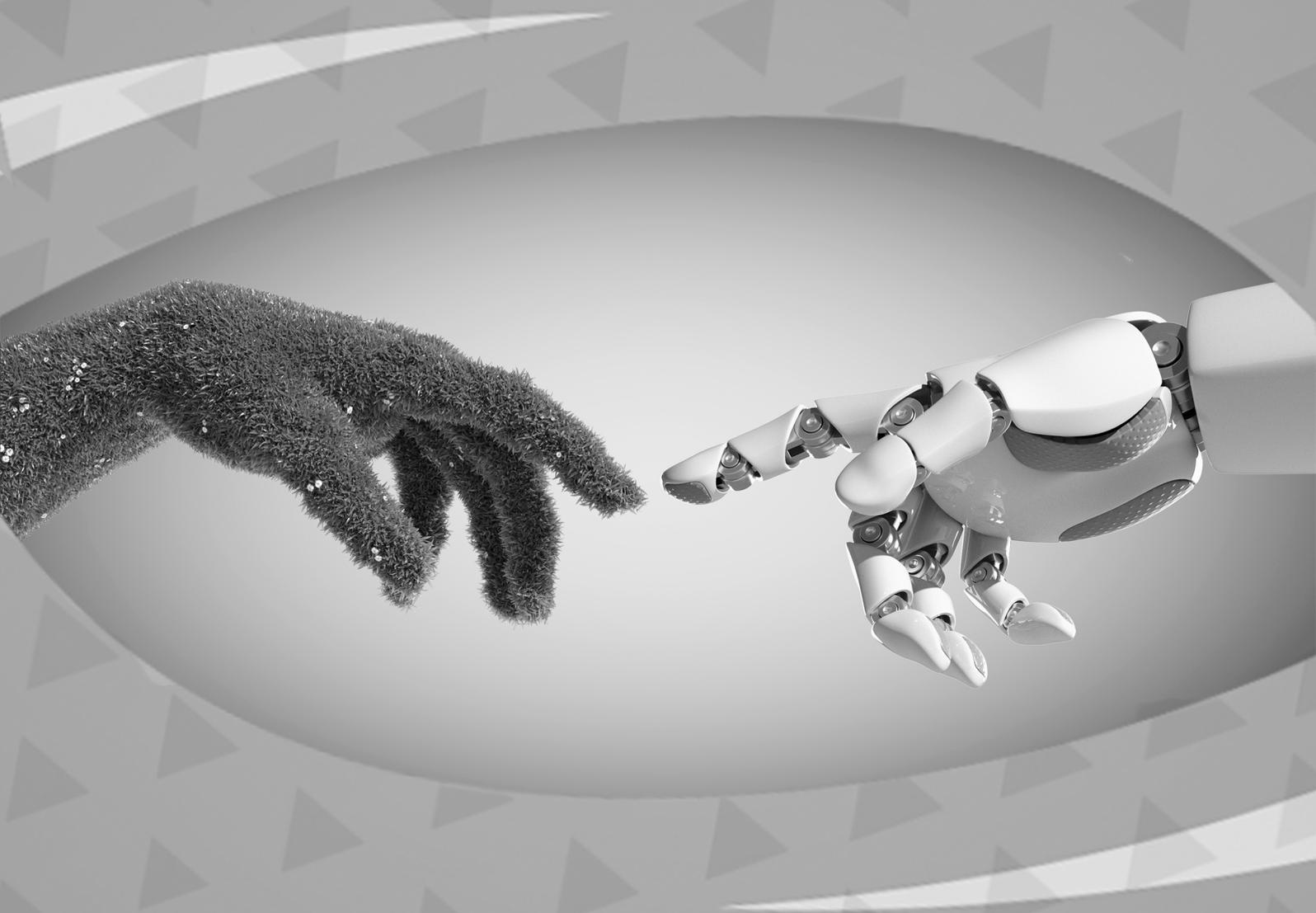


**Franciele Braga Machado Tullio  
Leonardo Tullio  
(Organizadores)**



# **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:** Profª Drª 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**

Profª Drª 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

Profª Drª 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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª 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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª 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

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  
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 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>

## O FUTURO DAS TÉRMICAS NA MATRIZ BRASILEIRA – PRÁTICAS E FUNDAMENTOS

Data de aceite: 02/06/2020

**João Carlos de Oliveira Mello**  
THYMOS ENERGIA

**Thaís Melega Prandini**  
THYMOS ENERGIA

**Marcelo Ajzen**  
THYMOS ENERGIA

**Xisto Viera Filho**  
ABRAGET

**Edmundo Pochman da Silva**  
ABRAGET

**RESUMO:** Este artigo busca apresentar os fundamentos conceituais e novas práticas sugeridas que respaldam a necessidade de térmicas no sistema com argumentos técnicos. A proposta é avaliar a inserção de novos projetos térmicos com características de despacho na base no futuro da matriz e capturar os benefícios associados a esta meta, num balanço adequado de custos e segurança para o sistema. Isto deve passar pela indicação mais precisa dos critérios adotados no planejamento da expansão, e ao mesmo tempo estabelecer critérios técnicos e econômicos para a quantificação do montante necessário de térmicas em cada leilão. As conclusões buscam oferecer

de forma clara a abordagem sugerida na inclusão objetiva das térmicas na matriz de energia elétrica nacional. Paralelamente são também apresentados casos testes que apontam de forma incontestável a necessidade de aprimorar a segurança do sistema com as térmicas, que também auxiliam o controle de custos ao consumidor final.

