

**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5**

**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
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. 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-087-2            DOI 10.22533/at.ed.872200806</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5” contempla vinte e um capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

Pesquisas na área de engenharia elétrica trazem informações sobre transmissão, geração de energia, bem como, pesquisas visando a sustentabilidade e eficiência energética.

São apresentados trabalhos referentes a robótica, demonstrando estudos sobre ferramentas que visam a construção de equipamentos que auxiliam as pessoas a executar determinadas atividades de forma autônoma.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre suas propriedades, o que permite a utilização em diversas áreas.

Estudos sobre urbanização, influência do vento na estrutura de edificações, conforto térmico e saneamento também são objetos desta obra.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que a sociedade vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade do meio ambiente e economia. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A EXPERIENCIA DA CHESF NA REPOTENCIAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO II	
Emmanuel Moura Reis Santos Edson Guedes da Costa Luiz Antônio Magnata	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
AVALIAÇÃO DO MODELO DE EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ADOTADO NO BRASIL DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE APRIMORAMENTO	
João Carlos de Oliveira Mello Evelina Maria de Almeida Neves Dalton Oliveira Camponês do Brasil Eduardo Nery Thais Prandini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA – DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL	
Athanasio Mpalantinos Neto Carlos Ruy Nunez Barbosa Luís Adriano de Melo Cabral Domingues Paulo Roberto Gonçalves de Oliveira Rafael Monteiro da Cruz Silva Júlio César A. de Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO NO VIÉS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS PLANOS ENERGÉTICOS REFERENCIAIS DO SETOR ELÉTRICO DAS NAÇÕES	
Flavio Minoru Maruyama Andre Luiz Veiga Gimenes Luiz Claudio Ribeiro Galvão Miguel Edgar Morales Udaeta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
CONSTRUÇÃO DE TURBINA DE TESLA E VALIDAÇÃO DE MODELO TEÓRICO	
Lucas Vinicius Capistrano de Souza Leonardo Haerter dos Santos Jader Flores Schmidt Moises da Silva Pereira Agnaldo Rosso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8722008065</b>	



**CAPÍTULO 6 ..... 64**

DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR SUPERCAPACITORES

Lourival Lippmann Junior  
Rafael Wagner  
Carlos Ademar Purim  
Francisco José Rocha de Santana

**DOI 10.22533/at.ed.8722008066**

**CAPÍTULO 7 ..... 75**

O FUTURO DAS TÉRMICAS NA MATRIZ BRASILEIRA – PRÁTICAS E FUNDAMENTOS

João Carlos de Oliveira Mello  
Thaís Melega Prandini  
Marcelo Ajzen  
Xisto Viera Filho  
Edmundo Pochman da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8722008067**

**CAPÍTULO 8 ..... 88**

UMA VISÃO DE MERCADO NA GESTÃO DE RISCOS DE CONSUMIDORES ELETROINTENSIVOS - MELHORES PRÁTICAS

João Carlos de Oliveira Mello  
Camila Câmara Lourenço  
Rodrigo Viana  
Rogério Catarinacho  
Nicolas Jardin Jr

**DOI 10.22533/at.ed.8722008068**

**CAPÍTULO 9 ..... 101**

CONTROLE SIMPLES E ROBUSTO PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS ATRAVÉS DO MOVEIT

Kaike Wesley Reis  
Rebeca Tourinho Lima  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.8722008069**

**CAPÍTULO 10 ..... 109**

DOOGIE MOUSE: UMA PLATAFORMA OPEN SOURCE PARA APLICAÇÃO DE ALGORITMOS INICIAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ROBÓTICA MÓVEL

Caio Alves Amaral  
Mateus dos Santos Meneses  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.87220080610**

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

SEISMIC IMAGING USING FPGA APPLIED FOR REVERSE TIME MIGRATION

Joaquim Ranyere Santana de Oliveira  
João Carlos Nunes Bittencourt  
Deusdete Miranda Matos Junior  
Anderson Amorim do Nascimento  
Laue Rami Souza Costa de Jesus  
Georgina Gonzalez Rojas  
Rodrigo Carvalho Tutu  
Wagner Luiz Alves de Oliveira  
Silvano Moreira Junior

**DOI 10.22533/at.ed.87220080611**

**CAPÍTULO 12 ..... 127**

LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTE INTERNOS USANDO MARCOS FIDUCIAIS

