

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

## Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

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

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. 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. 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **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  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
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 – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
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  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Livia 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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: desenvolvimento e inovação tecnológica

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**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: desenvolvimento e inovação tecnológica / 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 978-65-5706-773-4

DOI 10.22533/at.ed.734212202

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

## 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**

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação 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. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de sub áreas e especializações, 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

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **METODOLOGIA PARA TESTE E CLASSIFICAÇÃO DE SMART METERS PARA APLICAÇÕES EM REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES**

Luiz Henrique Leite Rosa  
Renan Corrêa de Moura  
Marcio Ribeiro Cruz  
Carlos Frederico Meschini Almeida  
Nelson Kagan  
Alexandre Dominice

**DOI 10.22533/at.ed.7342122021**

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS EM VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES**

Pedro Henrique Camargos  
Ricardo Elias Caetano  
Marcel Fernando da Costa Parentoni

**DOI 10.22533/at.ed.7342122022**

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **COMO ATENUAR EMI EM SISTEMAS AUTOMATIZADOS**

Rogério Martins de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.7342122023**

### **CAPÍTULO 4..... 39**

#### **MODELO MATEMÁTICO DE UMA TURBINA A GÁS DE 106 MW DE TIPO INDUSTRIAL COM UM ÚNICO EIXO**

Manuel Arturo Rendón Maldonado  
André Reinaldo Novgorodcev Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.7342122024**

### **CAPÍTULO 5..... 54**

#### **PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE LINHAS - UMA ABORDAGEM USANDO SAMPLED VALUES**

Matheus Felipe Ayello Leite  
Arthur Augusto Pereira Cruz  
Angelo Cesar Colombini  
Márcio Zamboti Fortes  
Yona Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.7342122025**

### **CAPÍTULO 6..... 71**

#### **O USO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS DIANTE DAS RECLAMAÇÕES POR DANOS ELÉTRICOS NO BRASIL**

Lívy Wana Duarte de Souza Nascimento  
Lilian de Fátima Costa Santos

Roberto Akira Yamachita  
Jamil Haddad  
Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos  
Neiva Beatriz Ferreira Silva Vicentin  
Carlos Alberto Froés Lima

**DOI 10.22533/at.ed.7342122026**

**CAPÍTULO 7..... 83**

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**

Álvaro Ribeiro Gomes de Oliveira  
Arnaldo José Pereira Rosentino Júnior  
Nivaldo Leite da Silva Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.7342122027**

**CAPÍTULO 8..... 97**

**ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS: OPERAÇÃO E MONITORAMENTO COM AUXÍLIO DE FONTE PROGRAMÁVEL**

Cássio Alves de Oliveira  
Josemar Alves dos Santos Junior  
Marcos José de Moraes Filho  
Vinícius Marcos Pinheiro  
Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira  
Luciano Coutinho Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.7342122028**

**CAPÍTULO 9..... 112**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA PARA PREVISÃO DE POTÊNCIA MÁXIMA EM SUBESTAÇÕES UTILIZANDO REDES NEURAIS**

Thommas Kevin Sales Flores  
Pedro Henrique Meira de Andrade  
Isaac Emmanuel Azevedo de Medeiros  
Juan Moises Mauricio Villanueva

**DOI 10.22533/at.ed.7342122029**

**CAPÍTULO 10..... 126**

**DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CURTO-CIRCUITOS UTILIZANDO A TRANSFORMADA DISCRETA FRACIONÁRIA DE FOURIER E REDE NEURAL ARTIFICIAL**

Leonardo Audalio Ferreira do Nascimento  
Viviane Barrozo da Silva Duarte Ricciotti  
Antônio Carlos Duarte Ricciotti  
Adailton Braga Júnior  
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira  
Júlio César Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.73421220210**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>138</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DA COBERTURA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVO AGRÍCOLA USANDO MARCADORES ULTRAVIOLETA</b>	
Edson d'Avila Antônio Carlos Loureiro Lino Inácio Maria Dal Fabbro Ana Cristina da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220211</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>149</b>
<b>MODELAGEM E CONTROLE DE UM HELICÓPTERO DE BANCADA COM TRÊS GRAUS DE LIBERDADE</b>	
Matheus Sachet Rômulo Lira Milhomem	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220212</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>169</b>
<b>ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTUFAS HIDROPÔNICAS INTEGRADAS À IOT PARA FINS RESIDENCIAIS</b>	
Rogério Luis Spagnolo da Silva Renan Pinho Lucas Ramalho Paiva Jorge Augusto Igor Falla Henrique Alvarez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>183</b>
<b>SEGMENTAÇÃO DE EXUDATOS DUROS USANDO LIMIAÇÃO ADAPTATIVA E CRESCIMENTO DE REGIÕES</b>	
Rafael de Freitas Brito Milena Bueno Pereira Carneiro Cristiane de Fátima dos Santos Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>192</b>
<b>MICROGRID SYSTEM DESIGN BASED ON MODEL BASED SYSTEMS ENGINEERING: THE CASE STUDY IN THE AMAZON REGION</b>	
Miguel Angel Orellana Postigo José Reinaldo Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>208</b>
<b>ESTUDO COMPLEMENTAR DO USO DE UMA FONTE RESSONANTE PARA TESTES EXPERIMENTAIS DE FALTAS DE ALTA IMPEDÂNCIA EM NÍVEIS DE MÉDIA TENSÃO</b>	
André Pinto Leão Maria Emília Lima Tostes João Paulo Abreu Vieira	