**PALAVRA-CHAVE:** Térmicas, Expansão da Geração, Novas Oportunidades.

### 1 | INTRODUÇÃO

A matriz de geração de energia elétrica brasileira é caracterizada por ser predominantemente renovável, onde as usinas hidrelétricas geram mais de 70% da eletricidade consumida no país. A geração térmica exerce uma importante função de complementaridade no sistema brasileiro e cada vez mais será necessária. O setor elétrico atravessa por um momento de transição estrutural importante da sua matriz (i) A presença maior de projetos termelétricos é uma realidade, (ii) Novos projetos de geração renovável (hidráulicos e eólicos) com produção intermitente fará com que térmicas sejam despachadas com maior frequência para assegurar o suprimento

energético, e evitar problemas para a operação, uma vez poderão ocorrer agravamentos da estabilidade transitória e dinâmica do SIN se não forem tomadas, com antecedência, as devidas precauções; (iii) Novas regras no setor (Resolução CNPE nº 3/2013 [5]) buscam priorizar a segurança do suprimento energético, o que resultará num despacho térmico mais significativo.

As fontes renováveis, por serem especialmente dependentes do clima, necessitam da inserção de geração térmica para promover a segurança do sistema, evitando riscos de abastecimentos ocasionados por alterações climáticas. O planejamento eficaz da expansão do parque gerador de energia deve atender aos critérios de segurança operativa e de minimização dos custos de expansão. A configuração de expansão da geração proposta deve, portanto ser elaborada de modo a minimizar os custos de expansão esperados, formados pelos custos referentes aos novos investimentos no sistema, os custos marginais de operação e os correspondentes custos associados ao risco de déficit de energia. Levando em conta estes aspectos de forma conjunta a meta é obter um plano de obras de geração que minimize os investimentos e o custo da operação esperado, incluindo o despacho e a segurança do sistema.

A Resolução CNPE nº 03 [5] estabeleceu diretrizes para a internalização de mecanismos de aversão a risco nos programas computacionais para estudos energéticos e formação de preço. Um dos efeitos esperados com a aplicação da aversão ao risco é uma mudança no padrão do despacho térmico. As amplitudes entre despacho mínimo e máximo ao longo do ano serão menores, reconhecendo de forma determinante a necessidade da complementação térmica quase que permanente. Isto resulta na manutenção de um despacho mais alto de térmicas nas séries hidrológicas mais críticas, porém a presença térmica ainda se fará presente em grande parte do tempo. Isto é devido ao crescimento do volume das energias intermitentes (hidráulicas a fio d'água e eólicas) que faz com que a curva de permanência do despacho térmico seja maior que o atual. A mudança no padrão de despacho térmico é uma necessidade estrutural e o modelo de aversão ao risco captura esta tendência até o limite da capacidade instalada do parque térmico.

A complementaridade térmica, além de assegurar a segurança do sistema, deve ser planejada de modo a minimizar os custos de operação do sistema. É importante ressaltar que a frequência de despacho térmico futura não é compatível com a matriz térmica atual com poucas térmicas na base.

Neste contexto, se faz necessária um aprimoramento nas metodologias de planejamento empregadas no setor elétrico brasileiro, quanto aos critérios de planejamento e segurança do sistema, além da análise dos aspectos econômicos e financeiros da expansão da oferta, que possibilite uma abordagem mais realista e resulte em um planejamento eficaz em termos de segurança e custos.

Este trabalho propõe discutir as vantagens de um planejamento hidrotérmico para assegurar a segurança e a confiabilidade do sistema. Na realidade, os autores acreditam que o PDE 2023 é tímido na proposição de novos projetos térmicos, e apenas no período 2019 a 2023 admite a entrada de blocos térmicos (7500 MW) sem necessariamente especificar as

fontes envolvidas. Seria fundamental que se buscasse diagnosticar melhor a composição dos blocos térmicos, sinalizando inclusive seu padrão de “despachabilidade” (base ou flexível) para orientação de investidores que desejam formatar suas soluções. A especificação dos blocos térmicos deve seguir uma metodologia que busque refletir realmente o papel das térmicas – segurança e previsibilidade. Outro debate importante é que o planejamento da oferta deve ser não só indicativo e dominado pelos leilões públicos, mas deve existir uma sincronia com o melhor padrão para o SIN.