Gabriel da Silva Santos  
Etevaldo Andrade Cardoso Neto  
Marco Antonio dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.87220080612**

**CAPÍTULO 13 ..... 136**

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE AMIDO COMO ADITIVO A LUBRIFICANTES

Matheus Gonçalves Leão de Oliveira  
Pollyana Grazielle Luz da Rocha  
Paulo Vitor França Lemos  
Denilson de Jesus Assis  
Adelson Ribeiro de Almeida Júnior  
Jania Betânia Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.87220080613**

**CAPÍTULO 14 ..... 146**

UTILIZAÇÃO DE COATINGS DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*)

Luciano Pighinelli  
Anderson Rockenbach  
Pamela Persson  
Renata Cardoso Pospichil

**DOI 10.22533/at.ed.87220080614**

**CAPÍTULO 15 ..... 156**

ANÁLISE METALOGRÁFICA DA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO AISI 1050 USADO NA HASTE DE DIREÇÃO DE UMA MÁQUINA AGRÍCOLA DA SÉRIE 8R

Vagner dos Anjos Costa  
Fábio Santos de Oliveira  
Sílvio Leonardo Valença  
Gabriela Oliveira Valença  
Paulo Henrique de Souza Viana  
João Vítor Chaves Cordeiro

**DOI 10.22533/at.ed.87220080615**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>165</b>
EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE	
<a href="#">Petronio Silva de Oliveira</a> <a href="#">José Laécio de Moraes</a> <a href="#">Francisco Evanildo Simão da Silva</a> <a href="#">Francisco Thiciano Rodrigues de Assis</a> <a href="#">Edyeleen Mascarenhas de Lima</a> <a href="#">Anderson Lima dos Santos</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>176</b>
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LUCAIA, SALVADOR-BA	
<a href="#">José Orlando Oliveira Moura Júnior</a> <a href="#">Nicole Caroline B. Santos Xavier</a> <a href="#">Thayna Santana de Lima</a> <a href="#">Alexandre Boleira Lopo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>182</b>
QUALIDADES DO URBANO	
<a href="#">Franklin Soldati</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>199</b>
ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE CONFORTO TÉRMICO E DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UNIDADE DE SAÚDE	
<a href="#">Gabriela Regina Rosa Galiassi</a> <a href="#">Ana Clara Alves Justi</a> <a href="#">Gabriel Henrique Justi</a> <a href="#">Maribel Valverde Ramirez</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>215</b>
ANÁLISE DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS PELO VENTO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	
<a href="#">Neilton dos Santos Seguins Costa</a> <a href="#">Vilson Souza Pereira</a> <a href="#">Dalmo Inácio Galdez Costa</a> <a href="#">Paulo César de Oliveira Queiroz</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
TRANSPORTE DE CROMO (CR <sup>+3</sup> ) E NÍQUEL (NI <sup>+2</sup> ) EM CAMADA DE SOLO COMPACTADA	
<a href="#">Leonardo Ramos da Silveira</a> <a href="#">Newton Moreira de Souza</a> <a href="#">André Luis Brasil Cavalcante</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87220080621</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>241</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>242</b>

## CONTROLE SIMPLES E ROBUSTO PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS ATRAVÉS DO MOVEIT

Data de aceite: 02/06/2020  
Data de submissão: 05/02/2020

### Kaike Wesley Reis

Universidade Federal da Bahia  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/0566221555180240>

### Rebeca Tourinho Lima

SENAI Cimatec  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/5336498098446706>

### Marco Antonio dos Reis

SENAI Cimatec  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/5861154602467728>

**RESUMO:** Os avanços tecnológicos se tornaram mais rápidos e constantes na última década. Neste cenário, a robótica vem desempenhando cada vez mais o papel de produzir autônomos capazes de substituir o homem em tarefas repetitivas ou perigosas. Dado o atual contexto a busca por soluções práticas e robustas se tornaram necessárias para acompanhar este ritmo. Esse artigo objetiva apresentar a ferramenta MoveIt! para a modelagem de manipuladores, utilizando o modelo Manipulator-H, através da criação de

um pacote de controle inédito, de código aberto e documentado. Apresenta também um benchmarking para escolher a melhor opção de planejador. Ao final é disposta a melhor solução encontrada de acordo as métricas estabelecidas acompanhado do acesso para o pacote desenvolvido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Robótica, ROS, MoveIt, Manipulator-H.

