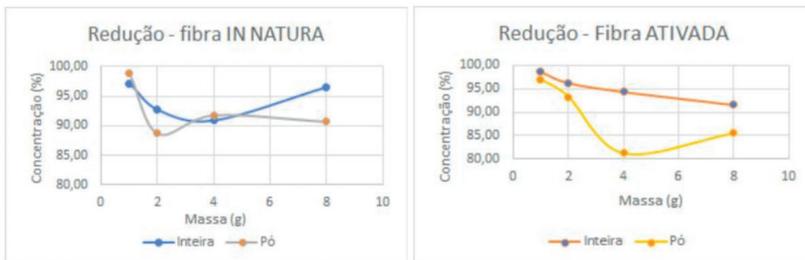


Figura 6: Redução da Prata na Fibra in natura e ativada

O comportamento de redução de prata que fez uso da fibra inteira ativada e in natura e em pó ativada e in natura estão demonstradas pela Figura 7, lado esquerdo e lado direito respectivamente.

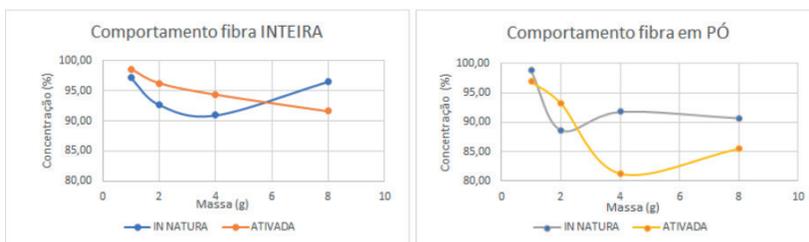


Figura 9: Desempenho da fibra inteira e em pó

Pela Figura 7 (lado esquerdo) observa-se que a fibra ativada promove maior adsorção até 4g, após isso sua eficiência diminui. Essa diminuição da adsorção pode ser um indicativo de saturação dos sítios existentes. Nota-se conforme a Figura 7 (lado direito), que a fibra em pó ativada possui um melhor desempenho no processo de biossorção que a fibra in natura. Para uma análise geral comparativa, a figura 8 abaixo relaciona a porcentagem de redução obtida em todas as amostras de efluentes tratados.

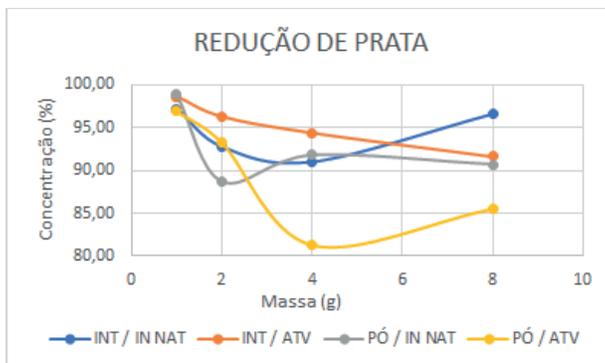


Figura 8: Desempenho de redução de prata da bioissorção

Avaliando a Figura 8, é possível notar que as quatro análises que obtiveram maior eficiência no processo de bioissorção foram as amostras que continham a menor quantidade de massa de adsorvente.

Os tratamentos de menor eficiência foram os que utilizam a fibra em pó. Em relação ao adsorvente ativado e in natura, a bioissorção se mostrou de maior eficiência quando utilizadas fibras inteiras. Avaliando a fibra inteira e ativada, a eficiência da adsorção foi diminuindo à medida que a massa do bioissorvente aumentava. Se tratando da fibra inteira, quando ativada ela obteve um melhor desempenho de redução perante a fibra inteira in natura até 4g do bioissorvente utilizado.