Este artigo busca oferecer uma descrição das melhores práticas na consideração da **geração térmica**, como um novo vetor na expansão, e sua sincronia com o planejamento do setor elétrico como um todo. São apresentados alguns casos práticos com a experiência dos autores no diagnóstico do planejamento do setor elétrico nacional.

## 2 | O MOMENTO DAS TÉRMICAS NO SISTEMA

No setor elétrico antes das reformas no seu modelo em meados da década de 90 do século passado, a competição entre a energia térmica e a energia hidráulica pelo mercado não existia. Numa conjuntura onde o sistema era predominantemente hidráulico com grande capacidade de armazenamento, as poucas usinas termelétricas existentes funcionavam apenas como reserva estratégica (“backup”). A competitividade da energia hidráulica no passado tornava a energia térmica muito pouco atraente do ponto de vista de um planejamento centralizado, e o Brasil não tinha um mapeamento fiel da sua capacidade de produção de combustíveis para suprir as térmicas. O aproveitamento ótimo da capacidade geradora existente ao menor custo possível para o consumidor final, sempre implicou numa predominância do despacho das hidráulicas.

A partir da primeira reforma no modelo de 1995-2003 (Lei 9074/1995 e outras), a ideia da competição das fontes de geração estava fundamentada na criação de um mercado competitivo de energia com base na contratação bilateral entre os agentes do mercado. Neste modelo foi mantido o mesmo conceito de minimização do custo de operação do sistema, através do despacho ótimo das fontes disponíveis. O programa prioritário de termelétricidade – PPT foi lançado em fevereiro de 2000, por meio do Decreto 3.371/00 e regulamentações posteriores. Havia uma clara intenção de ancorar o projeto do gasoduto Brasil – Bolívia (GASBOL) no mercado termelétrico. Este programa objetivava o incremento da capacidade instalada termelétrica no País, através da aplicação de diversos incentivos, dentre os quais: garantia do suprimento de gás natural por até 20 anos; garantia de aplicação de um valor normativo para a distribuidora de energia elétrica repassar para as tarifas por 20 anos; garantia de acesso a recursos financeiros do BNDES, e preço único do gás natural em todo o País. O PPT, entretanto, passou por várias incertezas em relação às diretrizes do setor elétrico e ao suprimento de combustíveis, o que potencializou a dificuldade para sua implantação plena, resultando numa significativa diferença entre o número de usinas projetadas e as efetivamente construídas, ou em construção.

O novo modelo após 2004 (Lei 10.848/2004) manteve a competição pelo mercado para

as fontes de geração através da contratação bilateral. Os problemas de competitividade das térmicas com as usinas hidráulicas continuam, muito embora o sistema interligado atual tenha se tornado cada vez mais hidrotérmico. Uma gestão eficiente das fontes no atendimento à segurança operativa é primordial, e neste sentido o novo modelo de 2004 inclui o leilão de energia nova, visando à expansão com base na competitividade pelo mercado do ACR (distribuidoras), e incluiu a modalidade de contratação por disponibilidade para atrair novos investidores em projetos termelétricos com a minimização dos riscos do despacho, provocados pela variação das condições hidrológicas, que influenciam as hidrelétricas.

O racionamento de eletricidade em 2001 trouxe reflexões importantes para a recomposição da matriz brasileira, e novas unidades térmicas foram agregadas paulatinamente ao sistema. Com efeito, desde 1998 já se reconhecia a necessidade de se agregar fortemente geração térmica a matriz nacional, haja visto a criação do PPT (Programa Prioritário de Geração Termelétrica), cujas principais usinas, no entanto, somente se materializaram alguns anos após a criação do Programa. Entretanto, é possível afirmar que o volume não foi suficientemente adequado e a composição da “pilha térmica”, para o despacho por mérito, ainda está muito longe de ser uma razoabilidade de custos.

A Tabela 1 ilustra a evolução da matriz de energia elétrica do ponto de vista do operador (ONS). Notar que houve grandes mudanças de padrão de 2001 a 2015, com o aumento total da oferta em diversos segmentos, inclusive o térmico. Isto promove uma sensação de maior segurança, porém o aumento da capacidade térmica ainda não suficiente para afirmar que o sistema hoje é mais seguro que em 2001.

Ao mesmo tempo, o segmento hidrelétrico cresceu 40% em capacidade instalada, porém em capacidade de armazenamento o crescimento foi bem menor, devido à diminuição de novas usinas com reservatório.

