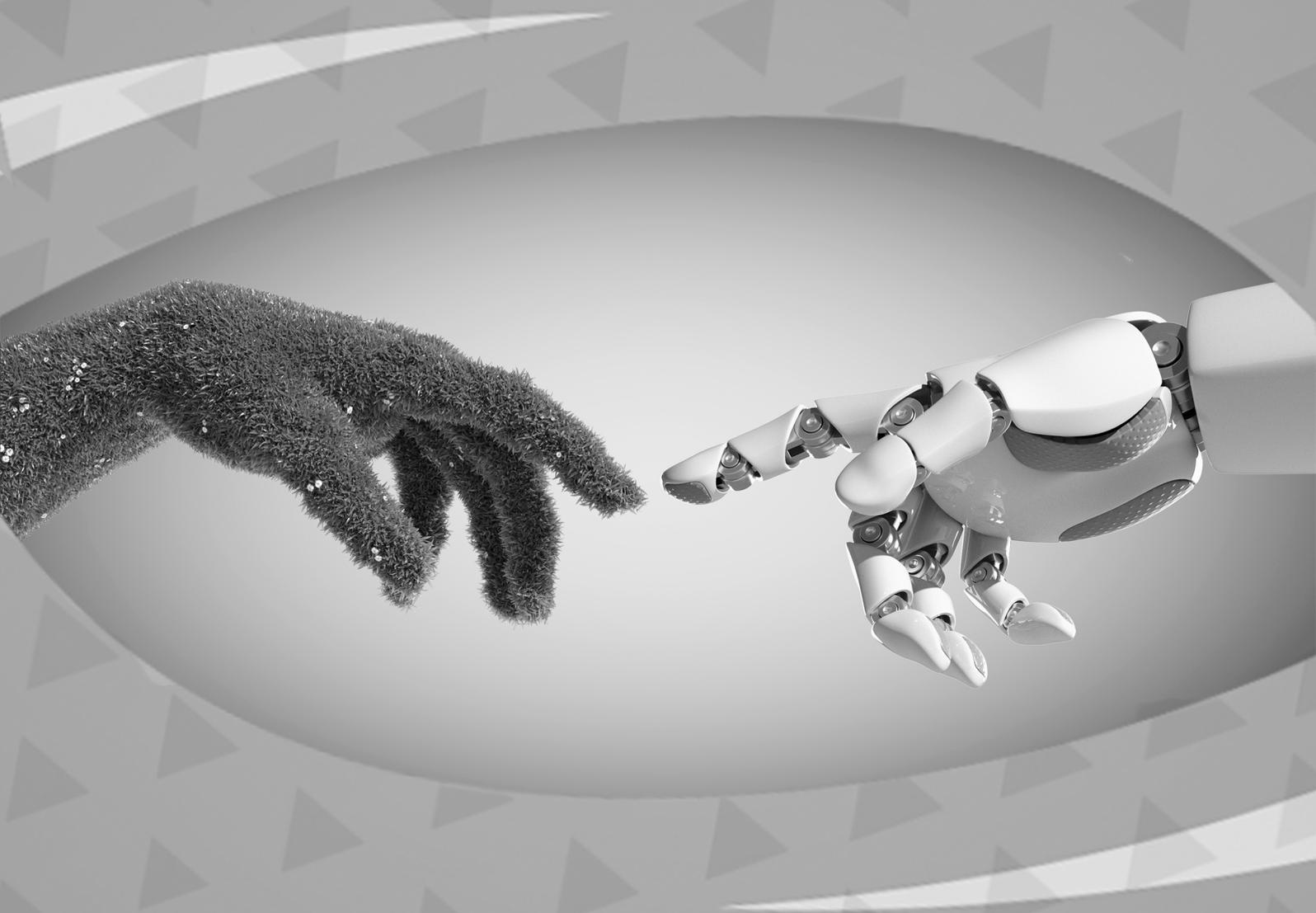


**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **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  
Janina 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 METALOGRAFICA 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>

## ANÁLISE DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS PELO VENTO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

Data de aceite: 02/06/2020

Data de submissão: 04/02/2020

### **Neilton dos Santos Seguins Costa**

Universidade Federal do Maranhão

São Luís – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/8378874485131924>