### AN EASY AND ROBUST CONTROL FOR ROBOTIC MANIPULATORS THROUGH MOVEIT

**ABSTRACT:** Technological advances have become faster and more steady over the last decade. In this scenario, robotics is increasingly playing the role of producing autonomous devices capable of replacing man in repetitive or dangerous tasks. Given the current context, the search for practical and robust solutions has become necessary to keep up with this pace. This article aims to introduce the *MoveIt!* for manipulators control using the Manipulator-H model by creating an unpublished, open source and well documented control package. It also features a benchmarking to choose the best planner for this model. At the end, the best solution is found according to the established metrics followed by the package

online access.

**KEYWORDS:** Robotics, ROS, MoveIt, Manipulator-H.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na última década, avanços em diversos campos tecnológicos se tornaram cada vez mais crescentes: serviços de táxi aéreo sendo testados na Alemanha [1], carros autônomos sendo desenvolvidos por diversas companhias (com destaque a Tesla) e o grande avanço dos métodos de inteligência artificial, como o mais conhecido *Deep Fake* [2], exemplificam essa realidade que pode impactar profundamente a economia global. A robótica, por sua vez apresenta uma vanguarda mais direcionada para a criação de robôs autônomos para diferentes tipos de funções sejam elas industriais ou domésticas.

Dado esse intenso avanço, o objetivo desse artigo é apresentar uma modelagem computacional para manipuladores baseada no *MoveIt!* [3], *software* que apresenta uma solução simples e robusta para esta problemática. Além disso, será demonstrado a utilização do *benchmarking*, uma de suas ferramentas para escolher um planejador de trajetória para o *Manipulator-H*.

A criação deste artigo possui ainda o intuito de apresentar a facilidade proporcionada por tal aplicação, permitindo que novas pesquisas sejam voltadas para a criação de soluções para problemas ainda existentes. Além disso, existe o intuito de diminuir a ausência de materiais explicativos direcionados para essa área no idioma nacional ou até mesmo em inglês, que apresenta um conteúdo disperso em diferentes vídeos e fóruns. Outro ponto a se destacar, é a escolha da linguagem *Python* para o desenvolvimento do pacote, que apesar de ser uma linguagem mais simples e ainda robusta não apresenta grande aderência na comunidade do *MoveIt!* que ainda utiliza bastante de soluções com a linguagem *C++*.

### 1.1 Controle para manipuladores

O controle de manipuladores objetiva de modo geral mover o *end-effector*, ferramenta ou parte mais externa de um braço robótico, para uma posição desejada no espaço de trabalho através da manipulação das posições das juntas, articulações responsáveis pela movimentação do robô [4]. Para conquistar essa meta, a interação entre três processos principais: cinemática direta, cinemática inversa e planejamento de trajetória é necessária.

A cinemática direta constitui o processo mais simples e trata da solução da posição e orientação para o *end-effector* do manipulador no espaço dado a posição das juntas. Dado sua simplicidade, sua solução é padronizada através da convenção de Denavit-Hartenberg [4], função que apresenta como parâmetros de entrada as características construtivas do manipulador e retorna a cinemática do mesmo. Já a cinemática inversa é um problema oposto ao da cinemática direta e se trata do cálculo das posições das juntas para uma posição e orientação qualquer do *end-effector* no espaço [4]. Todavia, este último apresenta uma dificuldade maior para encontrar uma solução dado a inexistência de



uma resposta singular (cada robô apresenta um cálculo diferente para este problema) e a infinidade ou ausência de soluções para determinadas configurações de posições e orientações.

O planejamento de trajetória atua no cálculo para encontrar o melhor caminho no espaço para um manipulador sair do ponto inicial para o destino, sendo responsável por especificar os pontos que o manipulador deve passar, o caminho propriamente dito, para alcançar tal objetivo. Este processo considera o ambiente em que o manipulador está inserido, sua geometria, capacidades motoras, métricas para encontrar o caminho, viabilidade de soluções para a cinemática direta e inversa e restrições definidas pelo pesquisador. Trata-se de um dos problemas mais complexos na área da ciência computacional [4], onde os algoritmos capazes de solucionar esse problema são chamados de planejadores.