Ubiratan Holanda Bezerra  
Marcelo Costa Santos  
Ádrea Lima de Sousa  
Wesley Rodrigues Heringer  
Murillo Augusto Melo Cordeiro  
Juan Carlos Huaquisaca Paye  
Lucas de Paula Assunção Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.73421220216**

**CAPÍTULO 17.....224**

**FERRAMENTAS DE PROTOTIPAÇÃO APLICADAS A SISTEMAS DE POTÊNCIA:  
MATLAB VERSUS PYTHON**

Luciano de Oliveira Daniel  
Sergio Luis Varricchio

**DOI 10.22533/at.ed.73421220217**

**CAPÍTULO 18.....240**

**SENSIBILIDADES DE POLOS E ZEROS EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DE LINHAS  
DE TRANSMISSÃO REPRESENTADAS PELO MODELO DE BERGERON**

Sergio Luis Varricchio  
Cristiano de Oliveira Costa

**DOI 10.22533/at.ed.73421220218**

**CAPÍTULO 19.....256**

**UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES EM CENÁRIOS DE REDES ÓPTICAS COM  
MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO ESPACIAL**

Eloisa Bento Sarmento  
Mariana Gomes Costa  
Gileno Bezerra Guerra Junior  
Helder Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.73421220219**

**CAPÍTULO 20.....264**

**PROJETO E ANÁLISE DE UM ARRANJO LINEAR DE ANTENAS DE MICROFITA QUASE-  
FRACTAL UTILIZANDO A CURVA DE MINKOWSKI NÍVEL 2 COM APLICAÇÕES EM  
REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO**

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira  
Pedro Carlos de Assis Júnior  
Relber Antônio Galdino de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.73421220220**

**CAPÍTULO 21.....277**

**UMA NOVA ABORDAGEM PARA O PROBLEMA DAS IMPRECIÇÕES NUMÉRICAS  
RESULTANTES DA UTILIZAÇÃO DE FILTROS COM ARITMÉTICA INTEIRA**

Daniel Carrijo Polonio Araujo  
Gabriel de Souza Pereira Gomes  
Christos Aristóteles Harissis  
Rogério Andrade Flauzino

**DOI 10.22533/at.ed.73421220221**

<b>CAPÍTULO 22.....</b>	<b>298</b>
<b>TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE CORRENTE NULA PARA APLICAÇÕES EM CONVERSORES BOOST OPERANDO EM MODO DE CONDUÇÃO CRÍTICA</b>	
Marcelo Nogueira Tirolli	
Alexandre Borges Marcelo	
Flávio Alessandro Serrão Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220222</b>	
<b>CAPÍTULO 23.....</b>	<b>312</b>
<b>A STAIRWAY STATISTICAL NEURAL MODEL FOR DGA ANALYSIS</b>	
Gabriel de Souza Pereira Gomes	
Daniel Carrijo Polonio Araujo	
Mateus Batista de Moraes	
Rafael Prux Fehlberg	
Murilo Marques Pinto	
Arthur Franklim Marques de Campos	
Marcos Eduardo Guerra Alves	
Rogério Andrade Flauzino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220223</b>	
<b>CAPÍTULO 24.....</b>	<b>325</b>
<b>LATÊNCIA NA COMUNICAÇÃO PARA ESQUEMAS DE TELEPROTEÇÃO: REQUISITOS, AVALIAÇÕES E MEIOS DE TRANSMISSÃO</b>	
Mayara Helena Moreira Nogueira dos Santos	
Matheus Felipe Ayello	
Paulo Henrique Barbosa de Souza Pinheiro	
André da Costa Pinho	
Angelo Cesar Colombini	
Márcio Zamboti Fortes	
Yona Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73421220224</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>343</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>344</b>

# CAPÍTULO 6

## O USO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS DIANTE DAS RECLAMAÇÕES POR DANOS ELÉTRICOS NO BRASIL

Data de aceite: 04/02/2021

Data da submissão: 06/11/2020

**Carlos Alberto Froés Lima**

KNBS – Knowledge Networks & Business  
Solutions

Campinas – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/0635642368184161>