### **Vilson Souza Pereira**

Universidade Federal do Maranhão

São Luís – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/0619888126389689>

### **Dalmo Inácio Galdez Costa**

Universidade Federal do Maranhão

São Luís – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/1141843215844297>

### **Paulo César de Oliveira Queiroz**

Universidade Federal do Maranhão

São Luís – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/8263828502425458>

**RESUMO:** Fenômenos naturais, como a ação dos ventos, podem gerar efeitos dinâmicos nas estruturas que se não analisados e verificados causam danos catastróficos. Este trabalho teve como objetivo a análise de vibrações em edifícios verticais, utilizando modelagem dinâmica e softwares de análise numérica. O modelo estudado é composto de dez

graus de liberdade, simulando um edifício de estrutura metálica composto de dez andares. É utilizado um modelo simplificado de análise que permite considerar cada andar do edifício como uma massa, com sua rigidez e amortecimento incorporados à estrutura metálica. Foi realizada uma análise de vibração da estrutura usando como entrada uma função que represente as rajadas de vento, estabelecidas em norma regulamentadora, simulando situações que ocorrem naturalmente. A partir deste tipo de análise foi possível obter dados iniciais importantes, como as frequências naturais de vibração e seus modos, sendo importantes resultados relacionados à segurança e confiabilidade da estrutura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ventos. Edificações. Vibração Forçada.

**ANALYSIS OF WIND INDUCED VIBRATIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

**ABSTRACT:** Natural phenomena, such as the action of winds, can generate dynamic effects on structures that, if not properly analyzed and verified, may cause catastrophic failure. In this work the main goal is to perform a vibrational analysis in vertical buildings, using dynamic modeling

and numerical analysis software. The specific model has ten degrees of freedom, simulating a ten-store metal structure building. This simplified model allows to perform the analysis by considering each floor of the building as a mass, with its rigidity and damping incorporated into the metallic structure. An analysis of the structure's vibration was performed using as input a function that represents the wind gusts, established in a Brazilian regulatory standard, simulating naturally occurring situations. In this type of analysis, it was possible to obtain important initial data, such as the natural frequencies of vibration and their modes, with important results related to the safety and reliability of the structure.

**KEYWORDS:** Winds. Buildings. Forced Vibration.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os edifícios atuais apresentam um tipo de construção de múltiplos pavimentos, fazendo com que eles se tornem cada vez mais altos e esbeltos e também mais leves. Este tipo de construção vem sendo utilizada em edifícios verticais, principalmente em países que apresentam um crescente aumento populacional, fazendo com que as cidades busquem a verticalização de suas edificações. Estas estruturas são submetidas a diversos tipos de carregamentos os quais podem afetar suas condições originais, provocando vibrações indesejadas, trincas e fissuras, causando incômodo, comprometendo a estrutura e até provocando o colapso, dando origem a acidentes graves.

Um tipo de solicitação são os carregamentos devido a ação do vento, que em estruturas altas e esbeltas requerem atenção especial pelos efeitos causados. Segundo (VIANA e ARAÚJO, 2009), o vento é provocado por diferenças de pressão e deslocamento de massas de ar na atmosfera, é composto por uma parcela constante (velocidade média) e uma parcela flutuante (rajadas), nas quais sua velocidade varia em torno da velocidade média, ocorrendo de forma aleatória em termos de frequências e intensidades. Segundo (WAHRHAFTIG, 2017), o vento não apresenta problemas para construções baixas e pesadas, porém em estruturas esbeltas torna-se particularmente importante, sendo estas mais sensíveis às ações dinâmicas.

Para analisar os efeitos dessas rajadas de vento, hipóteses foram criadas como o método do carregamento estático equivalente (LAZANHA, 2003), que apesar de aplicável a alguns casos não é um dos mais apropriados por desconsiderar efeitos dinâmicos importantes. Modelos matemáticos que descrevem a ação dos ventos são comuns na literatura, como o método do vento sintético utilizado por (BRASIL, PAULETTI, *et al.*, 2003) e (OBATA, 2009), ou a simulação de Monte Carlo, utilizada por (GUIMARÃES e BRITO, 2000) para simular as rajadas de vento em torres metálicas.