O efluente em estudo com presença de prata em solução é derivado do  $\text{AgNO}_3$  e em solução o nitrato de prata se dissocia, fazendo com que a prata fique com carga positiva de 2 elétrons ( $\text{Ag}^+$ ), a fibra que foi ativada em meio ácido, possui excesso de  $\text{H}^+$ . Em pequena quantia (1g), funciona bem pois houve baixa repulsão entre adsorvente e adsorvato. Aumentando-se a quantidade de fibra (2g, 4g e 8g), aumenta-se a quantidade de  $\text{H}^+$  presente na solução de adsorção, fazendo com que limitasse parte da adsorção efetiva do processo. Uma possibilidade para diminuir ou cessar essa repulsão seria aumentar o pH da solução de ativação, o que diminuiria os  $\text{H}^+$  presentes na fibra que pode ser transferido para a solução em tratamento. Aumentando o pH pode ser que haja uma maior interação eletrostática e um aumento da afinidade adsorvato e adsorvente, melhorando o processo de adsorção (TOLEDO *et al.*, 2005).

### 3.1 Cinética de Adsorção

A cinética de adsorção é de grande importância no estudo de adsorção, pois oferece informações a respeito do mecanismo do processo de adsorção e o desenrolar de reações. Esta é a responsável por verificar a velocidade da adsorção e é expressa pela taxa de remoção do adsorvato em relação ao tempo.

Há produtos que atingem o equilíbrio em minutos e outros podem levar dias para entrar em estado de equilíbrio, para definir este tempo são necessários estudos de cinética dos processos de adsorção.

Estão presentes na cinética de adsorção algumas etapas como a transferência de massa, difusão no poro e difusão na superfície. Pode-se observar na figura 9 abaixo a cinética de adsorção média e na tabela 3 os dados obtidos pela Equação 1.

$$V = \frac{(C_f - C_o)}{t} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: V é a velocidade média de adsorção; Co é concentração inicial do adsorvato (mg/L); Cf é a concentração do adsorvato no equilíbrio (mg/L); t é o tempo (min).

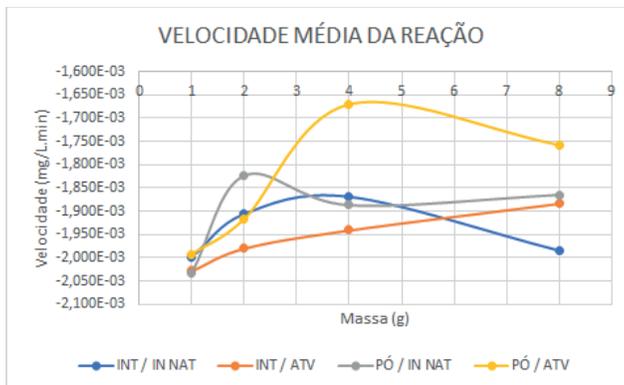


Figura 9: Velocidade Média da Adsorção

Calculando a velocidade da reação (Figura 9), observa-se que a cinética de adsorção varia de acordo com a massa do adsorvato. A velocidade da reação neste processo é proporcional a eficiência de adsorção, ou seja, quanto mais rápida a velocidade da reação, maior será a redução obtida na biossorção.

Analisando percebe-se que a cinética diminui com o aumento da massa. O pó ativado é o que tem menor velocidade de reação. Ao se aproximar da massa de 4g, a velocidade da reação tem uma pequena melhora, mas com 8g a eficiência cai, demonstrando que a eficiência da velocidade de reação é melhor em pequenas quantias de massa de fibra, independente se a fibra for ativada ou in natura.

Visto que a adsorção é prejudicada devido a área de contato entre o adsorvato e o adsorvente, dificultando o transporte de massa, novamente observa-se que este pode ser um dos problemas encontrados no processo. Como já comentado, o pH da

solução faz com que haja uma perda das propriedades principalmente das forças intermoleculares, sendo esse um outro fator para a obtenção desses resultados.

### 3.2 Isotermas de Adsorção

A capacidade de adsorção foi calculada com base na diferença de concentração na solução antes e após o processo de adsorção de acordo com o balanço de massa representado na equação 2.