### **Livya Wana Duarte de Souza Nascimento**

Centro de Excelência em Eficiência Energética,  
Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1586762268906624>

### **Lilian de Fátima Costa Santos**

Centro de Excelência em Eficiência Energética,  
Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/5265398677156916>

### **Roberto Akira Yamachita**

Centro de Excelência em Eficiência Energética,  
Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/6001552020707052>

### **Jamil Haddad**

Centro de Excelência em Eficiência Energética,  
Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3322615178606123>

### **Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos**

Centro de Excelência em Eficiência Energética,  
Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3620795685983036>

### **Neiva Beatriz Ferreira Silva Vicentin**

CPFL Energia  
Campinas – São Paulo

**RESUMO:** A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece em suas resoluções como deve funcionar os pedidos por ressarcimento por danos elétricos causados nos equipamentos. Com isso este trabalho tem como objetivo verificar o número de reclamações por danos elétricos no 1º nível e como as distribuidoras estabelecem o uso de dispositivos de proteção contra surtos (DPS). Para a análise do número de reclamações foram utilizados os relatórios da Ouvidoria Setorial da ANEEL do período de 2015 a 2018 e sobre os dispositivos de proteção foi realizado uma pesquisa no site das 54 distribuidoras. Os resultados mostraram o comportamento do número de reclamações por regiões e quais as distribuidoras que mais recebem a quantidade de reclamações por unidades consumidoras, e através das pesquisas sobre o uso de DPS verificou-se que algumas passaram a exigir o uso do equipamento.

**PALAVRAS - CHAVE:** Danos elétricos; DPS; ANEEL; Descargas atmosféricas; Ressarcimento.

THE USE OF SURGE PROTECTION  
DEVICES IN THE FACE OF CLAIMS FOR  
ELECTRICAL DAMAGE IN BRAZIL

**ABSTRACT:** The National Electric Energy Agency (ANEEL) establishes in its resolutions

how requests for compensation for electrical damage caused to equipment should work. This work aims to verify the number of complaints for electrical damage at the 1st level and how the distributors establish the use of surge protection devices (SPD). For the analysis of the number of complaints, ANEEL Sectorial Ombudsman reports from 2015 to 2018 were used and a survey was carried out on the 54 distributors' website on the protection devices. The results showed the behavior of the number of complaints by regions and which distributors receive the most complaints by consumer units, and through research on the use of DPS it was found that some started to require the use of the equipment.

**KEYWORDS:** Electrical damage; SPD; ANEEL; Atmospheric discharges; Indemnity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Considerada um serviço essencial, a energia elétrica deve ser fornecida com qualidade, e as concessionárias de energia poderão ser responsabilizadas por eventuais problemas que possam ocorrer nos equipamentos elétricos dos seus consumidores em decorrência de distúrbios na rede (MEDEIROS, 2018). Os equipamentos elétricos são sensíveis e distúrbios na rede elétrica podem ocasionar problemas aos aparelhos. No Brasil, o Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) estabelece no Módulo 9, os procedimentos de ressarcimento por danos elétricos que as distribuidoras devem seguir.

As descargas elétricas no Brasil são responsáveis por 70% dos desligamentos na transmissão e 40% na distribuição, devido à queda de raios. Tem-se ainda, que cerca de 40% dos transformadores sofrem queima por raios. O Brasil é um dos países do mundo com maior incidência de raios, onde de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), são mais de 78 milhões descargas elétricas por ano. (INPE, 2019)

Diversas técnicas vêm sendo adotadas para minimizar os efeitos causados por esse elevado número de desligamentos provocados por raios, entre elas podem destacar o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento, uso de para-raios e o uso do DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos) nas unidades consumidoras. (INPE, 2019)

Com isso este trabalho busca analisar a situação das reclamações por danos elétricos no Brasil no período de 2015 a 2018 e como o uso dos dispositivos de proteção contra surtos é visto pelas distribuidoras de energia elétrica.

## 2 | METODOLOGIA

Utilizando-se os dados do relatório anual da Ouvidoria Setorial em Números (OSN) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), verificou-se os números das quantidades de reclamações ocorridas entre os anos de 2015 a 2018 que tiveram origem motivadora provenientes de danos elétricos e relacionou-se com o número de unidades consumidoras (UC's) existentes em cada região do país. Somente foram contabilizadas as reclamações de 1º nível, que são aquelas feitas diretamente à distribuidora.

Os dados fornecidos pelo relatório da ANEEL são para os clientes de baixa tensão e informam os números de reclamações registradas no primeiro nível de atendimento, nas ouvidorias das distribuidoras e na ouvidoria setorial da ANEEL. Fornece também, informações sobre indicadores de continuidade, conformidade, reclamações, satisfação no atendimento telefônico, compensações financeiras e tarifa social.

