

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
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  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
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  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

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

#### **Conselho Técnico Científico**

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

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Engenharia elétrica: o mundo sob perspectivas avançadas

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

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

E57 Engenharia elétrica: o mundo sob perspectivas avançadas / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-013-8  
DOI 10.22533/at.ed.138211305

1. Engenharia elétrica. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricitista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
FUSÃO DE SENSORES INERCIAIS BASEADA EM FILTRO DE KALMAN Carolina Barbosa Amaro Dias DOI 10.22533/at.ed.1382113051	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: PRINCIPAIS DESAFIOS E OPORTUNIDADES Laura Vieira Maia de Sousa Paula Meyer Soares DOI 10.22533/at.ed.1382113052	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO E GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA UFAC (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE) Pedro Henrique Melo Costa Thiago Melo de Lima Antonio Carlos Alves de Farias Rennard de Oliveira Brito DOI 10.22533/at.ed.1382113053	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>44</b>
ANÁLISE DOS ASPECTOS SAZONAIS DA NEBULOSIDADE NO PROJETO DE INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS FIXAS EM BRASÍLIA/DF Licinius Dimitri Sá de Alcantara Mayara Soares Campos DOI 10.22533/at.ed.1382113054	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>57</b>
TÉCNICA PREDITIVA DE SEGUIMENTO DO PONTO DE POTÊNCIA MÁXIMA GLOBAL DE ARRANJOS FV EM SOMBREAMENTO PARCIAL Paulo Robson Melo Costa Lucas Taylan Ponte Medeiros Isaac Rocha Machado Marcus Rogério de Castro DOI 10.22533/at.ed.1382113055	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>76</b>
ANÁLISE DE TOPOLOGIAS EM TRAÇADOR DE CURVA I-V APLICADOS EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Ana Lyvia Pereira Lima de Araújo Arthur Vinicius dos Santos Lopes Adson Bezerra Moreira DOI 10.22533/at.ed.1382113056	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>94</b>
<b>METODOLOGIA PARA GERENCIAMENTO E MANEJO DE CARGA APLICADA A CONSUMIDORES RESIDENCIAIS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA</b>	
Andrei da Cunha Lima Laura Lisiane Callai dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1382113057</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>113</b>
<b>ESTUDO DO SISTEMA DE CONVERSÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA DE ÚNICO ESTÁGIO COM CONEXÃO DIRETA AO SISTEMA ELÉTRICO TRIFÁSICO</b>	
Lucas Taylan Ponte Medeiros Paulo Robson Melo de Costa Ângelo Marcilio Marques dos Santos Leonardo Pires de Sousa Silva Denisia de Vasconcelos Mota Adson B. Moreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1382113058</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>129</b>
<b>ESTUDO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS</b>	
André Favetta Daniel Augusto Pagi Ferreira Maurício José Bordon	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1382113059</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>142</b>
<b>ESTUDO DAS CAUSAS DE SNAIL TRAILS EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO CRISTALINO: REVISÃO.</b>	
Neolmar de Matos Filho Dênio Alves Cassini Túlio Pinheiro Duarte Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130510</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>156</b>
<b>THE IMPACT OF THE FREQUENCY DEPENDENCE OF SOIL ELECTRICAL PARAMETERS ON LIGHTNING OVERVOLTAGES DEVELOPED IN A 138 KV TRANSMISSION LINE</b>	
Felipe Mendes de Vasconcellos Fernando Augusto Moreira Rafael Silva Alípio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130511</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>170</b>
<b>A INFLUÊNCIA DO EFEITO DEPENDENTE DA FREQUÊNCIA DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DO SOLO SOBRE O DESEMPENHO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO FRENTE A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS</b>	
Felipe Mendes de Vasconcellos	

Fernando Augusto Moreira

Rafael Silva Alípio

**DOI 10.22533/at.ed.13821130512**

**CAPÍTULO 13..... 189**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DEPENDENTE DA FREQUÊNCIA DOS PARÂMETROS DO SOLO NA RESPOSTA IMPULSIVA DO ATERRAMENTO E NAS SOBRETENSÕES DE ORIGEM ATMOSFÉRICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO**

Felipe Mendes de Vasconcellos

Fernando Augusto Moreira

Rafael Silva Alípio

**DOI 10.22533/at.ed.13821130513**

**CAPÍTULO 14..... 207**

**CONVERSORES E INVERSORES PARA ACIONAMENTO E CONTROLE DE UM VEÍCULO ELÉTRICO HÍBRIDO**

Moisés de Mattos Dias

Niklaus Veit Lauxen

Marco Antônio Fröhlich

Claudionor Atílio Vingert

Giuseppe Guilherme Mergener Vingert

Luiz Carlos Gertz

Alessandro Sarmiento dos Santos

José Lesina Cezar

Patrice Monteiro de Aquim

Jonathan Moling

Gabriel Mateus Neumann

Nickolas Augusto Both

Monir Goethel Borba

Lirio Schaeffer

**DOI 10.22533/at.ed.13821130514**

**CAPÍTULO 15..... 221**

**ESTUDO DA TECNOLOGIA DE FRENAGEM REGENERATIVA E SEU IMPACTO NA AUTONOMIA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS ALIMENTADOS POR BATERIAS**

Gabriel Silva de Marchi Benedito

Daniel Augusto Pagi Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.13821130515**

**CAPÍTULO 16..... 238**

**PATH PLANNING COLLISION AVOIDANCE USING REINFORCEMENT LEARNING**

Josias Guimarães Batista

Emerson Verar Aragão Dias

Felipe José de Sousa Vasconcelos

Kaio Martins Ramos

Darielson Araújo de Souza

José Leonardo Nunes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.13821130516**

<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>252</b>
<b>CONTROLE DE PRECISÃO PARA PRÓTESES MECÂNICAS</b>	
Haniel Nunes Pereira Pinheiro	
Ronaldo Domingues Mansano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130517</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>266</b>
<b>ESTUDO DA VIABILIDADE DO MEDIDOR DE FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA FLOW™ E ADAPTAÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS</b>	
Camila de Souza Gomes	
Ana Carolina Silva de Aquino	
Gabriela Haydee Mayer de Figueiredo Barbosa	
Maria Eduarda Santos Amaro	
Sergio Murilo Castro Cravo de Oliveira	
Lilian Regina de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130518</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>280</b>
<b>OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA E AUTOMATIZAÇÃO PARA UM PASTEURIZADOR COM CONCENTRADOR CILÍNDRICO-PARABÓLICO</b>	
Gustavo Krause Vieira Garcia	
Antonio Lucas dos Santos Carlos	
Neemias Dantas Fernandes	
Taciano Amaral Sorrentino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130519</b>	
<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>297</b>
<b>ESTUDO DA SECAGEM SOLAR DE BIOMASSA DE LARANJA COM CONVECÇÃO NATURAL E FORÇADA</b>	
Mariana de Miranda Oliveira	
Leandro Antônio Fonseca Domingues	
Andrea Lucia Teixeira Charbel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130520</b>	
<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>307</b>
<b>ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA NO CAPACITOR TÉRMICO DE UM SECADOR SOLAR DE EXPOSIÇÃO INDIRETA</b>	
Brenda Fernandes Ribeiro	
Antonio Gomes Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130521</b>	
<b>CAPÍTULO 22.....</b>	<b>321</b>
<b>MODELAGEM E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL DO TIPO GANGORRA DE EIXO ÚNICO</b>	
Reinel Beltrán Aguedo	
Ricardo José de Farias Silva	
Ania Lussón Cervantes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.13821130522</b>	