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

q é a capacidade de adsorção;

Co é concentração inicial do adsorvato;

Ce é a concentração do adsorvato no equilíbrio;

V é volume da solução e

m é massa do adsorvente.

Os dados da capacidade de adsorção obtidos utilizando a Equação 2 estão expressos na Tabela 4 abaixo.

Capacidade de adsorção (qe)					
Fibra	M (g)	V (L)	Co (mg/L)	Cf (mg/L)	qe
Inteira in natura	1	0,3	2,96	0,083	0,86310
	2			0,215	0,41175
	4			0,268	0,20190
	8			0,102	0,10718
Inteira ativada	1	0,3	2,96	0,041	0,87570
	2			0,11	0,42750
	4			0,166	0,20955
	8			0,248	0,10170
Pó in natura	1	0,3	2,96	0,034	0,87780
	2			0,335	0,39375
	4			0,243	0,20378
	8			0,275	0,10069
Pó ativado	1	0,3	2,96	0,09	0,86100
	2			0,199	0,41415
	4			0,554	0,18045
	8			0,428	0,09495

Tabela 4: Capacidade de adsorção da fibra

Os perfis das curvas da capacidade máxima de adsorção são expressos através das figuras abaixo. A Figura 10 representam as isotermas com a fibra in natura, e as isotermas com a fibra ativada. Nota-se que a mesma massa apresenta áreas de contato diferentes.

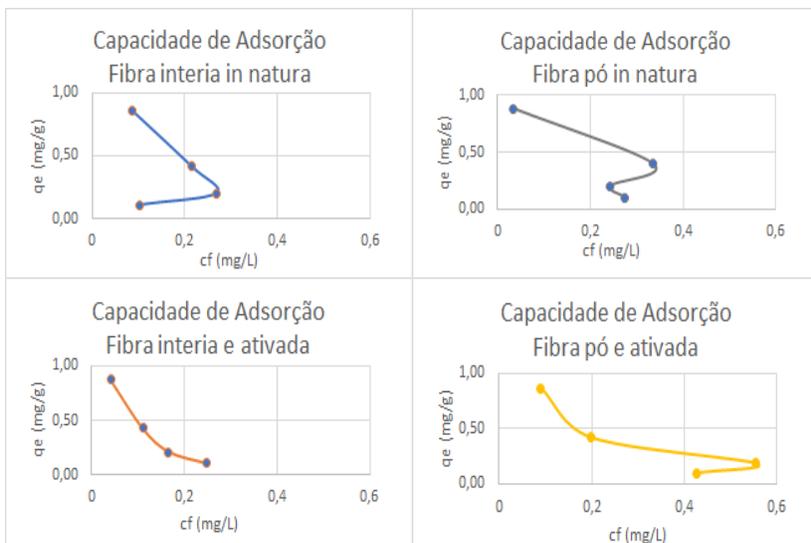


Figura 10 – Pseudo-Isoterma em diferentes condições Físicas e Tratamento Químico

De acordo com os gráficos da figura 10, verifica-se que a capacidade de adsorção para cada um dos tratamentos feitos tem um influência pela concentração e área. Percebe-se que em altas concentrações de adsorvente, forma-se adjuntos durante o processo de adsorção, o que ocasiona uma diminuição da área superficial de adsorção diminuindo assim a eficiência do processo.

A título de comparação foi feita a isoterma de Langmuir. Para isso fez-se a linearização das curvas da capacidade de adsorção, esta foi necessária para que fossem encontradas as equações da reta de cada um dos perfis de tratamento. Os resultados estão expressos na Tabela 5 abaixo.

Linearização			
Fibra	M (g)	Cf (mg/L)	qe
Inteira in natura	1	12,048	1,159
	2	4,651	2,429
	4	3,731	4,953
	8	9,804	9,331
Inteira ativada	1	24,390	1,142
	2	9,091	2,339
	4	6,024	4,772
	8	4,032	0,898
Pó in natura	1	29,412	1,139
	2	2,985	2,540
	4	4,115	4,907
	8	3,636	9,932
Pó ativado	1	11,111	1,161
	2	5,025	2,415
	4	1,805	5,542
	8	2,336	10,532

Tabela 5: Linearização

Um gráfico comparativo com todos perfis das curvas utilizando os resultados após a linearização está sendo representado pela figura 13.