## 1.2 Solução computacional para controle

O *Movel!* é um *framework* de código aberto para controle de manipuladores, reunindo um conjunto de técnicas para solucionar as problemáticas apresentadas anteriormente. Como exemplo, para o cálculo da cinemática inversa e direta o *Movel!* apresenta as bibliotecas *KDL (Kinematics and Dynamics Library)*, *TRAC-IK* e *IKFast (Inverse Kinematics Fast)*. Para o planejamento de trajetórias existem as bibliotecas *OMPL (Open Motion Planning Library)*, *CHOMP (Covariant Hamiltonian Optimization for Motion Planning)*, *SBPL (Search-Based Planning Library)* e *STOMP (Stochastic Trajectory Optimization for Motion Planning)* [5].

Inicialmente lançado em 2011, o *Movel!* trata-se de um projeto desenvolvido internacionalmente pela comunidade de robótica com o apoio de algumas corporações como a Franka Emika e PickNik Robotics [6]. Implementações utilizando esse *framework* já estão inclusive disponíveis para diversos manipuladores de renomadas empresas do setor industrial como a ABB, Fanuc e Kuka Robotics [6].

Sua implementação baseia-se no *ROS (Robot Operating System)* [7], um sistema flexível de código aberto desenvolvido e mantido pela comunidade internacional e por universidades para o desenvolvimento de *softwares* de controle e comunicação para robôs. Dada a presença de uma comunidade ativa e colaborativa além da facilidade promovida por este sistema, a criação de aplicações na área de manipuladores se tornam ainda mais simples.

## 1.3 Modelo do manipulador

O modelo utilizado para demonstrar o controle de um manipulador é o *Manipulator-H* criado pela ROBOTIS, empresa de tecnologia especializada na produção de atuadores, servomotores e manipuladores [8]. A solução desenvolvida, o pacote *ROS*, para este modelo em específico não está disponível na comunidade *open source*, sendo assim uma contribuição inédita. O *Manipulator-H* disposto na figura 1 apresenta seis graus de liberdade, sendo todas as juntas do tipo rotativa.



Figura 1. Representação do manipulador-H

Fonte: ROBOTIS (2019)

## 2 | METODOLOGIA

Foi desenvolvido inicialmente um pacote de controle para o *Manipulador-H* através do *Movel!*. O pacote apresenta um ambiente de teste e diversas formas de manipulação do robô sendo elas a movimentação através do acionamento posicional das juntas, ir para posições pré-determinadas e ir para pontos escolhidos no espaço tridimensional.

Além disso, foi elaborado um *benchmarking*, uma das funcionalidades implementadas no *Movel!*, para avaliar um conjunto de planejadores da biblioteca *OMPL* [9] utilizando o *KDL* como solução para o cálculo das cinemáticas, ambas bibliotecas padrão. Para o escopo deste artigo, define-se *benchmarking* como uma comparação de desempenho entre os algoritmos capazes de solucionar o planejamento de trajetória para movimentar o *Manipulador-H*.

Para melhor compreensão desse processo de comparação é necessário definir *start state* e *query*. O *start state* é a posição que o manipulador irá iniciar na simulação do *benchmarking* e *query* é um caminho determinado por dois pontos quaisquer do espaço de trabalho.

Foram utilizadas diversas ferramentas na concepção do pacote *ROS* que deu origem a este trabalho: utilizou-se a linguagem *Python* no desenvolvimento do pacote, o *Gazebo* (*software* de simulação) para simular o ambiente de teste e o *RViz* (ferramenta de visualização nativa do *ROS*) para definir graficamente as posições pré-determinadas para o manipulador e os pontos utilizados para compor um *query* e o *start state* do *benchmarking*.

O método de *benchmarking* proposto consiste em avaliar o desempenho dos

planejadores através de um *query* definido por dois pontos aleatórios e válidos para a movimentação do manipulador. Ao total, foi testado um conjunto de nove planejadores cada um com vinte e cinco tentativas para realizar o planejamento com prazo limite de dez segundos para encontrar a solução. O cenário para aplicação da avaliação consiste em um ambiente de teste sem qualquer obstrução de caminho.