**CAPÍTULO 23..... 335**

**DESSALINIZADOR SOLAR PORTÁTIL PARA APLICAÇÃO EM COMUNIDADES RURAIS NO RIO GRANDE DO NORTE**

Paulo Vinícius de Souza Oliveira  
Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra  
Luiz José de Bessa Neto  
Vitória Caroline Carvalho do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.13821130523**

**CAPÍTULO 24..... 350**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DIDÁTICA COMPUTACIONAL APLICADA À ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS EM UM AMBIENTE DE CÓDIGO ABERTO - SCIENTIFIC LABORATORY (SCILAB)**

Matheus Silva Pestana  
Danúbia Soares Pires  
Orlando Donato Rocha Filho

**DOI 10.22533/at.ed.13821130524**

**CAPÍTULO 25..... 363**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO CICLO DE VIDA: ESTUDO DE CASO APLICADO A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Mauricio Andrade Nascimento  
Ednildo Andrade Torres

**DOI 10.22533/at.ed.13821130525**

**CAPÍTULO 26..... 391**

**MONITORAÇÃO REMOTA DE RESERVATÓRIOS LÍQUIDOS UTILIZANDO O MÓDULO ESP32-LoRa**

Maria Eduarda Aparecida Gil  
Thiago Timoteo Henrique  
Getúlio Teruo Tateoki

**DOI 10.22533/at.ed.13821130526**

**CAPÍTULO 27..... 397**

**S.A.C SISTEMA DE ASSISTÊNCIA AO CICLISTA**

Ricardo Bussons da Silva  
Alexandre Henrique Ferreira Rodrigues  
Deivid Roberto Almeida Vasconcellos  
Rian Guilherma Braga de Lima  
San-Cleir Neto Silva Orlanlandes  
Victor Manoel Rosa de Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.13821130527**

**CAPÍTULO 28..... 402**

**UMA ABORDAGEM BASEADA EM APRENDIZADO DE MÁQUINA E DESCRITORES ESTATÍSTICOS PARA O DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM ROLAMENTOS DE MÁQUINAS ROTATIVAS**

Lucas de Oliveira Soares

Luiz Alberto Pinto  
Diego Assereuy Lobão

**DOI 10.22533/at.ed.13821130528**

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>415</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>416</b>

## TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: PRINCIPAIS DESAFIOS E OPORTUNIDADES

*Data de aceite:* 01/05/2021

*Data de submissão:* 20/02/2021

**Laura Vieira Maia de Sousa**

Universidade de Brasília - UnB  
Brasília – DF

<http://lattes.cnpq.br/6003946407076721>

**Paula Meyer Soares**

Universidade de Brasília - UnB  
Brasília- DF

<http://lattes.cnpq.br/2980177609398812>

**RESUMO:** A transição energética apresenta-se como solução urgente frente às mudanças climáticas globais. A descarbonização das matrizes energéticas das nações mundiais exige a modernização e aplicação de instrumentos regulatórios para a flexibilização de seus sistemas energéticos, afim de que possam alcançar metas de sustentabilidade energética. As iniciativas nacionais e internacionais de transição energética estão contidas no estudo. Desde os anos 2000 o Brasil vem adotando medidas de fomento e de expansão do uso de fontes de energia renováveis de modo a atender o compromisso firmado dos acordos internacionais de proteção ao meio ambiente e de convenções climáticas. O objetivo do estudo é apresentar uma visão ampliada da transição energética dentro do contexto nacional e internacional e principais desafios e oportunidades existentes nos dias atuais. A metodologia baseia-se em levantamento bibliográfico acerca das ações e

políticas relacionadas à transição energética. Os resultados mostram o longo caminho a ser percorrido pelo setor energético brasileiro de modo a atender as exigências e metas de reduções de emissões de GEE.

**PALAVRAS - CHAVE:** descarbonização, transição energética, setor elétrico, fontes renováveis.

**ABSTRACT:** The energy transition presents itself as an urgent solution in the face of global climate changes. The decarbonisation of the energy matrixes of world nations requires the modernization and application of regulatory instruments to make their energy systems more flexible, in order to achieve energy sustainability goals. National and international energy transition initiatives are contained in the study. Since the 2000s, Brazil has been adopting measures to promote and expand the use of renewable energy sources in order to meet the commitment signed by international environmental protection agreements and climate conventions. The aim of the study is to present an expanded view of the energy transition within the national and international context and the main challenges and opportunities existing today. The methodology is based on a bibliographic survey about the actions and policies related to the energy transition. The results show the long road ahead for the Brazilian energy sector to meet the requirements and targets for GHG emission reductions.

**KEYWORDS:** decarbonisation, energy transition, electricity sector, renewable sources.

## 1 | INTRODUÇÃO

A energia pode ser considerada o componente necessário e principal de toda a sociedade moderna. A partir dela, são criados bens e serviços cujos quais todos puderam e poderão ser amparados, seja nos seus altos padrões de vida quanto no desenvolvimento econômico. O fato é que o principal denominador comum entre estes dois fatores é a capacidade de abastecimento e disponibilidade desta energia. Isso significa dizer que o fator limitante de uma sociedade atual é a sua capacidade de armazenar e gerar energia bem como o seu uso eficiente pode garantir a segurança de abastecimento e proteção do clima (HINRICHS et al, 2017),

O conceito de transição energética associa-se a mudanças na estrutura da matriz energética primária. Dito de outra forma, a transição energética consiste em um processo complexo que traz em seu bojo transformações na direção de uma economia de baixo carbono.

A emissão de um volume menor de poluentes na atmosfera requer o compromisso da adoção de medidas que incentivem o uso eficiente e racional dos recursos energéticos e que reduzam a participação de combustíveis mais intensivos em emissões de carbono na matriz energética.

A transição energética não é um processo linear e tampouco de médio e curto prazos. O alcance de metas ambientais menos nocivas ao meio ambiente preveem a substituição progressiva de fontes de energia. A velocidade pela qual essa substituição ocorrerá no longo prazo dependerá da capacidade de absorção e de ajuste tecnológico dos setores produtivos, de transporte e utilização de energéticos.