Calculou-se a razão entre o número de unidades consumidoras e o número de reclamações e com isso foi determinado quais regiões tem uma maior quantidade de reclamações por unidade consumidora. A partir dessa visão geral, foi possível verificar as distribuidoras que mais registraram pedidos por danos elétricos com relação à quantidade de UC's, e após essa verificação, foram apresentadas as empresas com menor e maior quantidade de consumidores por pedido.

Após a avaliação da situação das reclamações por danos elétricos, verificou-se como as distribuidoras agem em relação à utilização dos dispositivos de proteção contra surtos pelos consumidores, com a finalidade de garantir uma maior proteção para as residências. Para isto verificou-se os sites das empresas e suas normas vigentes. 610-360.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Reclamações sobre danos elétricos no Brasil

O número de pedidos por danos elétricos é mostrado na Tabela 1, onde verifica-se para o período de 2015 a 2018 na região Nordeste, que o número de pedidos diminui em torno de 39% e nas regiões Sudeste e Sul, essa diminuição foi de 32%. As outras regiões tiveram os dados praticamente constantes.

Regiões	2015	2016	2017	2018
Nordeste	58.496	45.947	33.848	35.705
Norte	11.870	12.428	12.398	12.195
Centro-Oeste	22.070	20.427	21.108	22.667
Sul	58.230	52.286	43.854	39.254
Sudeste	205.161	195.291	173.214	139.650

Tabela 1 – Número de pedidos por danos elétricos  
 Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

Nas figuras a seguir são mostrados como se comporta a razão entre unidades consumidoras por número de reclamações por danos elétricos para cada região. Quanto maior o valor da razão, menor é o índice de pedidos para cada local. Na Figura 1, para a

região Nordeste mostra que ocorreu uma melhora significativa nos anos de 2015 até 2017, porém em 2018 houve um pequeno decaimento no índice.



Fig. 1 – Razão entre UC e reclamações para o Nordeste  
Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

Na Figura 2, a região Norte se mantém praticamente constante, com valores em média de uma reclamação por dano a cada 400 unidades consumidoras.

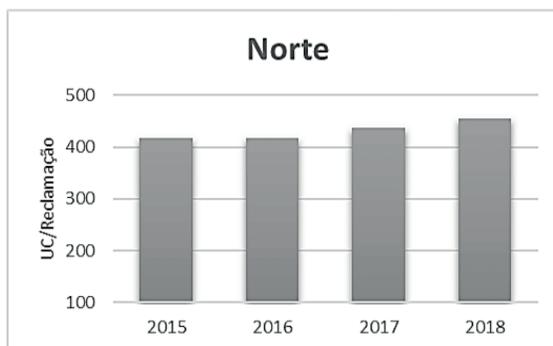


Fig. 2– Razão entre UC e reclamações para o Norte  
Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

A região Centro-Oeste (Figura 3), apresenta uma melhora de 2015 para 2016, onde em 2015 representava cerca de 1 caso a cada 277 consumidores, e em 2016 aumenta para 305, ocorrendo uma pequena diminuição em 2018.

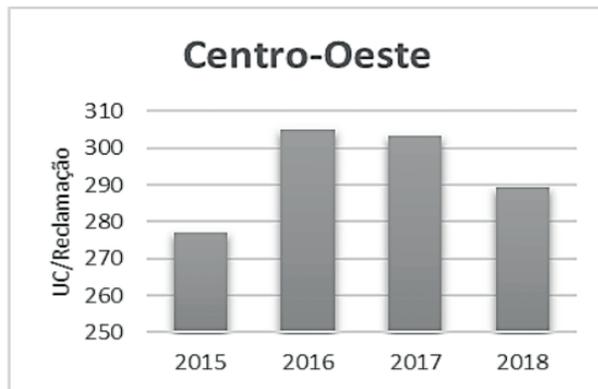


Fig. 3 – Razão entre UC e reclamações para o Centro-Oeste

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

Na Figura 4, para a região Sul, tem-se uma melhora crescente, onde em 2015 a razão era de 1 pedido a cada 200 clientes, em 2018 esse número passa a ser de 1 caso a cada 300 UCs.

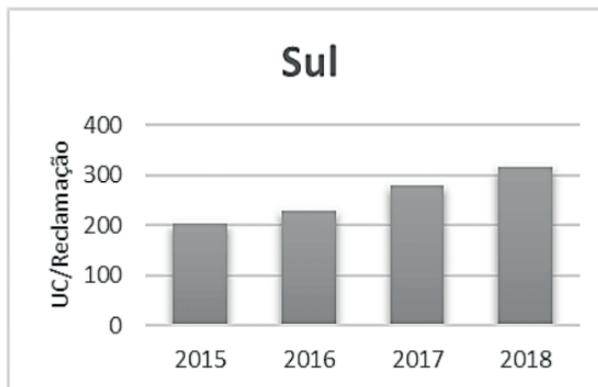


Fig. 4 – Razão entre UC e reclamações para o Sul

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

A região Sudeste no gráfico da Figura 5, mostra também uma melhora crescente, onde em 2018 os casos de pedidos eram de pouco mais de 1 caso a cada 250 consumidores.