Tipo de Oferta (MW inst.)	2001	2015
Hidráulica	64.705	90.114
Térmica	5.545	19.187
Nuclear	1.966	2.007
PCH	855	4.914
Biomassa	0	9.994
Eólica	21	4.975
<b>TOTAL</b>	<b>73.092</b>	<b>131.191</b>
<b>Cap. Armazenam. (MW.médio)</b>	<b>236.505</b>	<b>288.790</b>
<b>Carga (MW.médio)</b>	<b>40.632</b>	<b>66.222</b>

Tabela 1 – Evolução da Matriz (2001-15)

Fontes: 2001 – ONS e 2015 – CCEE: Boletim de Operação das Usinas – fev/2015

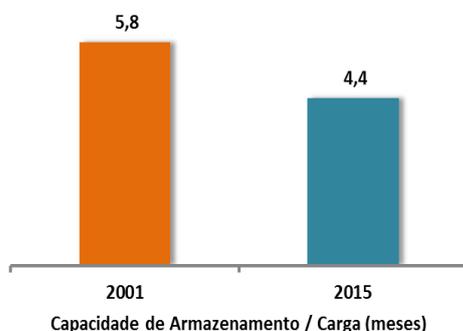


Figura 1 – Redução do Estoque Regulador (2001-15)

Com isto se alcança uma redução do estoque regulador como ilustrado na Figura 1. A segurança é aparentemente menor devido a esta redução apesar do aumento das térmicas. Outra visão sobre o mesmo problema de segurança é que a carga líquida que as hidrelétricas “enxergam”, ou seja, a carga total menos a garantia física (GF) das demais fontes. A partir do cálculo da GF dos demais segmentos, e sabendo que o fator de capacidade do sistema caiu de 62% para 53%, e a GF hidrelétrica (50 GW.médios em 2015 e 39 GW.médios em 2001) está com uma margem frente a carga líquida que é praticamente mesma em 2015 e 2001 (cerca 15%). Ou seja, o sistema em 2015 está tão vulnerável aos riscos hidrológicos como estava em 2001. Isto pode ainda se tornar mais crítico com a revisão da GF das hidrelétricas, que foram em sua maioria calculadas com o critério de suprimento de risco de déficit de 5%, e que serão reduzidas ao modificar com o critério de cálculo para  $CMO=CME$ .

Esta situação de dependência extrema das condições hidrológicas das hidrelétricas já deveria estar resolvida como meta do planejador. As tentativas de redução da dependência da geração elétrica da fonte hidráulica reforça a necessidade a adoção de um programa realista de construção de termelétricas. Outro fator de preocupação no uso extensivo das termelétricas é composição da “pilha térmica”, para o despacho por mérito realizado pelo ONS. A ordem de mérito apresenta um perfil muito reduzido de térmicas de base, o que faz com que os custos do despacho térmico se dirijam rapidamente para o uso de fontes mais custosas.

Na **Figura 2** é apresentada a “pilha térmica” do ano de 2015 e de 2019. Percebe-se uma melhora na entrada de térmicas de base até 2019, que correspondem a usina nuclear de Angra 3, outras térmicas à carvão e gás natural ciclo combinado, que estavam em atraso ou foram selecionadas no último leilão A-5 de 2014. É possível notar que na **Figura 2** houve até 2019 uma mudança no padrão com capacidade adicional térmica de 1,9 GW com CVU até R\$ 200/MWh e 3,5 GW com CVU até R\$ 400/MWh. Estas novas térmicas mudam o padrão da “pilha térmica”, mas os autores entendem que ainda não é suficiente.

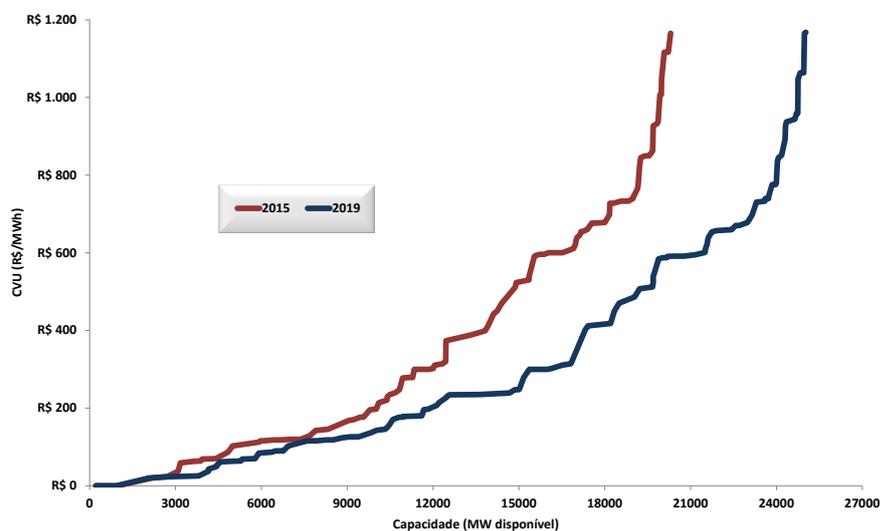


Figura 2 – Evolução da Pilha Térmica – R\$/MWh (moeda constante)

### 3 | AS TÉRMICAS NA EXPANSÃO - LEILÕES

Grande parte da expansão está apoiada nos leilões públicos para comercialização de energia no mercado regulado (70% do volume total). A prática comercial do novo modelo exigiu compromissos com a nova oferta com alguma antecedência, seja cinco ou três anos antes da entrada em operação da nova geração. Desta forma no âmbito do plano decenal uma parcela da expansão já está previamente contratada e não é mais uma variável de decisão do planejamento. A expansão é hoje uma definição do mercado e o planejamento busca definir tendências futuras e as melhores opções do ponto de vista do planejador para a expansão. Entretanto, comparando os resultados dos leilões de energia nova (LEN) e o planejamento, se percebe uma discrepância grande entre o que está planejado e o que está sendo contratado, principalmente no que se refere à expansão térmica. Esta falta de

sincronia entre a resposta do mercado e o planejado deve ser minimizada. A dispersão do que está sendo planejado em relação às térmicas pode estar associada com alguma falha neste conceito de seleção no LEN.