Transformar os dados através da utilização da linearização da equação tem a capacidade de simplificar a determinação das leis físicas que regem o processo.

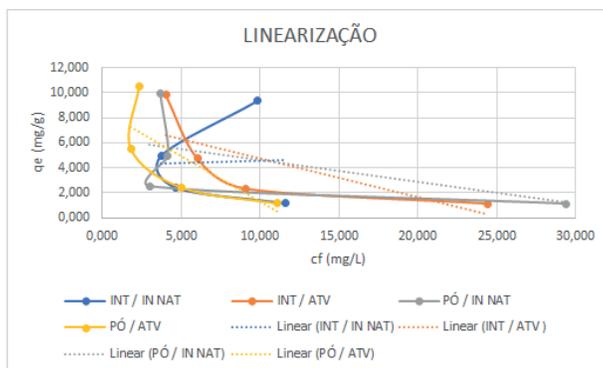


Figura 13 - Linearização e equação da reta

A adsorção que teve uso da fibra inteira e in natura possui caráter químico, pois houve interação alta em comparação com os demais processos tiveram interação menor com o adsorvato. Através do cálculo do valor da capacidade máxima de adsorção foi possível analisando a possibilidade de prever a capacidade máxima de adsorção da fibra de coco, observou-se a possibilidade de aplicar a isoterma de Langmuir, expressa pela Equação 3 abaixo:

$$q = \frac{q_{max}K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad \text{Eq. (3)}$$

onde:

$q$  é quantidade do soluto adsorvido por grama de adsorvente no equilíbrio ( $\text{mg.g}^{-1}$ );

$q_{max}$  é a capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg.g}^{-1}$ );

$K_L$  é a constante de interação adsorvato/ adsorvente ( $\text{L. mg}^{-1}$ ) e

$C_e$  é a concentração do adsorvato no equilíbrio ( $\text{mg. L}^{-1}$ ).

LANGMUIR							
Fibra	a	b	qmax	kl	ce	cf	q
Inteira in natura	0,0342	4,2128	29,23976608	0,14407776	2,877	0,083	8,56848725
					2,745	0,215	8,286771959
					2,692	0,268	8,171486619
					2,858	0,102	8,52840495
Inteira ativada	-0,3097	7,8923	-3,228931224	-2,44424531	2,919	0,041	-3,75526565
					2,85	0,11	-3,77014436
					2,794	0,166	-3,78285275
					2,712	0,248	-3,8025766
Pó in natura	-0,1765	6,4014	-5,66572238	-1,1298471	2,926	0,034	-8,1227423
					2,625	0,335	-8,54779696
					2,717	0,243	-8,40305799
					2,685	0,275	-8,45172377
Pó ativado	-0,7315	8,6209	13,67054	-0,63061884	2,87	0,09	30,55033247
					2,761	0,199	32,1158614
					2,406	0,554	40,09884302
					2,532	0,428	36,57974676

Tabela 6: Parâmetros da isoterma de Langmuir

Os modelos de isoterma utilizando os valores encontrados experimentalmente não obtiveram o valor esperado, portanto acredita-se que seja possível encontrar um modelo de isoterma que melhor descreve nosso processo. Os valores das constantes de Langmuir não foram semelhantes aos encontrados na literatura o que inviabilizou a comparação dos resultados.

Para a realização dos cálculos efetivos da isoterma de Langmuir, deveriam ser realizadas análises nas amostras de efluente tratadas retiradas em tempos distintos, antes e após o período de 24 horas (período estudado).