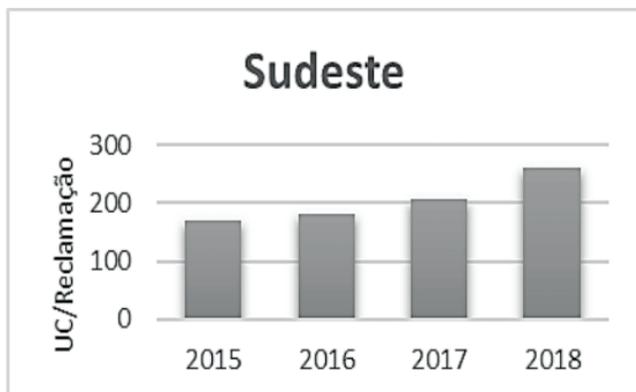


Fig. 5 – Razão entre UC e reclamações para o Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

Para verificação da situação das distribuidoras, foi elaborada na Tabela 2, um ranking para o ano de 2018 com os dados mais recentes do estudo, onde são apresentadas as empresas que tiveram os maiores índices de ocorrência de pedidos por danos elétricos. A Iguazu Energia é uma empresa menor, porém apresentou resultados de 1 caso a cada 98 clientes, indicando uma relação elevada.

Empresas com maior número de consumidores como a Enel Distribuição Ceará, Enel Distribuição Rio de Janeiro e CPFL Paulista apresentam resultados de cerca de 1 pedido a cada 200 unidades consumidoras, o que pode ser considerado um resultado expressivo ao verificar que cada uma dessas empresas possui mais de 2 milhões de clientes. É difícil saber com precisão as justificativas para estes resultados, visto que os dados sobre interrupções, investimentos em qualidade de energia, manutenção de redes, descargas atmosféricas ou outros fatores, são de responsabilidade das distribuidoras.

Empresa	UC	Número de pedidos (n°)	UC/n°
<b>Energisa Tocantins</b>	585.650	3.316	176
<b>Enel Ceará</b>	3.541.054	15.507	228
<b>Energisa Sergipe</b>	775.741	3.370	230
<b>CHESP</b>	36.766	274	134

<b>Energisa Mato Grosso</b>	1.401.003	7.913	177
<b>Enel Rio de Janeiro</b>	2.664.202	23.353	114
<b>CPFL Paulista</b>	4.418.981	19.438	227
<b>Iguaçu Energia</b>	35.804	363	98

Tabela 2 – Ranking de maior incidência 2018

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

Na Tabela 3, verifica-se quais empresas apresentam os melhores resultados por região quando é feita a relação com o número de clientes. No caso da região Norte, o melhor índice é da Eletroacre, empresa que atende o estado do Acre e alcança o resultado de 1 pedido a cada 7533 unidades consumidoras. No Nordeste, a Companhia Energética do Rio Grande do Norte (Cosern), apresentou os melhores resultados com um pedido a cada 26.807 clientes. Os melhores índices do Centro-Oeste e do Sudeste ainda continuaram baixos quando comparados com as outras regiões do país.

<b>Empresa</b>	<b>Quantidade UC</b>	<b>Número pedidos (nº)</b>	<b>UC/nº</b>
<b>Eletroacre</b>	263.682	35	7.533
<b>CEA</b>	204.918	128	1.600,92
<b>COSERN</b>	1.447.598	54	26.807
<b>CELPE</b>	3.695.856	305	12.117
<b>COELBA</b>	5.986.503	581	10.303
<b>Enel Goiás</b>	3.026.901	7.870	384
<b>Energisa Mato Grosso do Sul</b>	1.015.825	2.948	344
<b>LIGHT</b>	3.863.028	6.740	573
<b>EDP Espírito Santo</b>	1.562.954	3.310	472
<b>Celesc-Dis</b>	2.970.459	560	5.304

Tabela 3 – Ranking menor incidência 2018

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2019)

### 3.2 O uso dos DPS pelas distribuidoras

A norma brasileira NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão, estabelece as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas e, como forma de proteção para as residências, estabelece o uso de aterramento e recomenda o uso dos Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS). Os DPS são capazes de proteger equipamentos eletroeletrônicos contra picos de tensão que podem vir da rede elétrica,

de cabos de TV (por assinatura ou de antena externa) ou da linha telefônica. De acordo com manual de uma empresa fabricante de DPS, tem-se que o mesmo deve suportar no mínimo 15 surtos no valor da In indicada no produto, onde a In corresponde a um valor de um impulso de corrente com forma de onda 8/20  $\mu$ s, que simula os efeitos de descargas indiretas.