Com uma expansão planejada mais próxima das necessidades reais do sistema seria possível encontrar alteração dos produtos e procedimentos do leilão para as térmicas. A segmentação da oferta de um leilão exclusivo de térmicas por padrão de despacho é uma solução a ser considerada. A vantagem percebida seria a criação de uma ligação entre o planejamento e a licitação, sendo possível inserir neste contexto os projetos de forma regional. A solução para superar esta fragilidade é adotar um preço teto para cada fonte térmica, e o não atendimento desta restrição por determinada fonte deverá ser atendido pelas outras atendendo critério de menor preço (contestação econômica).

A competitividade dos contratos de disponibilidade oriundos das térmicas é muito influenciada pelas expectativas de despacho destas unidades, e conseqüentemente do consumo de combustíveis destas. No ambiente do leilão este processo competitivo acaba não privilegiando as fontes térmicas de base, pois as mesmas possuem uma receita fixa maior e um custo de operação menor, fazendo com que usualmente o índice de custo benefício (ICB), que captura valores médios de longo prazo, não as coloque numa boa posição de competitividade. Entretanto, deve ser reconhecido que a necessidade de uma receita fixa maior é o reflexo de um investimento maior (CAPEX) para alcançar um custo de operação menor (OPEX), que é deve ser priorizado com uma excelente fonte para a segurança no longo prazo numa matriz cada vez mais frágil com relação aos recursos da natureza (vazões, vento, safras e incidência solar). O fato é que a competição da forma que está não favorece aos investidores em térmicas de custo operação baixo e que operam na base. As fontes renováveis é uma tendência futura, porém devem ser complementadas com térmicas que ofereçam segurança aos consumidores finais.

O desafio que se apresenta é encontrar a melhor forma de especificar de forma precisa e com a competição pelo mercado (leilões públicos), o “mix” perfeito com das novas usinas térmicas e a expansão das demais fontes. A entrada de fontes térmicas não tem sido continua ao longo dos anos em cada LEN. A **Figura 3** ilustra os contratos (CCEAR) derivados dos LEN. No pico da contratação entre 2019 e 2022 o valor de 30.390 MW.médio contratado é quase 50% do mercado atual de 2015. Com certeza os LEN como indutores da expansão no Brasil representam uma experiência bem sucedida.

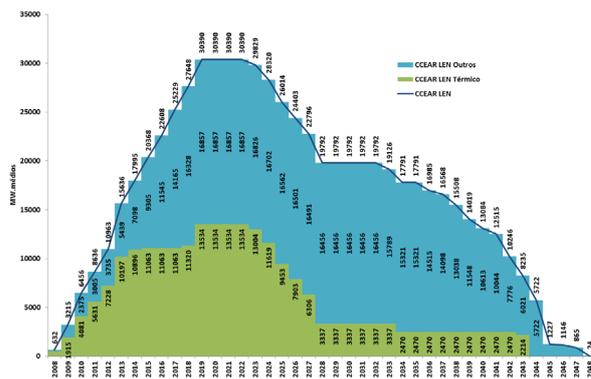


Figura 3 – CCEAR nos LEN (fonte CCEE)

As reduções a partir de 2022 na **Figura 3** representam o vencimento dos CCEAR originais, que deverão ser recontratados em modalidade (CCEAR existente ou reserva, quantidade ou disponibilidade) que ainda será futuramente definida. Da **Figura 3** também é possível concluir que a térmicas possuem um papel importante no volume total, apesar de apresentarem uma “pilha térmica”, como na **Figura 2**, ainda longe do ideal. A renovação dos contratos será uma excelente oportunidade de “trocar” as térmicas flexíveis (óleo combustível e diesel) por outras térmicas de base, como lastro futuro dos CCEAR das distribuidoras. As térmicas flexíveis fariam parte da reserva do sistema, sendo remuneradas desta forma para uso conjuntural, com contratos de disponibilidades. Entretanto esta correção de rota já deveria ser iniciar nos próximos LEN de compra de CCEAR direcionadas para térmicas de base no SIN. Com isto a “pilha térmica” tomará uma forma adequada para a segurança do sistema. Evidentemente, a correção de rota no ajuste da “pilha térmica” com a troca das flexíveis, não impede de comprar novas térmicas de base nos próximos leilões de aumento da demanda do ACR, como é usualmente realizado nos LEN. De certa forma, os próximos LEN deveriam ter 2 metas: (i) atender o crescimento de carga do ACR numa competição justa e orientada das térmicas de base com as demais fontes; (ii) atender a troca das térmicas flexíveis mais caras (diesel e óleo combustível) a partir de 2023.