Este trabalho tem por objetivo analisar as vibrações provocadas pela ação dos ventos em edifícios verticais de estrutura metálica, utilizando um modelo teórico simplificado, a fim de obter suas frequências naturais de excitação, suas formas modais, e comparar com a norma NBR 6123/1988 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988), que regulamenta as condições exigíveis na consideração das forças dos ventos para efeitos de cálculo em edificações. Os resultados são obtidos através de uma análise dinâmica linear

para a qual se utiliza softwares de análise numérica.

## 2 | EQUAÇÕES

### 2.1 Modelagem

Segundo (VIANA e ARAÚJO, 2009), um sistema mecânico vibratório é composto de massa, mola e amortecedor. A massa é responsável pelo acúmulo de energia cinética, a mola representa a rigidez do sistema e armazena a energia potencial elástica, enquanto o amortecedor é responsável por dissipar a energia do sistema. As vibrações em sistemas como esses são provocadas pelo acréscimo de energia que pode ser fornecida ao sistema na forma de deslocamentos, velocidades iniciais, abalos sísmicos ou ação do vento, resultando em um movimento oscilatório em torno da posição de equilíbrio.

Utilizou-se um modelo de dez graus de liberdade, representando um edifício de 10 pavimentos de estrutura metálica como mostra a Figura 1. Onde a função de excitação é representada por  $f_i(t)$ , as massas por  $m_p$ , as rigidezes por  $k_p$ , os deslocamentos por  $x_i(t)$  e  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ , representado o número de pavimentos. A formulação utilizada para este sistema não inclui amortecimento, porém um amortecimento estrutural é inserido através do módulo de elasticidade da estrutura.

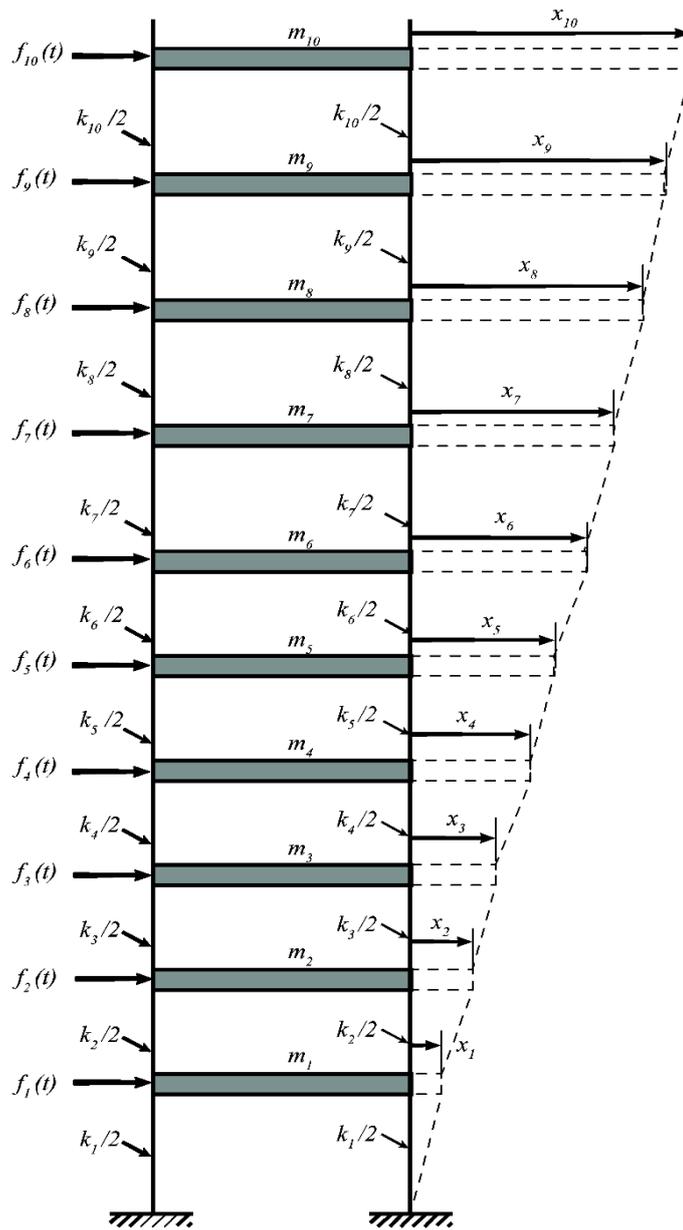


Figura 1 – Representação esquemática da estrutura do edifício mostrando as massas, rigidezes, deslocamentos e excitação.