Como a quantidade de substância adsorvida na superfície decresce com o aumento da temperatura, a uma temperatura constante, a quantidade adsorvida deveria aumentar com a concentração do adsorvato, por isso o termo adotado de pseudo-isotermas.

Neste processo de descontaminação de efluentes com bioissorventes, não apresentou mudança de temperatura, então possivelmente se aumentasse a temperatura para um valor maior e constante do efluente em tratamento poderia ter ocorrido a desobstrução dos poros internos do adsorvente, o que possibilitaria uma adsorção mais eficiente e a obtenção de melhores resultados nas isotermas.

## 4 | CONCLUSÕES

Através dos resultados laboratoriais encontrados, considerando o decreto 8468 em seus parâmetros do artigo 18 nenhum dos efluentes analisados antes do tratamento com a fibra obedeceu aos limites para descarte de efluente direto no corpo receptor. Já se tratando do artigo 19A, o efluente tratado com a fibra inteira, in natura e com 1g de massa de bioissorvente, apresentou o melhor resultado de bioissorção, com uma redução de 98,85% da prata comparada com o efluente bruto, fazendo desse um efluente apto para seu lançamento em abastecimento público. De maneira geral, todos os efluentes tratados com 1g de massa de bioissorvente, apresentaram maior redução da quantidade de prata, sendo a fibra ativada e in natura de pouca relevância, alcançando o principal objetivo do trabalho.

Quanto aos modelos de isotermas de adsorção, não obteve-se dados que se encaixassem na isoterma de Langmuir, mas que não se exclui a possibilidade de existir um modelo de isoterma no qual os dados obtidos se encaixassem.

Pode-se observar que vários fatores influenciaram para a obtenção de tais resultados sendo que a quantidade de massa foi o fator mais relevante do estudo. Dentre outros fatores que influenciaram no processo de adsorção foi a possibilidade de presença de bolhas de ar, a influência do ph e a transferência de massa que estão descritos ao longo do trabalho.

De acordo com as adsorções realizada, comprovou-se que a superfície do adsorvente em estudo é heterogênea e possui uma alta capacidade de adsorção graças a seu elevado número de poros e a distribuição dos sítios ativos presente nele.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor José Pedro Thompson Junior e a todos que nos ajudaram a realizar este trabalho, a contar pela família (em especial da nossa

colega Jaqueline Cristina que com uma força tarefa nos ajudou na obtenção do mesocarpo do coco e também a cortar fibra no tamanho que foi utilizado para os experimentos), amigos e colegas de trabalho que de alguma forma acrescentaram seja em conhecimento ou dedicando um pouquinho do seu tempo a cortar a fibra. Agradecemos a equipe de técnicos do laboratório da Universidade São Francisco que com muita paciência estiveram sempre prontos a nos ajudar e orientar, em especial ao técnico Victor Henrique Zaneti que nos ensaios laboratoriais. Também agradecemos ao colega, David Aguiar Ferreira Junior, aluno do curso de engenharia química da USF Bragança Paulista que nos auxiliou grandemente nos cálculos das pseudo-isotermas.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, M., NOGUERA, P., PUCHADES, R., MAQUIEIRA, A., NOGUERA, V. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. **Bioresource Technology**, v. 82, p. 241- 245, 2002.
- AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S.. Remoção de Metais Pesados de Efluentes Industriais por Aluminossilicatos. **Química Nova**, Vol. 25, 2002.
- AGRIZZI, T., **Pirólise da casca de coco**: estudo da cinética de devolatilização e identificação dos produtos. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Energia)- Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade. São Mateus, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- BANSAL, R. C., GOYAL, M. **Activated carbon adsorption**. 2005, 170 p.
- BARCELOS, K. M. **Análise do potencial do leito de jorro como reator para pirólise da casca de coco**: estudo experimental e simulação via CFD. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado em Energia)- Centro Universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, 2016.
- BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A.. **Soil chemistry**. New York: John Wiley, 1979. 329p.
- DOĞAR, C., GÜRSES, A., ACIKYILDIZ, M., ÖZKAN, E.. Thermodynamics and kinetic studies of biosorption of a basic dye from aqueous solution using green algae *Ulothrix* sp.. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**. v. 76, edição 1, p. 279–285, mar. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776509005669>>. Acesso em 20 out. 2019.
- Feema; *Poluição hídrica da Baía de Guanabara por metais pesados cromo e zinco*, Rio de Janeiro, Brasil, 1992.
- FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. A cultura do coqueiro no Brasil. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Aracaju, 1994. 306 p.
- FREUNDLICH, H. M. F. Over the adsorption in solution. **J. Phys. Chem.** v. 57, p 385-471, 1906.