A **Figura 4** ilustra o volume de CCEAR térmico contratado nos LEN até o final de 2014. Notar que o volume de térmicas flexíveis mais caras a ser substituído no futuro (após 2023) é razoável, e representa algo em torno de 5 GW.médios. A seleção das térmicas flexíveis neste trabalho se limitou aos combustíveis fósseis líquidos. Entretanto existem outras com CVU alto que poderiam ser incluídas neste mesmo contexto, com aquelas a gás natural com ciclo aberto, e/ou com eficiência mais baixa. Claro que os preços finais das térmicas ainda são mais caros que outras fontes, porém a segurança é o atributo principal das térmicas.

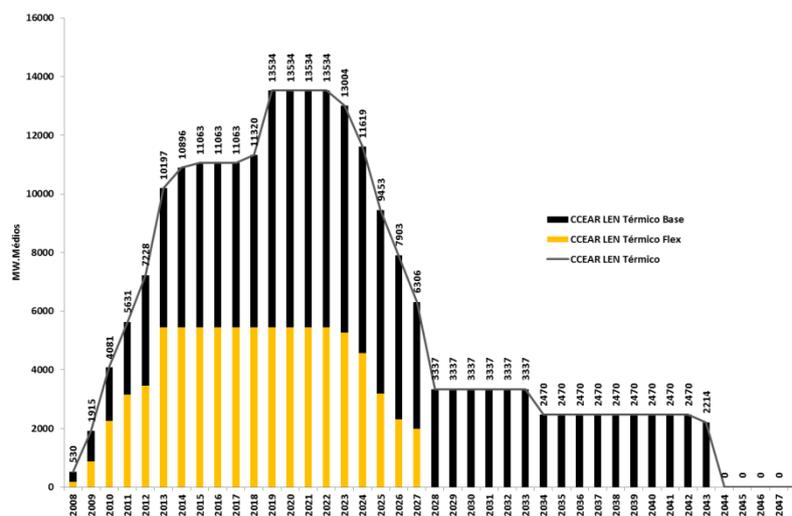


Figura 4 – CCEAR Térmico nos LEN (fonte CCEE)

O debate dos preços finais das térmicas é de fundamental importância para expansão correta via leilões públicos. O reconhecimento de um CAPEX mais alto na busca de um OPEX mais baixo das térmicas de base é um desafio. A entrada de fontes térmicas de base não tem sido contínua ao longo dos anos em cada LEN, e isto deve ser evitado para evitar sobressaltos na nova oferta térmica disponível para o SIN.

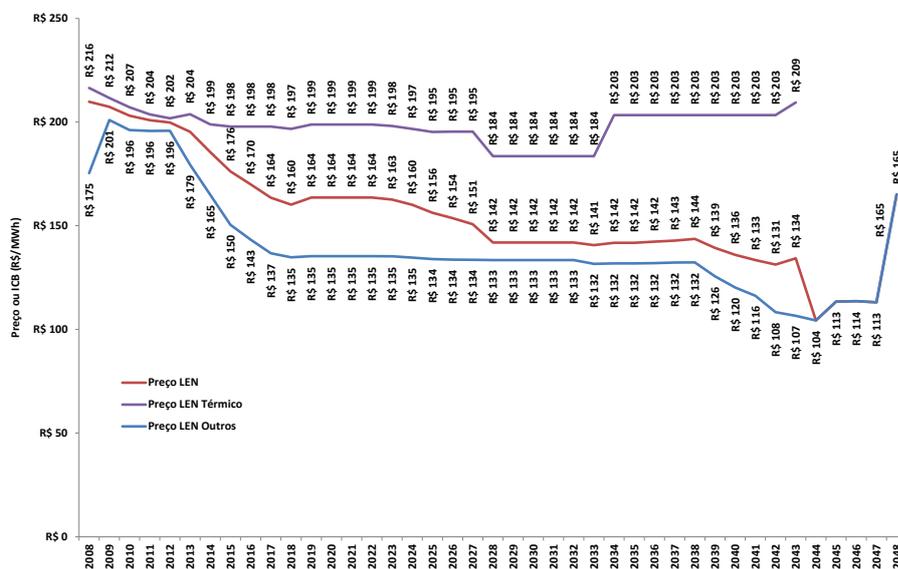


Figura 5 – Preços e ICB médios dos LEN Térmicos e Outras Fontes (fonte CCEE em R\$/MW referencia Janeiro de 2015)

O processo atual busca limitar a competição para aquelas que não se enquadrem como térmicas de base, porém a importância de um preço teto adequado não tem sido uma tônica frequente. A **Figura 5** ilustra os preços e ICB médios de todos os LEN e compara os valores com os LEN térmicos. É fácil perceber que o nível de preços equivalentes das térmicas é maior que o nível similar de preços das demais fontes. Por isso é sempre necessário diferenciar o papel de cada fonte no SIN. As térmicas possuem custo variável, que nas demais é reduzido, mas ao mesmo tempo fornecem segurança ao SIN. A comparação não pode ser só o preço final.