Os desafios enfrentados em um processo de transição energética são muitos e percorrem desde a capacidade dessa economia em absorver novas tecnologias de uso energético até a sincronização e coordenação nacional de políticas que facilitem a criação de ambientes de negócios favoráveis à inserção dessas tecnologias em um novo contexto industrial, econômico e ambiental. É necessária a construção de um aparato institucional que garanta e incentive estratégias de negócios na direção de uma economia mais conectada, digitalizada, eletrificada, automatizada.

Dentro desse contexto, o presente trabalho visa discutir a questão da transição energética no setor energético em um contexto atual sob um prisma mundial e nacional, apresentando os desafios e oportunidades ressaltando as ações direcionadas a esse processo até o presente momento.

O capítulo divide-se em quatro seções. A primeira seção discorre sobre a transição energética apresentando suas particularidades e complexidades no que diz respeito ao conceito em si. Serão abordados nessa seção a transição energética no mundo e no Brasil. A segunda seção trata sobre os desafios e oportunidades da transição energética com as ações e políticas implementadas. A terceira seção descreve o método utilizado para a

realização do estudo. A quarta seção aborda as discussões em curso na atualidade com os agentes arrolados no setor energético e que provavelmente comporão a agenda futura de transição energética do país. Por último temos as considerações finais.

## 1.1 A Transição Energética em Foco

A transição energética significa modificar as estruturas do setor energético global em busca de uma matriz energética de carbono zero até metade deste século (IRENA, 2018). A redução a níveis aceitáveis de emissões de poluentes originários de unidades produtoras de energia elétrica atividades industriais e redes de transporte depende de ações coordenadas e políticas mundiais de controle de emissão desses gases de efeito estufa que não o CO<sub>2</sub>. Por outro lado, são necessárias medidas que diminuam a velocidade do desmatamento, da emissão de poluentes nos rios e mares de modo a arrefecer as previsões futuras de elevação da temperatura do planeta para os próximos anos.

O alcance de metas climáticas e ambientais exigem políticas mundiais e locais que fomentem o uso de tecnologias inteligentes de eficiência energética e instrumentos de mercado que orientem ao caminho da descarbonização (GONÇALVES et al., 2020).<sup>1</sup>

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), a demanda energética mundial até 2024 poderá crescer a uma taxa anual de 2,1% e por isso a necessidade de desenvolvimento de tecnologias energéticas limpas e eficientes.

Todos os caminhos viáveis para uma economia de baixo carbono e de um líquido de emissões de CO<sub>2</sub> zero exigem um enorme incremento no papel da energia elétrica. A manutenção da temperatura global abaixo dos 2º Celsius, requer uma profunda transformação no sistema global energético que é amplamente baseado em recursos de origem fóssil.

A transição energética vê na expansão do uso das fontes renováveis a solução para o alcance dessas metas climáticas e de produção a nível mundial.

De acordo com o REmap (*Renewable Energy Roadmaps*) as fontes renováveis podem contribuir, até 2050, em 2/3 da produção primária<sup>2</sup> total de energia do mundo. Ainda, segundo o relatório, haverá um aumento para 40% da eletricidade no consumo total de energia final até 2050 – atualmente este valor é de 20% (IRENA, 2018).

No entanto, para que esse cenário ocorra, as fontes de Energia Renovável Variável (ERV), solar e eólica, deverão mais do que triplicar frente aos valores que representam atualmente. Segundo IRENA (2018a), em 2015, as fontes renováveis representavam 24% e não renováveis – gás natural, óleo e carvão - 76% na geração de eletricidade, em TRWh/ano. Para que o cenário do REmap se torne uma realidade, as energias renováveis deverão representar, em 2050, 85% e as não renováveis cerca de 15%. A flexibilização das matrizes

<sup>1</sup> A descarbonização tem implicações de remover ou retirar o excesso de carbono emitido ou gerado de uma determinada atividade produtiva.

<sup>2</sup> A energia primária engloba a energia na forma de recursos naturais, tais como: madeira, carvão, petróleo, gás natural, urânio, ventos, recursos hídricos e energia solar. A conversão da energia primária produz a energia secundária tais como, eletricidade, vapor e gasolina.

energéticas mundiais deverá ocorrer, e as fontes eólicas e solares deverão representar a espinha dorsal do fornecimento de energia elétrica.

De certo modo, considerando as questões econômicas, a transição energética prevê que o sistema de energia seja capaz de gerenciar de forma confiável e econômica a variabilidade e a incerteza de demanda e oferta em todas as escalas de tempo relevantes (IEA, 2018).

A flexibilização do sistema de energia é necessária afim que as oscilações da demanda e da oferta ocorridas ao longo do dia e em diferentes períodos do ano sejam atendidas sem quaisquer prejuízos ambientais e climáticos.



Figura 1 – Flexibilização do Sistema de Energia.

Fonte: Adaptado de IRENA (2018).

A transformação dos sistemas energéticos, baseados por fontes de origem fósseis, constitui em um enorme desafio. Isso se deve ao fato de que todo o sistema elétrico deverá desenvolver estratégias de equilíbrio de oferta e demanda, além de incluir outras fontes renováveis para serem exploradas, tanto em setores de geração, quanto de transmissão e distribuição (IRENA, 2018).

A descarbonização do setor energético e a redução das emissões de CO<sub>2</sub> constituem os objetivos que orientam a transição energética. O alcance desses objetivos requer uma sincronização de estratégias econômicas e técnicas que capacitem o desenvolvimento e uso de tecnologias de baixo carbono e que possibilitem a expansão do uso de fontes renováveis de energia.

De acordo com Plano Nacional de Energia 2050, a transição energética assenta-

se em 5 importantes eixos, de modo a alcançar metas de redução de emissão de CO<sub>2</sub> e incrementar o uso racional e eficiente dos recursos energéticos.

EIXOS TEMÁTICOS	DESCRIÇÃO
1. Eletrificação	Elevar a acessibilidade pelo uso da energia elétrica com base no uso de fontes renováveis com destaque para eólica e solar.
2. Maior flexibilidade do sistema de energia	Condicionar tecnicamente a flexibilização do sistema de energia de modo a adequar-se as oscilações da oferta e da demanda por energia.
3. Fontes Renováveis Convencionais	Incluir e incentivar a expansão e uso das fontes renováveis de energia com o intuito de reduzir as emissões de poluentes na atmosfera com destaque para os biocombustíveis e gás natural.
4. Hidrogênio Verde	Incentivar o uso de outras fontes alternativas de energia com baixos impactos ao meio ambiente. No setor de transporte, as baterias também poderão ter um papel relevante, mas terão que disputar mercado, no curto prazo, com os combustíveis e biocombustíveis e, no longo prazo, se alcançada a comercialidade, com o hidrogênio em veículos elétricos a pilha a combustível.
5. Promoção da inovação para atendimento de setores desafiadores	Incentivar e adotar políticas de inovação correlatas ao segmento de energia. Desenvolver processos de inovação em curso que apontem para uma nova revolução industrial (assim chamada indústria 4.0), envolvendo eletrificação, automação, conectividade e renovabilidade/descarbonização.