Com base nessa recomendação, verificou-se que das 54 distribuidoras no Brasil, apenas 7 empresas exigem o uso do DPS em sua área de abrangência, são elas: CPFL (PAULISTA, PIRATININGA, SANTA CRUZ), RGE e RGE SUL, DMED, CELESC-D, e ainda possui 2 permissionárias no Rio Grande do Sul que também tem essa exigência do DPS a COOPERNORTE e CERILUZ. Os tópicos a seguir mostram as normas e os principais pontos de cada empresa.

### *3.2.1 CPFL Energia*

A CPFL Energia é uma das maiores empresas do setor elétrico brasileiro, formada pelas empresas CPFL Paulista, CPFL Piratininga, CPFL Santa Cruz, RGE e RGE Sul, atendendo 687 municípios e 9,6 milhões de clientes na distribuição de energia, atuando nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná (CPFL, 2019). A CPFL por meio de sua Norma Técnica intitulada de Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição (GED 13, publicada em 29/06/2018), destaca-se no item “8.2. sobre os Dispositivos de Proteção”, as seguintes exigências: 8.2.1. Devem ser utilizados para proteção geral da entrada consumidora, disjuntores termomagnéticos unipolares para atendimento monofásico, bipolares para atendimento bifásico ou tripolares para atendimento trifásico. As solicitações de novas ligações realizadas a partir de 01/02/2019 tem a obrigatoriedade de instalação do DPS nos padrões de entrada de energia para Distribuidoras de SP (CPFL Paulista, CPFL Piratininga e CPFL Santa Cruz) e RS (RGE e RGE Sul). Até 31/01/2019 a instalação era facultativa. A instalação é obrigatória do DPS no padrão de entrada do consumidor, de acordo com as prescrições da NBR 5410. Este procedimento visa à supressão das sobretensões causadas, por exemplo, pelos fenômenos atmosféricos, sobretensões de manobra, evitando, assim, os eventuais danos que podem ser causados aos equipamentos elétricos e eletrônicos, assim como a preservação da segurança das pessoas residentes na edificação. (CPFL, 2019).

### *3.2.2 DMED Distribuição S/A – Poços de Caldas*

Considerada uma distribuidora de menor porte, a empresa “DME Distribuição - DMED - Poços de Caldas”, atende 76.511 unidades consumidoras. A Norma Técnica utilizada pelo DMED intitulada “Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão, NT 07 05 003” (VER 02, de junho de 2019) tem como objetivo “definir as condições para atendimento às instalações de unidades consumidoras individuais e coletivas atendidas

em baixa tensão através das redes de distribuição da DME Distribuição S.A.– DMED. Atender à determinação das Resoluções Normativas ANEEL e normatização ABNT que estabelecem regras para a conexão de unidades consumidoras ao sistema elétrico da DMED” (DMED, 2019). No item 19.10 “Proteção Contra Surtos e Sobretensões”, tem-se: “A partir da publicação desta norma, ou seja, desde junho de 2019, toda ligação nova ou reforma de padrão é obrigatória ser instalado para raio de baixa tensão no ramal de entrada ou DPS nas instalações internas, por responsabilidade e expensas do consumidor, com as características a seguir. (DMED, 2019)

É de responsabilidade do consumidor, após o ponto de entrega, manter a adequação técnica e a segurança das instalações internas da unidade consumidora atendendo às prescrições das Normas ABNT e Norma Regulamentadora (NR)”. (DMED, 2019)

### 3.2.3 CELESC

A área de concessão da Celesc abrange quase todo território Catarinense e um município do Paraná e atende mais de 3 milhões de unidades consumidoras. A norma técnica N-321.0001, com revisão em maio 2019, intitulado “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição”, em seu item 5.4.8. (“Proteção Geral e DPS”), recomenda que em toda unidade consumidora deva existir um Dispositivo de Proteção contra surtos, instalado na caixa de medição. A norma também recomenda que o consumidor instale em seu quadro geral de distribuição o DPS Classe II e nas tomadas de corrente o DPS Classe III para proteção contra surtos de tensão em seus equipamentos elétricos/eletrônicos (CELESC, 2019 a). Em sua normativa: “Sistema de Medição para Unidades Consumidoras com Disjuntor após o Medidor e das Existentes que Aderirem a Tarifa Branca” tem a finalidade de estabelecer procedimentos e padrões de entrada para a medição de energia elétrica das unidades consumidoras – UC, com disjuntor após o medidor e das existentes que aderirem à tarifa branca, faturadas com tarifas do Grupo B (CELESC, 2019a). Para todas as solicitações de ligações novas, e UCs que aderirem à tarifa branca, deverá ter instalado no seu padrão de entrada uma caixa de medição com disjuntor após o medidor (lado da carga), bem como o DPS do lado esquerdo da caixa (CELESC, 2019a). Conforme comunicado de N°20 de janeiro de 2018, intitulado “Alteração das Normas N321.0001 e NT-03 passando o disjuntor para após o medidor em função da tarifa branca”, descreve a obrigatoriedade para todo consumidor que aderir à Tarifa Branca, de alterar o padrão de entrada, instalando a caixa de medição com disjuntor após o medidor (lado da carga) e o DPS do lado esquerdo da caixa (CELESC,2019b).