As métricas avaliadas para definir o melhor planejador foram duas: o tempo total para o planejador encontrar uma solução e o *solved*, razão entre quantas vezes o planejador conseguiu encontrar uma solução para o caminho e o total máximo de tentativas [10]. O tempo total é descrito pelo somatório do tempo de planejamento, interpolação, simplificação de caminho e processo [10]. Para alcançar o melhor resultado, o planejador precisa minimizar o tempo total e alcançar o valor de máximo de um para o *solved*.

Para apresentação dos resultados utilizou-se o Planner Arena [11], aplicação *web* desenvolvida também pela comunidade responsável pela criação da ferramenta de *benchmarking* do *Movelt!*.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pacote *open source* que deu origem a este artigo se encontra em um repositório público do Senai CIMATEC [12]. Seu material consiste em um pacote completo, com códigos e instruções de instalação bem documentados além de um tutorial para a execução do processo de *benchmarking*. O pacote foi escrito utilizando a linguagem *Python*, de mais alto nível, que é mais acessível sem perder a robustez, mas não está muito presente na comunidade do *Movelt!*.

O desenvolvimento do pacote *ROS* teve como base o uso da ferramenta auxiliar *Setup Assistant*, nativa do *Movelt!*, que utilizou o *URDF (Unified Robot Description Format)* do *Manipulator-H*, formato de arquivo que apresenta a descrição física do robô para gerar o *SDRF (Semantic Robot Description Format)*, arquivo que apresenta a descrição semântica do robô para o *Movelt!*. Durante a aplicação dessa ferramenta, define-se a matriz de colisões do robô, posições pré-configuradas de interesse e se define os solucionadores para os problemas de cinemática e planejamento de trajetórias, sendo escolhidos para esse pacote, respectivamente, *KDL* e *RRT Connect*, presente na biblioteca *OMPL*. Essas escolhas são configuradas como padrões no *Movelt!* sendo a última uma solução muito aceita e recomendada pela comunidade.

Os resultados para o *benchmarking* para a métrica de tempo total são apresentadas nas figuras 3 e 4