Quadro 1 – Eixos da Transição Energética.

Fonte: IRENA (2018a).

A consolidação desses eixos trará implicações de ordem técnica, econômica e ambiental. De acordo com os dados do IRENA (2020), estima-se uma redução em 70% das emissões de carbono na atmosfera. A inserção e incentivo do uso de fontes renováveis nas matrizes energéticas ocorrem em um cenário de redução dos custos de manutenção e de instalação dessas tecnologias. Ademais se prevê uma criação de sete milhões de novos empregos nessas áreas. No que tange ao suprimento energético estima-se um aumento na segurança energética e uma universalização do acesso à energia.

## 1.2 A Transição Energética no Mundo

A União Europeia iniciou esse movimento na direção da transição energética nos anos 70. A Alemanha foi um dos países pioneiros em adotar ações nessa direção.

Em meio as pressões oriundas dos movimentos ambientalistas, as ações de transição energética focaram especial atenção no combate às mudanças climáticas a não dependência da energia nuclear e garantia da segurança, competitividade e do crescimento energético. Esses movimentos ficaram conhecidos como *Energiewende* (CASTRO, 2018).

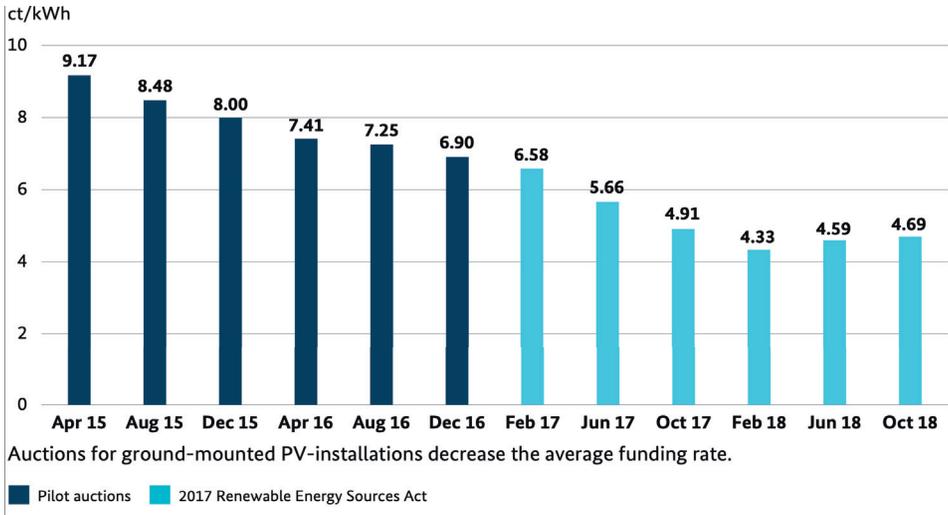
A motivação por detrás desse movimento estava relacionada à extinção ou diminuição da dependência energética em relação a outros países, como o gás natural da Rússia e carvão da Ucrânia, redução da carga de CO<sub>2</sub> e retirada da fonte nuclear da sua matriz

energética, democratização da geração de energia e o aumento da segurança energética. O movimento para abandonar a energia nuclear se intensificou após os acidentes de Chernobyl, em 1986, e de Fukushima, em 2011 (CASTRO, 2018).

Nos anos 80, foi desenvolvido o marco legal que visasse o melhor uso da energia com o uso eficiente das fontes energéticas disponíveis no respectivo país. A preocupação com o meio ambiente pressionado pelos movimentos ambientalistas a época, em 1991 foi implementada a Lei de Injeção da Energia, que obrigava as distribuidoras a receber energia elétrica gerada por fontes renováveis e ainda não subsidiada. Além disso, foi implementado o *Green Feed-in Law* que estabeleceu o sistema de tarifas *feed-in* cujo principal objetivo é acelerar a implantação de tecnologias de energia renováveis (LANG; MATTHIAS, 2014).

Segundo o *Feed-in Tariffs*, empresas públicas pagam uma taxa garantida por unidade de energia elétrica produzida aos produtores de energia de fonte renovável. Essa taxa é fixada num montante, fornecendo uma taxa de retorno a estes produtores durante o período estabelecido no contrato. Isso faz com que as empresas atinjam economias de escala, diminuindo o custo da produção com o tempo (CORNFELD; CAROLINA, 2010). Alguns problemas foram tomando espaço, pois com a queda significativa no preço da energia e a abertura dos mercados de energia, as instalações de geração de energia por fontes renováveis não conseguiram se manter (IEA, 2013).

Em 2000, é assinado o *Renewable Energy Sources Act*, que estipula tarifas fixas na modalidade *feed-in* e mantém a prioridade das energias renováveis. Além disso, o país determina um plano para desativar todas as usinas nucleares até o ano de 2022. No entanto, em 2010, essa decisão foi cancelada e apenas se fixa em metas para emissão zero até 2050. Em 2014, as tarifas *feed-in* diminuem e leilões para empreendimentos fotovoltaicos são introduzidos. Estas tarifas, por sua vez, são extintas e apenas os leilões para energias renováveis se mantêm.



**Gráfico 1.** Financiamento médio concedido nos leilões para instalações fotovoltaicas montadas em solo.

Fonte: BMWi (2021).

No que tange ao sistema energético europeu, este é vulnerável a quaisquer modificações climáticas extremas dependendo amplamente de variadas fontes energéticas. Os usos de fontes renováveis aumentaram significativamente dado que entre os anos de 2008 a 2018, como apresenta o gráfico a seguir, o aumento da participação de energias renováveis na matriz de geração elétrica europeia foi de 11,9%, ou seja, de 16,6% em 2008, este valor saltou para 28,5%. Ainda assim, a participação de fontes não renováveis é maior. Dentre os valores de geração líquida de energia elétrica de fontes renováveis, a porção gerada a partir de fonte solar sofreu uma expansão de 0,3% em 2008 para 4,1% em 2018 em de 3,9% em 2008 para 11,3% em 2018 para fonte eólica.

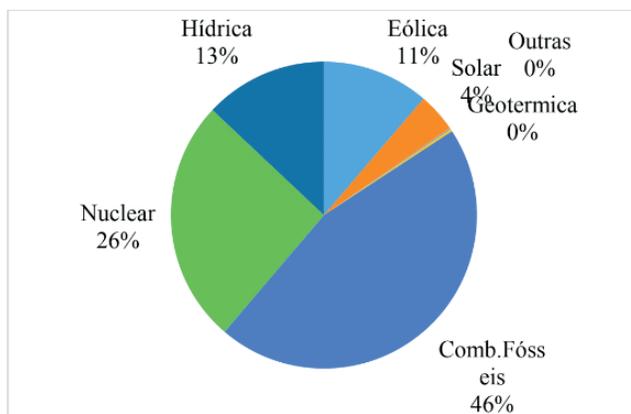


Gráfico 2. Geração líquida de eletricidade na UE-27 em 2018. (% em GWh).