### 3.2.4 *Cooperativa Regional de Energia e Desenvolvimento do Litoral Norte - COOPERNORTE*

O território de atuação da COOPERNORTE abrange as áreas rurais dos municípios

de Viamão e Santo Antônio da Patrulha, no estado do Rio Grande do Sul, alcançando um total de 5.918 consumidores de energia elétrica em 2016 (COOPERNORTE, 2019a). A partir de 01/06/2019 começou a ser exigida a instalação do DPS, na medição para novas ligações de unidades consumidoras, conforme o Regulamento de instalações consumidoras – Baixa Tensão – (RIC – BT), que define o que o associado pode e deve instalar na entrada de energia (COOPERNORTE, 2019b). Para as unidades consumidoras ligadas anteriormente a esta data, a instalação do DPS deve ocorrer até 01/09/2019, podendo neste caso ser instalado no quadro de distribuição da unidade consumidora. A partir desta data, os pedidos de danos elétricos serão indeferidos caso o DPS não esteja instalado na unidade consumidora (COOPERNORTE, 2019b). O DPS deve ser instalado conforme o RIC - BT (Regulamento de Instalações Consumidoras Fornecimento em Baixa Tensão da FECOERGS), e por um profissional eletricista. O local de instalação do DPS deve ser após e fora do compartimento de medição (COOPERNORTE, 2019b).

### *3.2.5 Cooperativa Regional De Energia E Desenvolvimento Ijuí Ltda – CERILUZ*

A CERILUZ tem sua sede no município de Ijuí, e atende 24 municípios na região noroeste do Rio Grande do Sul, correspondendo a 13.803 consumidores em 2018. A CERILUZ faz parte do Sistema FECOERGS (Federação das Cooperativas de Energia, Telefonia e Desenvolvimento Rural do Rio Grande Do Sul). Desde julho 2016, vigora o Regulamento de Instalações Consumidoras – Baixa Tensão (RIC/BT), que define normas para implantação do quadro de medição de energia, e também possui algumas exigências, entre elas o uso obrigatório do DPS, para novos pedidos de ligações, ou em propriedades onde sejam realizadas alterações no quadro de Entrada de Energia (CERILUZ, 2019).

## **4 | CONCLUSÃO**

Verificou-se com o trabalho que existe uma diferença entre as regiões do Brasil, quando se verifica a razão entre unidades consumidoras e o número de reclamações relacionadas com a queima de equipamentos elétricos, onde as regiões Norte e Nordeste apresentam melhoras e o Centro-Oeste, Sul e Sudeste, apresentam um maior número de pedidos por unidades consumidoras. Um aspecto que também pode ser levado em consideração é a questão econômica, visto que a região sul e sudeste apresenta os maiores produtos internos bruto (PIB) do País.

Em relação ao uso do DPS como prevenção para eventuais danos, verificou-se que algumas distribuidoras passaram a obrigar o uso de DPS em novas instalações. E por mais que o uso obrigatório de DPS seja apenas exigido por poucas distribuidoras e somente para novas instalações, já pode ser considerado um avanço para melhoria da segurança elétrica nas residências, viabilizando que mais medidas de proteção sejam exploradas e

adicionadas para a segurança do consumidor e equipamentos. Também é importante que exista uma campanha de motivação para que as pessoas visualizem a proteção elétrica não como uma exigência, mas para a sua própria segurança.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da CPFL Energia através do programa P&D ANEEL, processo PD-00063-3041/2018.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 499/201 -2 MÓDULO 9 – RESSARCIMENTO DE DANOS ELÉTRICO** Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Setor Elétrico Nacional – PRODIST. 1 ed. Brasília: Aneel, 2012. 22 p. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo9\\_Revisao\\_0.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo9_Revisao_0.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2019.

ANEEL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Ouvidoria setorial em números: aspectos técnicos e comerciais** / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília: ANEEL. 2019 Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/relatorios>>. Acesso: 01 de Dezembro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR. 5410**: Instalações Elétricas de baixa tensão. 2 ed. Rio de Janeiro: 2004. 209 p. Disponível em: <[https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr\\_5410.pdf](https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA - CELESC. Comunicado 20 – **Alteração das Normas N321.0001 e NT-03** passando o disjuntor para após o medidor em função da tarifa branca. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/images/arquivos/normas/COMUNICADO-20-Alteracao-N3210001-e-NT03-mudanca-disjuntor-Tarifa-Branca.pdf>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2019b.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA - CELESC. Norma Técnica – **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária**. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/images/arquivos/normas/N3210001-Fornecimento-Energia-Eletrica-Tensao-Secundaria.pdf>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019a.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ - CPFL. Norma Técnica- **Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição**. Disponível em: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-técnicos/GED-13.pdf>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2019.