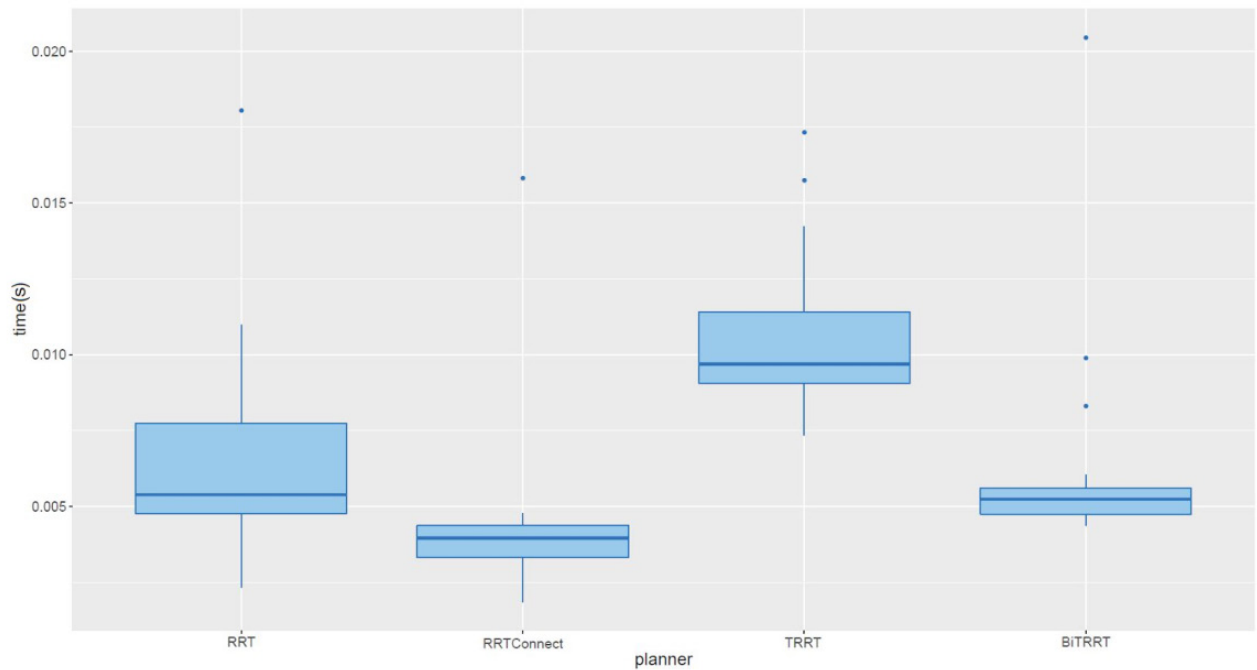


Figura 2. Boxplot do tempo total para o primeiro grupo de planejadores

Fonte: Autoria própria

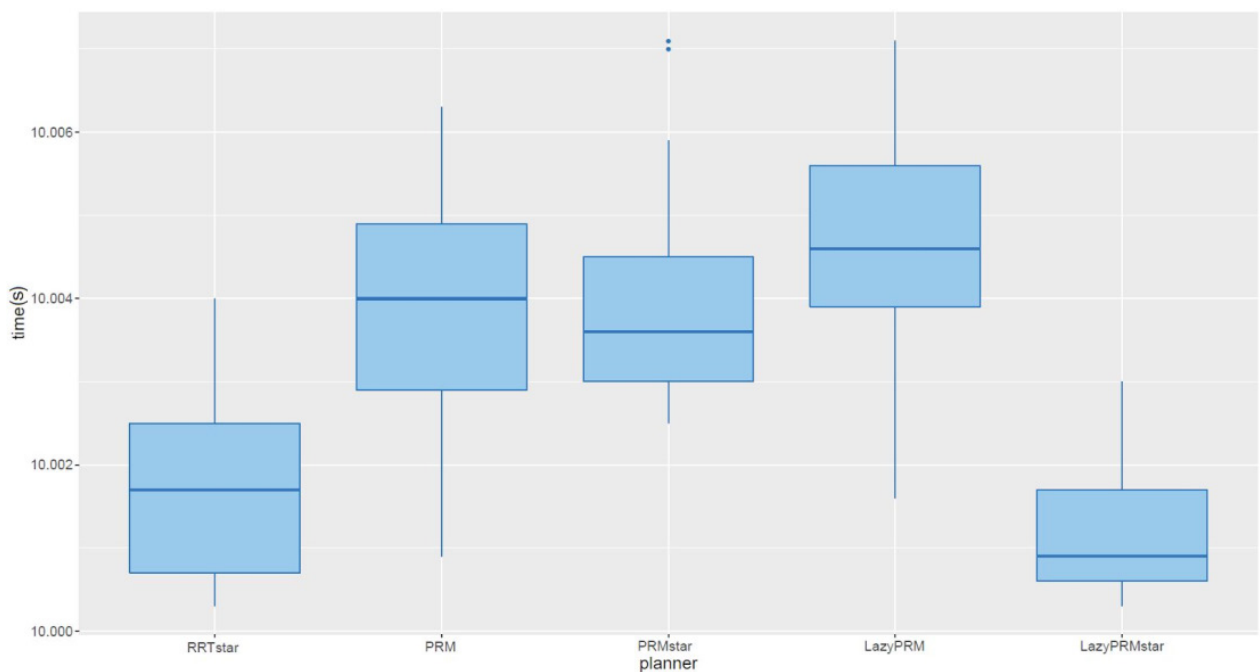


Figura 3. Boxplot do tempo total para o segundo grupo de planejadores

Fonte: Autoria própria

Os gráficos das figuras 2 e 3 são diagramas de caixa referente ao tempo total calculado de cada tentativa para cada planejador. Essa representação é conhecida por *boxplot* e se trata de uma ferramenta gráfica para visualizar a variação do conjunto amostral (representado pelo tamanho da caixa) em torno da média (representado pela linha central e horizontal da caixa).

Os resultados foram divididos em dois grupos, distintos pelo tempo total de solução. Na figura 2 o primeiro grupo é composto por quatro planejadores que apresentam um tempo de resposta inferior a 15 milissegundos, já o segundo grupo de planejadores, representado na figura 3, apresentam um tempo total de resposta em torno de 10 segundos, tempo máximo estabelecido para cada tentativa. Portanto, para aplicações onde o tempo é um fator importante, os planejadores do primeiro grupo demonstram ser uma melhor escolha em comparação aos do segundo para o planejamento de trajetórias para o *Manipulator-H*.