Fonte: Autor, 2019.

O sistema está sujeito a uma excitação externa e a sua equação de equilíbrio pode ser expressa na forma matricial como:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{u}(t) = \mathbf{F}(t) \quad (1)$$

onde  $M$  e  $K$  são as matrizes de massa e rigidez, respectivamente, dadas por:

$$M = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & m_9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & m_{10} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$K = \begin{pmatrix} (k_1 + k_2) & -k_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) & -k_3 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -k_3 & (k_3 + k_4) & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & (k_9 + k_{10}) & -k_{10} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -k_{10} & k_{10} \end{pmatrix} \quad (3)$$

e,  $u$ ,  $\ddot{u}$  e  $F$  são os vetores deslocamento, aceleração e força, respectivamente, dados por:

$$u = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ \vdots \\ x_9(t) \\ x_{10}(t) \end{bmatrix}; \ddot{u} = \begin{bmatrix} \ddot{x}_1(t) \\ \ddot{x}_2(t) \\ \ddot{x}_3(t) \\ \vdots \\ \ddot{x}_9(t) \\ \ddot{x}_{10}(t) \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ f_3(t) \\ \vdots \\ f_9(t) \\ f_{10}(t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

## 2.2 Norma NBR 6123/1988

As rajadas de vento podem gerar oscilações importantes em estruturas muito altas e esbeltas, especialmente naquelas com nenhum ou pouco amortecimento. Já em estruturas mais baixas e mais robustas com períodos fundamentais menores que 1 s esses efeitos são quase insignificantes.

Segundo a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988), os picos de vento podem ser calculados de duas formas, utilizando o modelo contínuo simplificado e o modelo discreto. O método simplificado foi o escolhido para as finalidades deste trabalho.

O método simplificado se aplica em casos onde a edificação é apoiada exclusivamente na base, não exceda 150 m e a distribuição da massa seja aproximadamente uniforme. Ainda segundo a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988), o período fundamental de vibração da estrutura,  $T$ , a razão de amortecimento crítico,  $\zeta$ , e a forma modal,  $Y$ , estão relacionados ao tipo de construção. Para um edifício com estrutura de aço soldada, temos:

$$T = 0,29 \sqrt{h} - 0,4 \quad (5)$$

onde  $h$  é a altura da edificação.

A variação de pressão dinâmica, segundo a norma, é dada em função da altura pela seguinte equação:

$$q(z) = \bar{q}_0 b^2 \left[ \left( \frac{z}{z_{ref}} \right)^{2p} + \left( \frac{h}{z_{ref}} \right)^p \left( \frac{z}{h} \right)^\gamma \frac{1 + 2\gamma}{1 + \gamma + p} \xi \right] \quad (6)$$

na qual o primeiro termo dentro dos colchetes é a resposta média, referente à pressão estática e o segundo tem relação com a pressão flutuante. Os parâmetros  $b$  e  $p$ , que dependem da rugosidade do terreno, e também o coeficiente de amplificação dinâmica,  $\xi$ , são dados em tabelas disponíveis na norma,  $z_{ref}$  é a altura de referência, e  $\bar{q}_0$  é a pressão dinâmica inicial do vento, dado em N/m<sup>2</sup>, definido por:

$$\bar{q}_0 = 0,613 \cdot V_p^2 \quad (7)$$

onde  $V_p^2$  é chamada de velocidade de projeto e depende da velocidade básica do vento,  $V_0$ , que varia de acordo com a região e é dada no gráfico de isopletras disponível na norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988),  $S_1$  e  $S_3$ , que estão relacionadas às características topográficas e estatísticas do terreno, respectivamente. Os valores dessas constantes estão listados em tabelas e gráficos da norma. A velocidade de projeto em m/s é dada por:

$$V_p = 0,69 \cdot V_0 \cdot S_1 \cdot S_3 \quad (8)$$

Para calcular a amplitude da força estática equivalente por unidade de altura (N/m) do edifício, é preciso encontrar o coeficiente de arrasto,  $C_a$ , que pode ser estipulado em um dos gráficos da norma, a dimensão horizontal perpendicular à direção dos ventos,  $L_1$ , e a pressão dinâmica fornecida pela Equação (6), sendo então obtida por:

$$F(z) = q(z) \cdot C_a \cdot L_1 \quad (9)$$

### 3 | METODOLOGIA

O edifício estudado é de estrutura de aço soldada, com 42 m<sup>2</sup> de área, localizado em uma região no centro de São Luís – MA, contendo 10 pavimentos. Cada pavimento possui pé direito de 3 m, todos acima da cota do terreno. As lajes de todos os pavimentos possuem

peso de  $2500 \text{ kg/m}^2$  e uma carga variável de  $200 \text{ kg/m}^2$ . A estrutura é composta de vigas/pilares de aço estrutural, com módulo de elasticidade  $E = 209 \times 10^9 \text{ Pa}$  e perfil comercial do tipo “I” W610X113. Essas massas foram consideradas durante a análise do problema. Considerou-se cada pilar engastado na base, de forma que fosse possível modelar a estrutura como vigas engastadas-livres.

Para encontrar a amplitude de excitação estática, utilizou-se o método simplificado disposto na norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988). A estrutura foi excitada com uma força do tipo pulso triangular com período de  $1,188 \text{ s}$  e frequência fundamental de  $0,8415 \text{ rad/s}$ , como mostra a Figura 2, no seu último pavimento onde os efeitos dinâmicos são mais consideráveis.

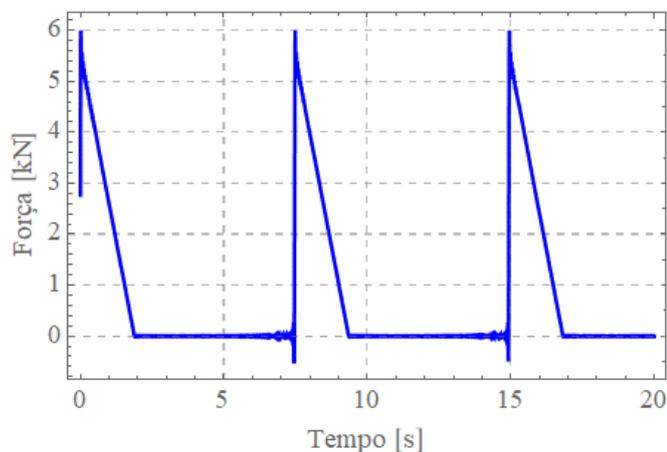


Figura 2 – Representação por série de Fourier do modelo de excitação que simula as rajadas de vento como um pulso triangular.

Fonte: Autor, 2019.

Os dados adotados para a análise estão dispostos na Tabela 1. O sistema foi resolvido com o auxílio do software *Mathematica*.

Dados	
Velocidade básica do vento ( $V_0$ )	30 m/s
Fator topográfico ( $S_1$ )	1,00
Categoria do terreno ( $S_2$ )	Cat. II, Classe B ( $b = 0,74$ e $p = 0,15$ )
Fator estatístico ( $S_3$ )	1,00
Altura do edifício ( $h$ )	30 m
Dimensão perpendicular à linha de ação da força do vento	7 m
Dimensão paralela à linha de ação da força do vento	6 m
Razão de amortecimento crítico ( $\zeta$ )	0,01
Forma modal ( $\gamma$ )	1,20
Coefficiente de amplificação dinâmica ( $\xi$ )	1,53
Coefficiente de arrasto ( $C_a$ )	1,38

Tabela 1 – Dados adotados na análise utilizando o método simplificado.

Fonte: Autor, 2019.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 exibe os valores de pressão dinâmica e estática e as amplitudes da força de excitação em todos os pavimentos para cada tipo de pressão. Esses valores foram determinados utilizando as Equações (5) a (9).

z (m)	Pressão flutuante		Pressão estática	
	q (N/m <sup>2</sup> )	$F_0$ (N/m)	q (N/m <sup>2</sup> )	$F_0$ (N/m)
3	123,8	1196,8	210,5	2033,7
6	177,4	1717,1	259,2	2503,7
9	227,3	2200,3	292,7	2827,6
12	276,1	2673,8	319,1	3082,5
15	325,6	3145,7	341,2	3295,9
18	374,7	3619,5	360,4	3481,2
21	424,1	4096,6	377,4	3645,9
24	473,9	4577,9	392,9	3795,0
27	524,2	5063,6	406,9	3931,4
30	574,9	5553,8	420,1	4057,7

Tabela 2 – Valores da pressão flutuante, pressão estática e amplitude de força segundo a NBR 6123/1988.