Fonte: Eurostat (2018).

O desafio de alcançar a transição energética exige que os países atinjam quotas de 60% de suas matrizes baseadas em energias de fontes renováveis. Exemplos de nações que tornaram possível são Dinamarca e Irlanda. Estes dois países conseguiram uma integração de energia de fonte eólica em suas matrizes em 44% e 27%, respectivamente, com penetração instantânea máxima de 150% e 60% (RTE, 2018; EirGrid; SONI, 2018).

### 1.3 A Transição Energética no Brasil

A transição energética, como toda mudança, traz desafios e oportunidades. Tais desafios necessitam ser cristalizados e amparados em arcabouço institucional que potencializem esta transição.

Desde os anos 2000, o país vem incentivando o uso e a inserção de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira. De acordo com o Plano Decenal de Energia 2050, a expansão das fontes eólica, solar e biomassa tem sido expressiva frente as fontes oriundas de uso de combustíveis fósseis.

Até 2030 existe uma previsão e esforços voltados para a consolidação e expansão do uso das fontes renováveis. O gráfico 3 mostra a efetiva expansão planejada para as fontes PCH+Eólica+Biomassa+Solar com participação de 33% de participação na matriz energética brasileira e de 54% da fonte hídrica. Na soma as energias renováveis no Brasil somam 87% de participação conferindo ao Brasil um lugar de destaque como sendo um dos países que possuem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo caso consigamos alcançar essa previsão de expansão contida no PDE 2030.

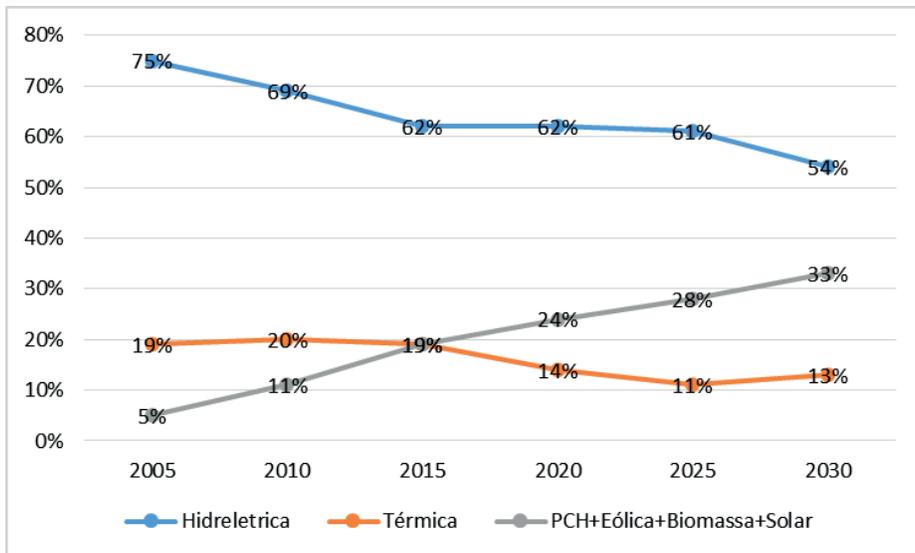


Gráfico 3 – Participação das fontes na capacidade instalada da geração centralizada (%).

Fonte: PDE 2030.

Além da perspectiva futura de incentivo ao uso de fontes renováveis projetadas para as próximas décadas o país vem estudando e implantando outras medidas que atendam a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em 2015, o Brasil assinou juntamente com outras 147 nações o Acordo de Paris que previa a redução de 55% dessas emissões. Uma parte destas origina-se da atividade de geração de energia. O compromisso em buscar adequar a matriz de geração de energia a fontes menos poluentes está sacramentada pelo país ao assinar esse acordo.

Observar-se-á que o Brasil vem desde os anos 2000 um movimento na direção de incluir em sua matriz energética fontes menos poluentes de modo que a meta de redução de emissões de poluentes seja alcançada. A perpetuação de emissões oriundas do uso de combustíveis fósseis é perversa à natureza e a saúde humana.

Apesar dos esforços, o próximo item traz algumas iniciativas que vem sendo adotadas pelo Brasil e que por hora estão institucionalizadas e que favorecem a transição energética.

## 2 | DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL

O avanço do Brasil na direção da transição energética requer a adequação do arcabouço institucional de modo a potencializar a transição energética. É preciso que se criem leis e mecanismos regulatórios que amenizem as barreiras não econômicas existentes na área de tecnologia. O reconhecimento dessas barreiras que impedem ou dificultam a

adesão tecnológica poupadora de energia. É crucial que esse o arcabouço garanta e amplie a amplie a conectividade, a automação, a descarbonização e a eletrificação em um país cuja diversidade tecnológica e de capital humano podem ser obstáculos para a transição energética (PDE, 2050).

Por outro lado é necessário que haja coerência e sinergia dessas políticas públicas em novos mercados. É importante o reconhecimento das particularidades inerentes em cada setor da economia e de energia de modo que as estratégias dos ambientes de negócios sejam desenhadas com o intuito de alcançar os objetivos de negócios em uma economia de baixo carbono e com maior grau de abertura e de competitividade (PDE, 2050).

<b>DESAFIOS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES (2020-2030)</b>
<b>Desenho de mercado e arcabouço regulatório e institucional não potencializam a transição energética</b>	Promover a coerência de políticas públicas e desenhos de mercado Adequar arranjos institucionais, regulatórios que potencializem a transição energético.
<b>Incertezas crescentes sobre condicionantes de evolução do setor</b>	Desenvolver estratégias flexíveis para lidar com incertezas e baseadas nas vantagens competitivas do País e que promovam expansão tecnológica. Reforçar alianças e redes estratégicas internacionais para desenvolver maior flexibilidade nas escolhas estratégias associadas a transição energética.
<b>Transição Energética tem dimensões múltiplas (desenvolvimento, educação, trabalho)</b>	Articular políticas energéticas com políticas de CT&I e educação, desenvolvimento de novas capacitações e vantagens competitivas.

Quadro 2 – Mapa do Caminho da Transição Energéticas.

Fonte: Baseado no texto PDE (2050).

No contexto da transição energética é importante reforçar a ligação entre o planejamento energético nacional e o sistema de inovação e de políticas de CT&I de modo que haja a criação de um ambiente de negócios favorável à inovação em mercados abertos e competitivos. É importante que os players do sistema de inovação (NITs, Universidades, Centros de Pesquisa, Governo) adotem medidas coordenadas que fomentem iniciativas que promovam aumento da conectividade, da segurança cibernética, da automação no país. A criação de redes e sistemas de inovação favoráveis à transição energética colocaria o Brasil em uma posição de domínio no mercado de energias renováveis e de outras áreas intensas em capital intelectual. Para tanto, é necessário a criação de uma política nacional coordenada de incentivos e que direcionem os investimentos para essas áreas de energia de baixo carbono (PDE, 2050).