GUERRA, D. L.; AIROLDI, C.; LEMOS, V. P.; ANGÉLICA, R. S.; VIANA, R. R.. Aplicação de Al-PILC na adsorção de  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  e  $\text{Co}^{2+}$  utilizando modelos físico-químicos de adsorção. **Eclét. Quím.**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 51-60, 2007. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46702007000300008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702007000300008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 15 nov. 2019.

JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolecita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. **Química nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 734738, 2004.

KIELING, A. G; MORAES, C. A. M; BREHM, F. A; Utilização De Cinza De Casca De Arroz Na Remoção De Cromo Hexavalente. **Estudos Tecnológicos**. v. 5, n° 3, p. 351-362. 2009.

LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. **Journal of the American Chemical Society**. v. 40, n. 9, p. 1361-1403, 1918.

LIMA, A. C. A.; NASCIMENTO, R. F.; SOUSA, F. F.; FILHO, J. M.; OLIVEIRA, A. C.; Modified coconut shell fibers: A green and economical sorbent for the removal of anions from aqueous solutions. **Chemical Engineering Journal**. v. 185-186, p. 274-284, 15 mar. 2012.

MARTINS, C. R.. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Documentos, 2011.

MELO, D. Q.; NETO, V. O. S.; OLIVEIRA, J. T.; BARROS, A. L.. Adsorption Equilibria of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , and  $\text{Cd}^{2+}$  on EDTA-Functionalized Silica Spheres. **Journal of Chemical Engineering Data**. v.3, n. 58, p. 798-806 ,mar. 2013.

MOREIRA, S. A. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju**: estudo de batelada e coluna de leito fixo. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Pós- graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

MURRAY, N. P. **Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco**: un nuevo material para el cultivo en sustrato. Tesis del Doctorales. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2001.

NGAH, W. S. W.; HANAFIAH, M. A. K. M. Biosorption of copper ions from dilute aqueous solutions on base treated rubber (*Hevea brasiliensis*) leaves powder: kinetics, isotherm, and biosorption mechanisms. **Journal of Environmental Sciences**. v. 20, n. 10, p. 1168-1176, 2008.

PINO, G. **Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (cocos nucifera)**. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia universidade Católica – PUC, Rio de Janeiro. 2005.

RAULINO, G. S. C. **Sistema piloto de adsorção de íons de metais em coluna (leito fixo) utilizando como adsorvente o pó da casca de coco verde**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ROSA, M.F.; BEZERRA, F.C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; BRIGIDO, A. K. L.; NOROES, E. R. V.. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. Documentos v. 52, Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**. 24p, mai 2002.

RUTHVEN, D. M., **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**, John Wiley & Sons, 1984.

SCHMAL, M. - Cinética e Reatores: Aplicação na Engenharia Química teoria e exercícios, **SYNERGIA**. Rio de Janeiro - 2ª edição Revista Ampliada 2013.

SOUZA, G.D.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Prata: Breve histórico, propriedades e aplicações. **Educación Química**. v. 24, ed. 1, p. 14-16, 2013.

SOUSA, V. O. OLIVEIRA; OLIVEIRA, A. G.; TEIXEIRA, R. N. P.; SILVA, M. A. A.. Use of coconut bagasse as alternative adsorbent for separation of copper (II) ions from aqueous solutions: isotherms, kinetics, and thermodynamic studies. **Bioresources and technology**. v. 6, n. 3, p. 3376-3395, 2011.