Fonte: Autor, 2019.

Pela Figura 3 percebe-se que a amplitude de força dinâmica tem maior relevância quando o edifício é mais alto e esbelto, enquanto que a amplitude estática tem valores maiores que a dinâmica em edifícios mais baixos, o que está de acordo com a norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988). Portanto, optou-se por fazer uma análise dinâmica da estrutura para observar seu comportamento quando submetida à força dos ventos no seu ponto mais alto.

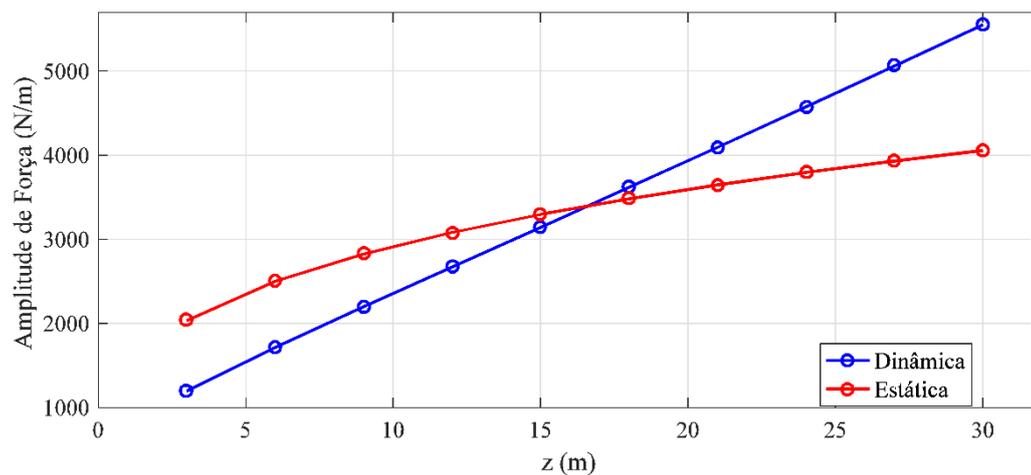


Figura 3 – Variação das amplitudes de excitação dinâmica e estática em função da altura da edificação.

Fonte: Autor, 2019.

Realizou-se uma análise modal da edificação, com a finalidade de encontrar seus modos de vibrar. A Figura 4 exibe os quatro primeiros modos de vibrar da estrutura e suas frequências. Segundo (VIANA e ARAÚJO, 2009), ao considerar somente o primeiro modo fundamental de vibração na contribuição da resposta dinâmica os erros seriam abaixo de 10%.