Além da coordenação nacional de uma política voltada a transição energética o país deve por meio de sua influência intelectual e *expertise* em diferentes áreas de energia estabelecer parcerias e convênios de desenvolvimento de novas tecnologias poupadoras

de energia, aprimoramento de equipamentos e partes de instalações com outros centros de excelência e de inovação. (PDE, 2050).

## 2.4 Políticas em Vigor Para o Setor de Energia

O país não possui por hora políticas do setor de energia para a transição energética, porém podemos afirmar que existem uma série de políticas que afetam e favorecem a transição energética. O quadro 3 mostra algumas iniciativas regulatórias que validam ações necessárias a realização de transição energética.

<b>Lei no 10.438/2002 – Institui o PROINFA – Programa de incentivo às Fontes Alternativas</b>	Criação de um programa que fomente a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa) na produção de energia elétrica no país.
<b>Resolução no 482/2012 – ANEEL e Resolução no 687/2015 – ANEEL</b>	Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.
<b>Lei 12.187 de 2009- Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC</b>	Estabelece o compromisso nacional voluntário de redução das emissões projetadas até 2020. O decreto 7.390/10, que regulamenta a PNMC, instituiu o PDE como o plano setorial de mitigação e adaptação à mudança do clima do setor de energia.
<b>Convenção-sobre a Mudança do Clima – UNFCCC) e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) ao Acordo de Paris</b>	Estabelece o compromisso do Brasil em reduzir as emissões líquidas totais de gases de efeito estufa em 37% em 2025 e em 43% até 2030. A NDC também enuncia o objetivo indicativo de atingirmos a neutralidade climática – ou seja, emissões líquidas nulas – em 2060.
<b>Política Nacional de Biocombustíveis - RenovaBio, Lei nº 13.576/2017</b>	Prevê aumento da participação dos biocombustíveis na matriz de combustíveis do Brasil e cooperar para o atendimento aos compromissos do Brasil no âmbito do Acordo de Paris.
<b>Lei do Gás em tramite na Câmara – PL no 4.476/2020</b>	Dispõe sobre a modernização do setor com a formação de um mercado de gás natural aberto, dinâmico e competitivo, promovendo condições para a redução do seu preço e, com isso, contribuir para a retomada econômica do País.
<b>MP 998/2021</b>	Conhecida como a MP da modernização do setor elétrico traz elementos que ampliam a concorrência, reduza subsídios de fontes incentivadas e que geram distorções na formação de preços. Incentiva o mercado livre, permitindo a alocação adequada de custos e riscos, facilitando a incorporação de inovações tecnológicas no setor elétrico.
<b>Programa de Incentivo Tecnológico e Industrial dos Setores Sucoenergético e Sucoquímico – PAISS. (Lei nº 8.723/1993)</b>	Programas de fomento e de incentivo ao desenvolvimento tecnológicos dos segmentos vinculados ao etanol com o fomento financeiro do Bando Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).
<b>Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (Resolução CONAMA nº 18/1986; Lei nº 8.723/1993),</b>	Prevê a promoção do desenvolvimento tecnológico nacional e a melhoria da qualidade dos combustíveis, além de programas de conscientização da população quanto à questão da poluição do ar e criar programas de inspeção e manutenção de veículos em uso.

<b>Leilões de renováveis, Rota 2030 (Lei nº 13.755/2018).</b>	Programa tem o objetivo de apoiar o desenvolvimento tecnológico, a inovação, a competitividade, a segurança veicular observando os quesitos de proteção ao meio ambiente voltados a frota de veículos no país (caminhões, carros, etc.).
<b>Plano Nacional de Eficiência Energética, Lei 13.280/2016)</b>	Engloba conjunto de ações que culminem na redução de energia necessária a atender as demandas da sociedade por serviços de energia.

Quadro 3 – Iniciativas regulatórias que tangencial a Transição Energética.

Fonte: Elaboração própria dos autores (2021).

As iniciativas elencadas acima visam, dentro de uma perspectiva futura, introduzir ações que diminuam as emissões de gases de efeito estufa com o incremento de melhorias no uso dos recursos energéticos no país. Os resultados obtidos com essas iniciativas serão obtidos dentro de um horizonte de 10 a 20 anos.

### 3 | METODOLOGIA

A presente pesquisa tem caráter descritivo e exploratório, pois busca descrever e analisar um determinado fenômeno de forma abrangente, sem se preocupar em responder uma questão específica. A pesquisa exploratória não parte de uma hipótese específica a ser confirmada, mas tem o propósito de proporcionar familiaridade com um problema (GIL, 2008).

Adotou-se pesquisa descritiva em que procura descrever uma dada realidade sem nela interferir. (SILVA, CERVO; BERVIAN, 2007).

A elaboração do estudo baseou-se em pesquisa bibliográfica que discorra sobre transição energética. Foi utilizado busca textual na Base de Dados da Universidade de Brasília e Google Acadêmico utilizando as palavras, “energy” and o r “transition” and or “renewable energy”.

Além da busca por palavras, foram utilizados relatórios de energia expedidos por organizações internacionais e nacionais como Empresa Planejamento Energético (EPE), Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Balanço energético Nacional (BEM), Plano Decenal de Energia 2050, IRENA, *International Renewable Energy Agency*.

Foram utilizadas para a realização do estudo as discussões ocorridas no âmbito do Ministério de Minas e de Energia acerca da transição energética.

### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transição energética constitui em um processo complexo que abarca áreas diversas de uma economia. Seus efeitos são diversos no ambiente de negócios várias áreas da economia.

A redução da emissão de gases de efeito estufa a partir da remodelagem do setor

elétrico culminou na adoção de medidas e de políticas energéticas que colaboram com a transição energética. Os próximos itens discorrem de forma resumida as outras discussões em curso no Ministério da Energia no Brasil.

#### 4.1 O Novo Papel das Empresas Distribuidoras de Energia

A transição energética prima pelo uso eficiente dos recursos energéticos assim como a substituição de fontes originárias de combustíveis fósseis pelas fontes renováveis.

O Brasil é um país de dimensões intercontinentais onde o despacho de energia é centralizado pelo Operador Nacional de Sistema (ONS) em um sistema Interligado Nacional (SIN) que cobre quase que a totalidade do território nacional. A parte não contemplada pela coordenação do ONS é atendida pelos sistemas isolados (SI). Na região Norte concentra-se maior parte da demanda por energia gerada por sistemas isolados, perfazendo um total de e totaliza 475 MWmed de carga em 2021. O atendimento dessa demanda por carga é majoritariamente baseada em termoelétricas a óleo diesel.