TOLEDO, B. I. GARCIA, M. A. F.; UTRILLA, J. R.; CASTILLA, C. M., FERNANDEZ, F. J. V.. Bisphenol a removal from water by activated carbon, Effects of carbon characteristics and solution chemistry. **Environmental Science Technology**. v. 39, p. 6246–6250, jul. 2005.

VIDAL, C. B.; RAULINO, G. S. C.; BARROS, A. L.; RIBEIRO, J. P.; PIRES, M. J. R.; NASCIMENTO, R.. F.. BTEX removal from aqueous solutions by HDTMA-modified Y zeolite. **Journal of Environmental 251 Management**, v. 112, p. 178-185, dez. 2012.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 41, 63  
Aguapé 180, 181, 184, 185, 187, 188, 190, 191  
Águas Pluviais 176, 177, 178, 179  
Amido 95, 97, 98, 99, 104, 107, 115  
Auditiva 39, 40, 41, 42, 51, 52

### B

Bacia hidrográfica 169, 177  
Balanço hídrico 169  
Biodegradação 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115  
Biofiltros 183  
Blenda 95, 99, 100, 102, 104, 110, 112  
Buriti 137, 138, 139, 140, 141, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

### C

Campo Eletromagnético 66, 67, 68, 79, 80, 81  
Coliformes 180, 182, 189, 190  
Computadores 27, 32, 33, 34, 35, 86  
Computer 1, 2, 14, 26, 33, 37, 85  
Condutividade 180, 185, 187  
Contaminada 182  
Corrente elétrica 61, 66, 67, 80, 81, 152, 164  
COVID-19 1, 8, 9, 13

### D

Dados demográficos 172  
Deep Learning 2, 11, 12  
Deficiência 39, 40, 41, 42, 50, 51, 52  
Degradação 95, 97, 99, 100, 102, 104, 108, 109, 113, 114, 152, 155, 162, 175, 177  
Dermocosméticos 138, 139, 150, 151  
Desempenho 26, 29, 30, 32, 33, 34, 64, 68, 83, 88, 89, 91, 92, 93, 124, 126, 127, 184  
Dinâmica Molecular 26, 27, 28, 30, 31, 34, 36

Disaggregation of loads 14, 24  
Dispositivo 39, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 55  
Drenagem 168, 170, 171, 172, 175, 176, 177, 178, 179

## **E**

Embalagem 152, 154, 155, 156, 159  
Emulsão 137, 142, 143, 144, 147  
Estabilidade 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150  
Experiências 40, 60, 64

## **F**

Faturamento 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 64  
Filtração 122, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191

## **H**

Health 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 149, 181

## **I**

Internet 2, 3, 5, 6, 11, 15, 25, 56, 58

## **M**

Machine Learning 2, 10  
Manufatura 83, 85, 87, 92, 93  
Medidores 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64  
memória 29, 31, 32, 33, 34, 35, 48  
Microrreatores 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

## **N**

Neural Networks 2, 14, 15, 24

## **O**

Órteses 41

## **P**

Pandemic 1, 8, 9, 10  
Polímeros 97, 98, 115, 167  
Processos 25, 30, 33, 34, 35, 55, 84, 85, 86, 97, 102, 116, 118, 121, 128, 132, 165, 177, 183, 192  
Protótipo 39, 50, 51, 83, 86, 155, 156, 160, 165

## **R**

Reciclagem 118, 152, 153, 154, 155, 159, 165, 166, 167

## **S**

Saponificação 83, 88, 89, 94

Simulação 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 81, 134, 192

Smart Grid 14, 15, 24, 25, 65

## **T**

Tecnologia assistiva 39, 40, 51

Telecommunications 1, 2, 4

Telemedicine 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

## **U**

Urbana 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179

## **V**

Viscosidade 137, 143, 147, 148, 149

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

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

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

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