No último leilão de energia nova (20º LEN) finalmente foi reconhecida esta falha, e as térmicas de base foram vencedoras com 2.214 MW médios, e com um ICB médio de R\$ 209/MWh (ref. Jan/15) [1]. Neste ICB médio a receita fixa (RF) média foi R\$ 140/MWh com custos variáveis (COP e CEC) médio de R\$ 69 R\$/MWh. O investimento total previsto é de R\$ 11 bilhões (~ R\$ 3000/kW instalado). Este resultado é um bom exemplo do padrão dos projetos com térmicas de base, investimento alto (CAPEX alto), que deriva a necessidade de uma RF alta (70% do ICB), e custos variáveis mais controlados (COP mais baixos e CEC neutro). A formatação dos preços ofertados pelos investidores segue este padrão de desembolsos de CAPEX, que dependem fortemente do custo do capital e financiamentos. Reconhecer este padrão será certamente à fórmula do sucesso para que os novos projetos com as térmicas de base sejam vencedores nos LEN futuros.

O momento atual é pela priorização dos projetos com as térmicas de base, porém

algumas dificuldades para promover esta nova expansão devem ser superadas para a plena inserção destas fontes no setor elétrico. As dificuldades em grande parte se resumem em 2 tópicos importantes: fornecimento de combustíveis e licenciamento ambiental. Dentre as dificuldades do momento é possível citar os seguintes pontos: (i) a disponibilidade do gás natural nacional está sendo postergada pelas dificuldades em exploração e produção da maior produtora do Brasil, portanto a saída para o gás natural para as térmicas é amplificar a infraestrutura de novos terminais de GNL, com mais incentivos do governo; (ii) novas usinas nucleares necessitam de no mínimo 10 anos para liberar seu licenciamento, e existe limitação para aporte do capital privado em novos projetos; (iii) os projetos com carvão nacional, ou mesmo importado, sofrem duras restrições do licenciamento ambiental, que impõe vários condicionantes; (iv) as florestas energéticas são a nova tendência para termelétricas, e o licenciamento ambiental deve ser acelerado para esta tecnologia. Assim, espera-se que no futuro próximo, o governo brasileiro realize ações no sentido de sincronizar todas estas demandas e superar rapidamente as restrições como uma política pública para a expansão da geração nacional.

#### 4 | AVANÇOS SUGERIDOS - LEN

Na busca do aprimoramento dos sinais de planejamento em sincronia com a competição pelo mercado, através dos LEN, nestes deve ser sempre tentado com leilões exclusivos por fonte, segmentando inclusive as térmicas de base, mérito intermediário e as flexíveis, e por localização, quando possível. Esta segmentação seria definida antes do leilão. Os leilões da base térmica seriam feitos de forma sequencial, buscando atender a segmentações sugeridas. Para evitar a reserva de mercado para as térmicas, cada leilão de novas térmicas teria um preço teto para os combustíveis solicitados e a disputa aberta para o menor ICB (índice de custo benefício). Caso o volume segmentado para as térmicas não alcance sucesso, por falta de competidores, o LEN continua abrindo o volume reservado para o parque térmico para as demais fontes. Evidentemente isto não é o que se deseja, portanto a definição do preço teto correto é primordial.

A competição da geração térmica pode ser fomentada, através do ajuste da metodologia do custo e benefício que traz na formação do índice ICB, incluindo os benefícios das térmicas ao sistema [2]. A inclusão de benefícios agregados ao ICB não são itens que serão cobrados dos projetos, mas sim fatores que permitam realizar uma escolha mais adequada dos melhores projetos térmicos.

A nova proposta é realizar um leilão exclusivo de térmicas no início dos LEN A-3 e A-5. O montante é definido pelo MME/EPE e, caso não se alcance o volume desejado por falta de competitividade frente aos preços teto especificados, o volume não preenchido pelas térmicas é repassado para LEN tradicional A-3 e A-5. A EPE qualifica os projetos e calcula os indicadores necessários, tais como, GF, COP, CEC, e outros benefícios dos projetos [2]. Os projetos térmicos saberão antes do certame, os limites para a sua oferta final da receita fixa (RF).

Outro ponto de atenção na realização dos LEN são os dados de entrada para as simulações prévias do leilão para a definição do COP e CEC dos projetos. Apesar da introdução da metodologia do CVAr, as simulações prévias dos leilões, utilizando os dados da EPE, correspondentes ao PDEE, resultam em previsões de despachos de geração térmica em menores montantes do que os resultantes na realidade. Isto é oriundo da consideração de planos de obras muito favoráveis, e as previsões de condições hidrológicas médias no longo prazo. Com isto as térmicas mais flexíveis com despacho mínimo baixo e CVU mais alto tendem a apresentar um padrão de despacho baixo, desonerando o atributo COP, que é decisivo para a seleção dos projetos térmicos nos LEN.