A dimensão intercontinental por um lado propicia elevados índices de perdas técnicas e não-técnicas na distribuição de energia, além da baixa qualidade do serviço prestado. O resultado da baixa densidade e alto nível de Perdas Não Técnicas é um elevado custo de distribuição. O custo médio do componente de distribuição da tarifa do consumidor residencial na região Norte é de 159 R\$/MWh, enquanto a média nacional é de 126 R\$/MWh.

Diante do exposto, é importante repensar o papel das distribuidoras no contexto atual. Remunerações oscilatórias dos serviços prestados pelas distribuidoras intensificarão a piora desses serviços a um contingente populacional que se encontra em situação desfavorável e de isolamento em relação aos demais brasileiros no país.

As distribuidoras devem exercer novos papéis na seara do setor elétrico. Concentrar o risco de mercado em um único segmento do mercado implicará em aportes futuros de recursos de modo a garantir a continuidade dos serviços prestados.

Sendo assim, as discussões em torno dos seguintes pontos já estão em curso:

- Introdução de tarifas por horário de consumo e implantação de medidores eletrônicos de modo a transferir as distribuidoras o valor justo pela prestação de serviço;
- Investimentos em tecnologias que promovam melhora na qualidade de rede e dos serviços ancilares prestados pelas distribuidoras que promovam a diminuição da instabilidade econômico-financeira;
- Modernização do segmento de distribuição frente às transformações que estão em curso no setor elétrico;

- Diversificação da remuneração de acordo com a qualidade de serviço prestado observando indicadores de continuidade e de frequência, por qualidade percebida por consumidores - *Net Promoter Score*.
- Melhora da governança de organizações setoriais – CCEE;
- Retomada do planejamento setorial – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e Empresa de Planejamento Energético (EPE);

Visto que o atual modelo de distribuição atual apresenta elos frágeis de grande vulnerabilidade no que tange a prestação de serviços as medidas supracitadas que estão em discussão tornariam futuramente esse segmento do setor elétrico menos exposto a oscilações técnicas e econômico financeiras. A institucionalização de um novo papel das distribuidoras no âmbito da comercialização garantiria uma redução das perdas técnicas e não-técnicas com a melhora da qualidade do serviço prestado.

## 4.2 A Separação Fio x Energia e Incorporação de Novas Tecnologias

Os Recursos Energéticos Distribuídos (RED`s) são recursos de geração e de armazenamento de energia a partir de diferentes tecnologias. Pode se considerar RED`s a Geração Distribuída (GD), armazenamento energético distribuído, mobilidade elétrica – veículos elétricos. A difusão destes recursos implica na inserção de novas tecnologias, tanto no lado da demanda, quanto da oferta, contribuindo para o uso de sistemas modernos nos serviços de distribuição elétrica em todas as áreas de demanda: urbanas, rurais e remotas. Estes recursos também servem como um suporte ao sistema centralizado, ou até mesmo como substituto, fomentando a não utilização de combustíveis de origem fóssil (GOUVÊA, 2019).

A modernização do setor elétrico já está em curso em vários países e, para que as distribuidoras consigam acompanhá-la, são necessários investimentos em tecnologias que permitam, por exemplo, o monitoramento em tempo real de ativos integrados à rede. *Smart grids* -redes inteligentes- têm sido utilizadas em vários países onde modernização do setor elétrico esteve presente.

Estas tecnologias disruptivas têm encaminhado o SEB para uma mudança de paradigmas significativa. Todavia, é preciso viabilizar a participação dos consumidores nestas mudanças, e este movimento será dado a partir de estudos dos agentes reguladores para um novo modelo regulatório.

No entanto, a estrutura tarifária atual não comporta as inovações tecnológicas que tendem a penetrar o SEB. O fato dos custos do sistema serem fixos e não variarem com o consumo acaba por inviabilizar e defasar a estrutura hoje utilizada. Este cenário é dado pelo fato de que o consumidor, ao escolher gerar sua energia ou tomar decisões que visem a eficiência de seu consumo, impacta os outros consumidores; a não promoção de incentivos às distribuidoras para utilizar mecanismos de eficiência energética.

A estrutura tarifária deve estimular e incentivar a diminuição de ociosidade na rede e isso só será possível a partir de uma estrutura tarifária flexível e descentralizada. De qualquer forma, é necessário que haja políticas de conscientização dos consumidores para que estes entendam e sejam capazes de reagir aos sinais econômicos, tornando esta mudança eficaz.

AANEEL, e os agentes que fazem parte do SEB, devem se organizar para desenvolver mecanismos tarifários que possam direcionar as distribuidoras e consumidores para um ambiente que promova a gestão de energia sustentável e eficiência econômica, resultando na modicidade tarifária e alavancando o SEB para as futuras inovações tecnológicas.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição energética se apresenta como uma oportunidade de desenvolvimento tecnológico e avanço econômico para países como o Brasil. A questão-chave é como esses países irão explorar estas oportunidades de inovação industrial e de tecnologias verdes.

Um dos principais desafios atuais das nações mundiais é conseguir equilibrar seu fornecimento energético juntamente à sua demanda. Além disso, garantir a sua segurança energética, atendendo a requisitos de eficiência energética. Como definição mais completa, a flexibilidade energética está diretamente relacionada à capacidade de gerenciamento de demanda e fornecimento energético. É importante saber que crises energéticas podem e, provavelmente, irão acontecer. Os preços elevados do petróleo na década de 70, bem como suas crises - invasão do Iraque ao Kuwait em 1990 - impulsionaram sociedades a adotarem medidas de eficiência nos usos de energia, significando a diminuição do uso deste recurso de origem fóssil. Essas medidas se refletiram, por exemplo, na construção de carros 62% mais eficientes.

Diante do exposto, o caminho a ser percorrido na direção da transição energética exige o aprimoramento dos marcos regulatórios que possibilitem a flexibilização energética com a expansão do uso de recursos energéticos renováveis bem como a adoção de políticas públicas que incentivem a inovação, aumento da conectividade, automação e uso de tecnologias verdes.

A descentralização e a modernização do setor de energia são cruciais por meio da reestruturação tarifária e uma nova relação entre os serviços de distribuição e geração de energia.

## REFERÊNCIAS

Auswärtiges Amt. **Die Deutsche Energiewende. Energiewende: Umschalten auf Zukunft.** Berlin, 2019.

ABRADEE, Associação Brasileira de Distribuição de Energia, **Comparação Internacional de Tarifas de energia Elétrica**, 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética **Plano Nacional de Energia 2050** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética **Plano Nacional de Eficiência Energética** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020

BRASIL, Operador Nacional do Sistema, **Plano Anual da Operação Energética dos sistemas Isolados para 2021**, 2020.

CASTRO, Léo Metello. **Análise da política energética na Alemanha do século XIX ao XXI**. 2018.

CORNFELD, J; WERNER, C. **“Feed-in Tariffs.”**. Environmental and Energy Study Institute (2010).