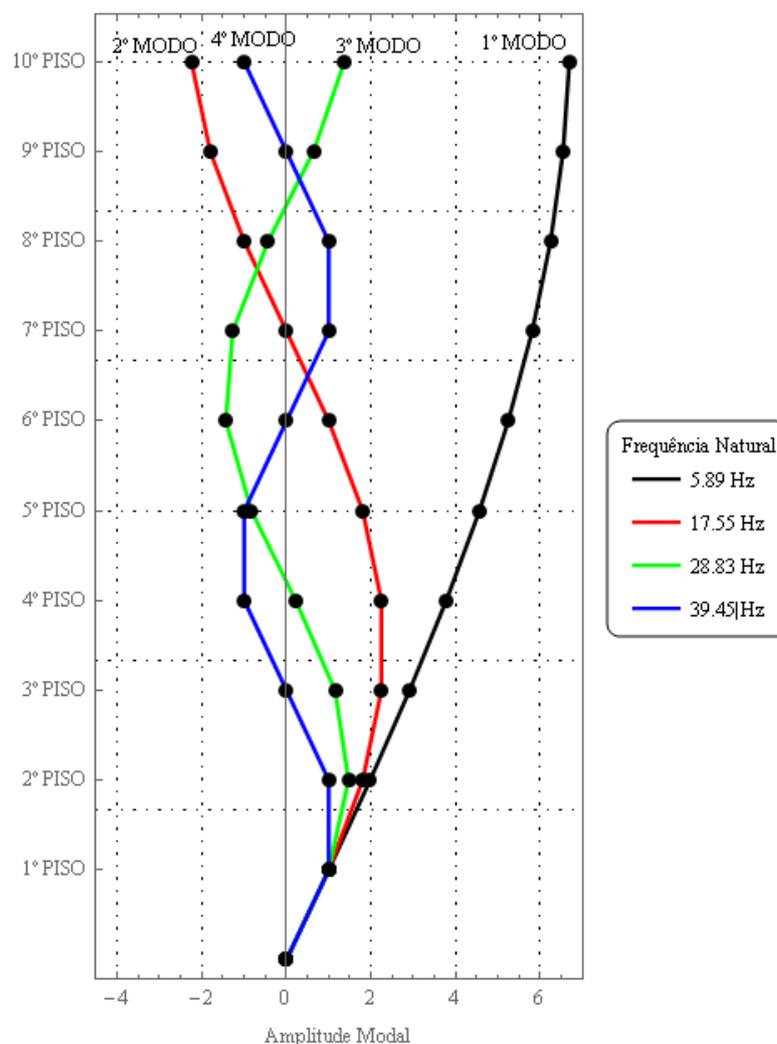


Figura 4 – Variação das amplitudes de excitação dinâmica e estática em função da altura da edificação.

Fonte: Autor, 2019.

A Figura 5 mostra a resposta de deslocamento da estrutura. Observa-se que ao primeiro pulso, ou rajada de vento, a estrutura apresenta um deslocamento de 4 mm e logo após o segundo pulso esse valor sobe para 6,55 mm. Contudo, ao analisarmos em um intervalo de tempo maior, observa-se o fenômeno de batimento, com pacotes de onda se propagando periodicamente na estrutura. Isso mostra que o valor da frequência de excitação se encontra em uma faixa próxima das frequências naturais da estrutura. Em casos como esses, uma análise mais refinada do modelo deve ser testada a fim de avaliar essas frequências. A Figura 6 exhibe o fenômeno de batimento que ocorreu na estrutura. Este fenômeno ocorre principalmente devido essa proximidade entre as frequências naturais da estrutura e a frequência de excitação da mesma.

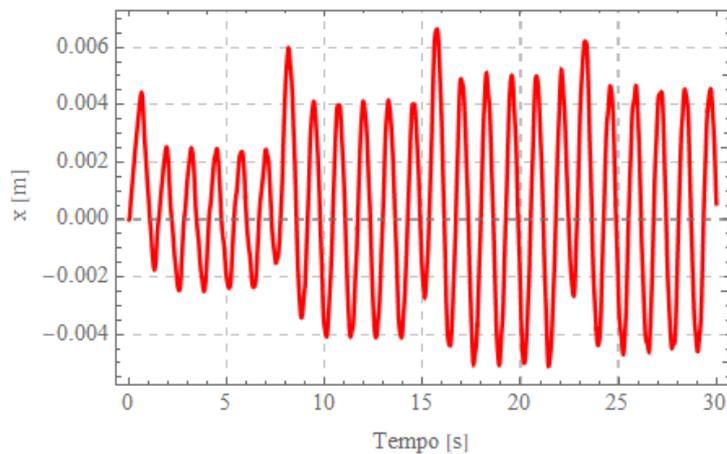


Figura 5 – Variação das amplitudes de excitação dinâmica e estática em função da altura da edificação em um intervalo de 30 s.

Fonte: Autor, 2019.