Os resultados para a métrica *solved* todavia, identifica todos os planejadores como capazes de encontrar uma solução para o caminho sem obstrução, visto que conseguiram solucionar o caminho em todas as tentativas, alcançando o valor máximo de um.

Portanto, considerando as métricas definidas, o planejador *RRT Connect* demonstra ser a melhor escolha para o controle do *Manipulator-H*. Apresentado no segundo *boxplot* da esquerda para a direita na figura 2, ele mostra uma menor variação no tempo total em comparação aos outros planejadores do primeiro grupo e a menor média também, sendo abaixo de 5 milissegundos. Isso mostra que seu algoritmo é preciso no encontro das soluções para trajetórias, mesmo sendo testado diversas vezes para o mesmo caminho.

## 4 | CONCLUSÃO

Utilizando o *Manipulator-H* como objeto de estudo e o *MovelIt!* como ferramenta de controle, foi desenvolvida uma solução simples e eficiente para o controle. Além disso foi possível avaliar o planejador mais eficiente considerando as métricas escolhidas através do *benchmarking*: *RRT Connect*. Vale lembrar que apesar deste planejador apresentar melhor resultado, não existe de modo geral uma supremacia para um algoritmo em específico comparado aos outros, mas sim situações em que um pode prevalecer em detrimento de diversas condições a serem especificadas como o tempo máximo para cada tentativa, a presença ou não de obstáculos no ambiente e até mesmo a estrutura do manipulador.

Através desse artigo, é possível verificar que o *MovelIt!* atua como um facilitador para problemas comuns existentes no desenvolvimento de aplicações robóticas que utilizem manipuladores. Dada a sua facilidade de implementação, ferramentas disponíveis e uma comunidade ativa o pesquisador roboticista através do uso desse aparato pode concentrar seus esforços na solução de outros problemas mais complexos e ainda sem solução. Além disso, vale ressaltar a importância da comunidade internacional de robótica no desenvolvimento das principais ferramentas presentes nesse artigo, apresentando soluções de código aberto e, portanto, gratuitas como o *ROS* e o *MovelIt!*.

O pacote desenvolvido utilizando este ferramental, busca propiciar um material para iniciantes e entusiastas nessa área através de um conteúdo explicativo desde a instalação até o uso, algo ausente na comunidade atualmente. Utiliza-se ainda de uma linguagem mais simples, robusta e fácil de compreender como o *Python*. No



futuro, planeja-se incrementar as funcionalidades existentes neste pacote. É almejado acrescentar a possibilidade do uso de uma solução mais robusta para cinemática inversa e direta através do *IKFast* e a visualização do espaço de trabalho do robô.

## REFERÊNCIAS

<sup>1</sup>VINHOLES, Thiago. Liliium apresenta protótipo de táxi aéreo urbano. **Airway**, Disponível em:

<<https://airway.uol.com.br/liliium-apresenta-prototipo-de-taxi-aereo-urbano/>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

<sup>2</sup>HUI, Jonathan. How deep learning fake videos (Deepfake) and how to detect it?.

**Medium**, Disponível em:

<[https://medium.com/@jonathan\\_hui/how-deep-learning-fakes-videos-deepfakes-and-how-to-detect-it-c0b50fbf7cb9](https://medium.com/@jonathan_hui/how-deep-learning-fakes-videos-deepfakes-and-how-to-detect-it-c0b50fbf7cb9)>. Acesso em: 11 ago. 2019.

<sup>3</sup>COLEMAN, David et al. Reducing the Barrier to Entry of Complex Robotic Software: a MoveIt! Case Study. **ArXiv**, 2014.

<sup>4</sup>SPONG Mark W. et al. **Robot Modeling and Control**. New York: John Wiley & Sons Inc., 2006.

<sup>5</sup>PICKNIK, Consulting. MoveIt! Concepts. **PickNik Robotics**, Disponível em:

<<https://moveit.ros.org/documentation/concepts/>>. Acesso em 12 set. 2019.

<sup>6</sup>SUCAN, Ioan; CHITTA, Sachin. **MoveIt**, 23 mai. 2016. Disponível em:

<<http://moveit.ros.org>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

<sup>7</sup>MORGAN Quigley et al. ROS: an open-source Robot Operating System. **ICRA Workshop on Open Source Software**, 2009.