A melhor forma de encontrar uma base de dados mais coerente é realizando uma filtragem realista dos dados de previsão de entrada da nova oferta, assumindo apenas aqueles com maior chance de comissionamento no prazo imaginado pela EPE. Neste caso, para avaliação dos parâmetros COP e CEC, a base de dados deveria se limitar a sequência de hidrelétricas planejadas, dado que esta sequência é necessária para os leilões de concessão. As demais ofertas planejadas – térmicas e renováveis - não seriam consideradas nas simulações prévias do leilão. Com isto se estaria maximizando o papel da entrada de cada oferta na matriz tentando obter uma previsão do COP e CEC mais próximas do limite operacional de cada fonte.

Lembrando, que os parâmetros COP e CEC são utilizados na seleção dos projetos nos LEN, e não servem como base de despesas ou receitas nos contratos de disponibilidade. Sendo assim, os casos simulados neste contexto teriam como foco a seleção dos melhores projetos do ponto de vista da segurança em situações limite do SIN. A intenção é explorar ao máximo a competitividade de cada fonte térmica no que estas têm de melhor para o SIN - segurança com razoabilidade de custos para o consumidor final.

## CONCLUSÕES

Este artigo busca debater e apresentar propostas que respaldem a necessidade de térmicas de base no SIN, com argumentos técnicos e perspectivas futuras. A busca do aprimoramento dos sinais de planejamento deve estar em sincronia com a competição pelo mercado, através dos LEN. Desta forma, esta proposta ora oferecida pelos autores resulta em ganhos em segurança energética do sistema obtidos com seleção das térmicas de base.

Uma dificuldade no Brasil para a expansão das térmicas de base é a cultura equivocada estabelecida no setor na busca única e exclusiva pela modicidade tarifária. O correto balanço entre custos finais ao consumidor, bem como sua segurança no abastecimento, tem sido de certa forma negligenciado e o sistema fica cada vez mais vulnerável as variações da natureza (vazões, vento, safras e incidência solar). Os anos recentes com a segurança no abastecimento em risco desde 2012, apesar de todas as térmicas disponíveis estarem gerando ao máximo, demonstram um desequilíbrio estrutural na matriz brasileira. Isto resultou em custos altos com um despacho térmico constante de projetos com custos unitários muito acima do razoável, e um preço de curto prazo (PLD) em patamares altos durante um longo

tempo. Uma matriz adequada deveria ser capaz de evitar que o SIN chegasse nesta situação crítica, na qual os custos ao consumidor final estão excessivamente altos. O papel das térmicas de base é exatamente este.

Os autores propõem que os próximos LEN deveriam ter 2 metas complementares: (i) atender o crescimento de carga do ACR com as térmicas de base numa competição justa e orientada com as demais fontes; (ii) atender a troca das térmicas flexíveis mais caras (diesel e óleo combustível) a partir de 2023.

Esta troca dos contratos entre as fontes térmicas flexíveis e futuros projetos com térmicas de base devem se iniciar em 2017/18 para que os novos investidores possam preparar suas melhores ofertas, com base nos combustíveis e tecnologias previstas.

No caso dos próximos LEN para atendimento ao crescimento do mercado ACR, os autores sugerem alguns avanços, de forma que se possam comprar os blocos térmicos corretos para segurança do SIN. Neste sentido, visando aprimorar os sinais de planejamento em sincronia com a competição através dos LEN, devem ser priorizados para o bloco térmico leilões exclusivos por fonte, segmentado em base, mérito intermediário e flexível, e por localização, quando possível. A competição da geração térmica correta pode ser fomentada, através do ajuste da metodologia do custo e benefício incorporado na formação do índice ICB, incluindo os benefícios das térmicas ao sistema. Com certeza os LEN como indutores da expansão no Brasil representam uma experiência bem sucedida, e avanços nesta fórmula para as térmicas de base vão garantir cada vez mais o sucesso desta abordagem de competição pelo mercado de longo prazo.

## REFERÊNCIAS

CCEE, Resultado consolidado dos leilões - 03/2015, <http://www.ccee.org.br/>.

T. M.Prandini, R.F.B. Viana, G. Rocha, S.Grynwald, J.C.O.Mello, “As Térmicas e o Gás Natural – Expansão, Segurança e Preços”, XXII SNPTEE, 2013

Matos, V.L. , “Formação de Preço considerando metodologia de aversão a risco com CVaR no Brasil”, , UFSC, III SINREM, São Paulo, 2012.

CNPE, Resolução nº 03/2013, 2013

EPE, “PDEE - Plano Decenal 2023”, 2014

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

## 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**