GOUVÊA, A.R. **Uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica frente aos desafios da expansão de recursos energéticos distribuídos no Brasil**. 2019.

GONÇALVES, D.N.S.; GOES, G. V.; D'AGOSTO, M. A. **Transição Energética no Brasil: Um Cenário Compatível com o Acordo de Paris para o Setor de Transportes até 2050**. Março, 2020.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; DOS REIS, Lineu B. **Energia e meio ambiente**. Cengage Learning Editores, 2017.

IEA (2019). **Renewables 2019**. Paris. Disponível em: < <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>> Acessado em: fevereiro de 2021.

IEA (2013). **“Energy Policies of IEA Countries: Germany.”**. Germany.

INSTITUTO ACENDE BRASIL, **Evolução das Tarifas de Energia Elétrica e a Formulação de Políticas Públicas**, White Paper 22, São Paulo, 22, 2020, 28.p

IRENA – International Renewable Energy Agency. **Power system flexibility for the energy transition: Part 1, Overview for policy makers**. 2018.

IRENA (2018a), **Global Energy Transformation. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi**. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050>IRENA (2018) Data and Statistics>. Acessado em: fevereiro de 2021.

LANG, M.; LANG, A. **“Overview Renewable Energy Sources Act.”** German Energy Blog (2017).

RAUSCHMAYER, H. **Contribuições da Experiência Alemã para a Regulamentação da Geração Distribuída no Brasil**. *Deutsch-Brasilianische Industrie- und Handelskammer*, 2018. Disponível em: < <https://www.solarize.com.br>>. Acessado em: fevereiro de 2021.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aprendizagem 33, 238, 239, 251, 332, 350, 351, 352, 357, 359, 361, 362

ATP 156, 157, 158, 159, 170, 171, 173, 176, 177, 179, 189, 191, 192, 195, 196, 198, 255

Autonomia veicular 221

### B

*Backflashover* 157, 163, 169, 170, 171, 172, 181, 182, 183, 184, 185, 190

### C

Cargas Variáveis 76, 92

Célula fotovoltaica 61, 115, 116, 129, 145

Confiabilidade 2, 142, 143, 145, 151, 152

Conversores 8, 58, 59, 85, 86, 207, 208, 214, 216, 219

### D

Dados Meteorológicos 38, 42, 44, 54

Descarbonização 14, 16, 17, 18, 23

Descargas Atmosféricas 156, 157, 170, 171, 174, 176, 183, 185, 189, 191, 193, 195, 204

Desempenho 5, 7, 6, 7, 47, 54, 76, 77, 78, 80, 86, 91, 92, 113, 117, 125, 127, 142, 145, 147, 151, 153, 157, 170, 171, 172, 176, 178, 185, 190, 197, 208, 212, 219, 224, 225, 226, 229, 232, 233, 234, 237, 251, 320, 321, 322, 323, 332, 348, 349, 395, 400, 402, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 413

*Desenvolvimento* 6, 1, 2, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 37, 38, 42, 45, 51, 76, 94, 111, 114, 130, 143, 153, 208, 209, 212, 213, 219, 220, 223, 229, 236, 252, 258, 263, 264, 268, 269, 275, 277, 282, 289, 296, 307, 308, 320, 322, 323, 333, 334, 348, 351, 352, 357, 361, 364, 365, 367, 368, 370, 372, 374, 376, 388, 389, 391, 398, 400, 404

### E

*Eficiência Energética* 6, 16, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 45, 209, 219, 222, 237, 363, 365, 367, 374, 378, 380, 387, 390

Energia fotovoltaica 7, 40, 77, 96, 113, 129, 130, 131, 135, 137, 374

*Energia Solar* 16, 30, 33, 34, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 55, 56, 77, 78, 95, 130, 133, 138, 140, 141, 143, 152, 208, 219, 287, 294, 297, 298, 301, 308, 320, 335, 336, 337, 341, 344

### F

Fontes Renováveis 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 77, 115, 131, 143

Frenagem Regenerativa 8, 221, 222, 223, 236, 237

## **G**

Geração de Trajetória 239

*GMPPT* 57, 58, 75

## **I**

Inversores 8, 136, 138, 207, 208, 210

Irradiação Incidente 44, 55

## **M**

Manipulador Robótico 238, 239

Módulo fotovoltaico 62, 76, 77, 78, 84, 90, 91, 117, 119, 129, 131, 145, 146, 150, 151, 290

Módulos Fotovoltaicos 7, 33, 34, 61, 62, 63, 76, 77, 79, 83, 92, 99, 107, 110, 117, 122, 124, 130, 131, 135, 142, 143, 145, 146, 147, 149, 151, 152, 153

## **P**

Painéis Fotovoltaicos 7, 44, 47, 51, 55, 76, 77, 83, 97, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 139, 140

Parâmetros elétricos do solo 156, 170, 171, 172, 180, 181, 182, 184, 185, 191, 198, 200, 201, 203

Permissividade do solo 157, 171, 178, 185, 189, 190, 197, 203

*Pesquisa* 5, 6, 23, 25, 29, 30, 31, 34, 37, 40, 41, 42, 43, 56, 96, 132, 143, 152, 222, 266, 268, 276, 277, 278, 298, 305, 350, 352, 362, 371, 372, 375, 379, 381, 382, 398, 400, 404

Planejamento de Caminho 239

Prevenção de Colisão 239

## **Q**

*Qualidade de Energia* 41, 113

## **R**

Reforço 238, 239, 361

Resistividade do solo 156, 157, 170, 171, 172, 173, 177, 181, 182, 183, 184, 185, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 198, 200, 203, 204

Robótica 1, 251

## **S**

Sensores 6, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 12, 39, 40, 58, 59, 66, 80, 104, 105, 119, 208, 287, 288, 289, 290, 300, 396, 403

Setor Elétrico 6, 14, 24, 25, 26, 27, 37

Sinais 1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 28, 105, 213, 215, 216, 254, 256, 259, 266, 267, 271, 275,

279, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 412

Sistemas de aterramento 157, 170, 171, 177, 190, 191, 196, 198, 203

*Sistema Solar Fotovoltaico (FV)* 113

*Sombreamento Parcial* 6, 57, 58, 60, 62, 64, 65, 74, 84

*SPPMG* 57, 58, 59, 60, 63, 70, 71, 72, 73, 74

## **T**

*Topologia de Estágio Único* 113, 122, 126

Traçador de curva I-V 6, 76, 77

Transição Energética 6, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29

Trilhas de Caracol 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

## **V**

Veículo Elétrico 8, 207, 208, 209, 210, 212, 217, 219, 221, 222, 223, 224, 236, 237

# ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

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

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

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

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

# ENGENHARIA ELÉTRICA: O MUNDO SOB PERSPECTIVAS AVANÇADAS

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

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

 @atenaeditora

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