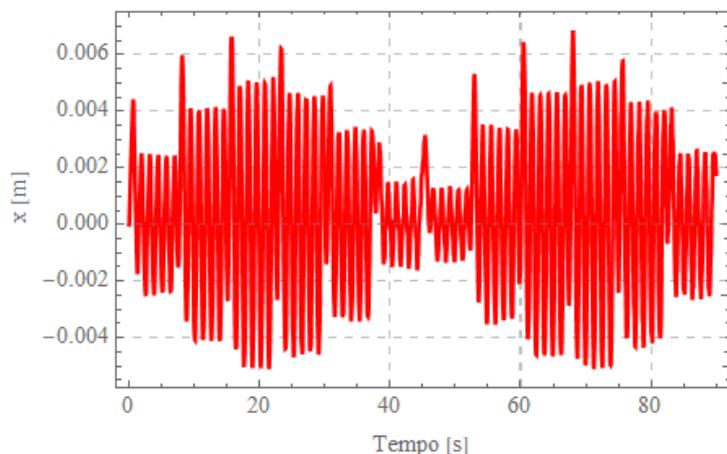


Figura 6 – Variação das amplitudes de excitação dinâmica e estática em função da altura da edificação em um intervalo de 90 s.

Fonte: Autor, 2019.

## 5 | CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar as vibrações provocadas pelo vento em edifícios verticais de estrutura metálica. Utilizou-se um sistema composto por dez graus de liberdade, simulando os 10 pavimentos da edificação, não amortecido e excitado pela ação de uma força do tipo pulso triangular para simular a ação dos ventos. A norma NBR 6123/1988, que trata das condições exigíveis na consideração das forças devido à força dos ventos, foi consultada como meio de obter e comparar os parâmetros usados na análise e os resultados obtidos.

Os valores das forças do vento foram calculados utilizando o método simplificado descrito na norma e suas amplitudes usadas para excitar a estrutura especialmente no último pavimento, que por ser mais alto é o que mais sofre com a ação das rajadas de vento.

Os resultados mostraram que a pressão dinâmica tem maior importância quando consideramos edifícios mais altos e esbeltos, de acordo com a norma, e que construções

inferiores a 16 m são mais afetadas pela pressão estática, não sofrendo tanto com a ação do vento por serem menores e mais robustas. Também foi possível analisar os modos de vibrar da edificação e suas frequências naturais de vibração. Esses dados nos dizem como a estrutura se comporta em determinada faixa de frequência, permitindo ao projetista ter uma estimativa de qual faixa evitar, podendo estimar se em determinada região essas frequências ocorrem ou não. Por fim, fez-se a análise dos deslocamentos no último pavimento da estrutura quando submetida às rajadas de vento. O valor máximo chegou a 6,55 mm, o que é aceitável para uma estrutura de 30 m de altura fracamente amortecida. Pôde-se observar também que a estrutura apresentou o fenômeno de batimento quando analisamos seu comportamento em intervalos de tempo maiores. Isso indica que as frequências fundamentais da estrutura se encontram consideravelmente próximas às frequências de excitação.

No geral, os resultados ficaram dentro do esperado, em concordância com a norma, e apesar de ser utilizado um modelo simplificado, foi possível obter informações importantes a respeito da estrutura. Contudo, por se tratar de um modelo simples e puramente teórico, outras análises devem ser realizadas como forma de validação dos resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devido ao vento em edificações**. Rio de Janeiro. 1988.

BRASIL, R. M. L. R. F. et al. **Efeito do vento sobre uma torre para telecomunicações em concreto pré-moldado**. V Simpósio EPUSP de Estruturas de Concreto. São Paulo: [s.n.]. 2003. p. 98-100.

GUIMARÃES, M. J. R.; BRITO, J. L. V. **Análise estática e dinâmica de torres metálicas autoportantes**. In: Congresso Ibero Latino-Americano de Métodos Computacionais para Engenharia – Cilamce. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2000. p. 18-37.

LAZANHA, E. C. **Análise dinâmica elasto-plástica de estruturas metálicas sob excitação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

OBATA, S. H. **Vento sintético e a simulação de Monte Carlo – uma forma de considerar a característica aleatória e instável do carregamento dos ventos em estruturas**. Exacta, São Paulo, v. VII, p. 77-85, 2009.

VIANA, A. C. P.; ARAÚJO, T. D. **Análise dinâmica bidimensional de edifícios submetido a rajadas de vento**. Congresso Ibero Latino-Americano de Métodos Computacionais para Engenharia – Cilamce. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2009. p. 01-07.

WAHRHAFTIG, M. A. **Ação do vento em estruturas esbeltas com efeito geométrico**. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Blücher, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

Biopolímeros 137, 146, 147

### C

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

Coeficiente 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**