<sup>8</sup>ROBOTIS. About Us. **Robotis**, Disponível em: <<http://www.robotis.us/about-us/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

<sup>9</sup>SUCAN, Ioan et al. The Open Motion Planning Library. **IEE Robotics & Automation Magazine**, v.19, n.4, p. 72–82, 2012.

<sup>10</sup>SHADOW ROBOT, Company. Planners Benchmarking Documentation. **Shadow**

**Robot Company**, Disponível em: <<https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/planners-benchmarking/latest/planners-benchmarking.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

<sup>11</sup>MOLL, Mark et al. Benchmarking Motion Planning Algorithms: An Extensible Infrastructure for Analysis and Visualization. **IEE Robotics & Automation Magazine**, v.22, n.3, p. 96–102, 2015.

<sup>12</sup>REIS, Kaike Wesley. MoveIt! Package for Manipulator-H. **Brazilian Institute of**

**Robotics (BIR)**, Disponível em: <[https://github.com/Brazilian-Institute-of-Robotics/manipulator\\_h\\_moveit](https://github.com/Brazilian-Institute-of-Robotics/manipulator_h_moveit)>. Acesso em: 10 ago. 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

Biopolímeros 137, 146, 147

### C

Coatings 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Coefficiente de atrito 136, 137, 141, 144

Cogeração 50, 51, 90

Competitividade 77, 78, 81, 85, 86, 88, 94, 99

Computação verde 119

### D

Desenvolvimento sustentável 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 168

Desperdício 146, 147, 167

### E

Efluente líquido 165, 174

Energia 9, 1, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 35, 38, 39, 49, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 114, 119, 167, 217, 230, 231

Expansão da geração 15, 18, 75, 76, 85

### F

FPGA 12, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126

### G

Galvanoplastia 165, 166, 167, 168, 175

Geração 9, 1, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 49, 50, 51, 60, 62, 69, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 167, 168, 184, 188

Gerador 1, 2, 5, 6, 9, 10, 47, 58, 76

### H

Hidrelétrica 1, 10, 79

### I

Inteligência artificial 109, 110, 113

### L

Leilões de transmissão 11, 15, 16, 17, 19, 21

Localização 12, 17, 30, 85, 87, 113, 127, 128, 127, 128, 133, 134, 171, 178, 202

### M

Manipulador-H 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

Manutenção 6, 8, 10, 12, 21, 41, 51, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 76, 152, 158, 167, 185, 188, 189, 192  
Marcos fiduciais 127, 128, 129, 134  
Melhores práticas 77, 88, 89, 91, 100  
Mercado Livre 88, 99, 100  
Metalografia 156, 158, 159, 160  
Micromouse 109, 110, 111, 113, 166, 117  
Microscopia óptica 156  
Migração Sísmica 119  
Movelt 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

## N

Nanolubrificante 136, 139, 141  
Nanopartículas de amido 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144

## O

Open source 109, 110, 129  
Oportunidades 11, 13, 75, 88, 90, 95, 97, 134, 187

## P

PIR 35, 36, 37, 46, 47, 48  
Planejamento energético 35, 36, 38, 44, 46, 47, 48  
Project Finance 11

## Q

Qitosana 146, 147, 148, 149, 150, 152

## R

Rendimento 49, 50, 52, 53, 58, 60, 61  
Repotenciação 1, 3, 8, 9, 10  
Risco 4, 15, 51, 67, 76, 79, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 95, 97, 99, 228  
Robótica 9, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 117, 127, 128, 135  
Robótica móvel 110, 109, 128  
ROS 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 129  
RTM 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

## S

Setor elétrico 11, 13, 15, 22, 24, 29, 35, 36, 41, 45, 47, 75, 76, 77, 85, 98, 99  
Simulação 17, 25, 34, 93, 94, 95, 96, 104, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 127, 129, 130, 132, 216, 226  
Smart Grid 64, 70  
Supercapacitor 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74  
Supercomputação 119  
Sustentabilidade 9, 64, 99

## T

Taxa de desgaste 136, 139, 143, 144

Térmicas 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 96, 209, 214

Tratamento 38, 128, 158, 156, 160, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 180, 229

Turbina de Tesla 49, 50, 51, 52, 60, 62

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**