COOPERATIVA REGIONAL DE ENERGIA E DESENVOLVIMENTO DO LITORAL NORTE - COOPERNORTE. **Dispositivo de Proteção contra Surtos**. Disponível em: <<http://www.coopernorte.net/Noticia/dispositivo-de-protecao-contrasurtos-dps-passara-a-ser-exigido-nas-medicoes-atendidas-pela-coopernorte>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

COOPERATIVA REGIONAL DE ENERGIA E DESENVOLVIMENTO IJUÍ LTDA - CERILUZ. **Dispositivo de Proteção contra Surtos**. Disponível em: <<http://www.ceriluz.com.br/index.php/noticias/1641-regulamento-exige-dispositivo-de-protecao-de-surtos-em-proriedades>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

DMED - DME DISTRIBUIÇÃO S/A. Norma Técnica – **Fornecimento de energia Elétrica em Baixa Tensão**. Disponível em: < <http://www.dme-pc.com.br/images/arquivos/Normas/NT-07-05-003-Fornecimento-de-Energia-Eltrica-em-Baixa-Tenso.pdf>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelaf/homepage/menu/infor/relampagos.e.efeitos/sistema.eletrico.php>>. Acesso em 24 junho 2019

MEDEIROS, C. J. **Análise do Impacto de Religamentos nos Pedidos de Ressarcimento por Danos Elétricos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia- UFU, Uberlândia/ MG, dezembro de 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AMI 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 124

Aneel 6, 52, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 81, 84, 96, 127, 136, 209, 221

Aterramento 25, 27, 28, 29, 32, 34, 37, 38, 72, 77, 209

Automação 1, 7, 25, 26, 32, 33, 37, 61, 138, 149, 164, 168, 169, 325, 330, 333, 341

### C

Classificação 1, 12, 126, 128, 131, 134, 135, 136, 184, 209

Compatibilidade Eletromagnética 25

Complexo Hospitalar 83, 84

Consumo de Energia 4, 83, 84, 138, 161, 172, 181, 259, 260

Curto-Circuito 65, 100, 126, 128, 131, 132, 133, 134, 135, 234

### D

Danos Elétricos 71, 72, 73, 76, 80, 82

Defensivos agrícolas 138, 139, 140, 146, 147

Densidade de potência 13, 15, 16, 17, 19

Descargas atmosféricas 27, 71, 76, 328

Detecção de fraudes 1, 10, 11

Distribuição de Energia Elétrica 72, 81, 96, 112, 113, 125, 127, 210, 221, 222

DPS 71, 72, 77, 78, 79, 80, 81

### E

Ensaio 97, 98, 99, 103, 104, 108, 109, 111, 219, 324

Estudo comparativo 13, 15, 275

### I

IEC 61850 54, 55, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 207, 330, 331, 332, 333, 339, 340, 341, 342

Inteligência Artificial 112, 114

Interferência Eletromagnética 25, 26, 37, 327, 328

### L

Linhas de transmissão 54, 56, 62, 64, 65, 112, 113, 227, 240, 327

### M

Medição 1, 3, 4, 7, 8, 11, 54, 58, 59, 60, 64, 79, 80, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 95, 96, 106, 138,

140, 141, 142, 217, 218, 219, 220, 221, 271, 272, 331, 338

Medidores Inteligentes 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Mensuração da área de cobertura 138, 139, 140

Modelagem de sistemas de potência 39, 228

Motor de indução 13, 14, 19, 97, 98, 100, 101, 102, 104

Motor de indução trifásico 97, 98, 100, 101, 104

## **N**

Normas Técnicas 81, 97, 99, 110, 111

## **P**

Previsão de Demanda 112, 113, 114, 115, 119, 124, 125

Previsão de Séries Temporais 112

Projetos de Engenharia 25

Proteção de linhas de transmissão 54

Proteção Diferencial 54, 55, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69

## **Q**

Qualidade de energia 1, 11, 76, 96, 126, 127, 128, 217

## **R**

Redes Neurais Artificiais 112, 115, 126, 128, 136

Rendimento 15, 16, 19, 20, 95, 97, 98, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 301

Ressarcimento 71, 72, 81, 82

## **S**

Sampled Values 54, 55, 61, 70, 331

Smart Grid 1, 2, 3, 4, 6, 11, 12, 192, 193, 195, 207, 341

Subestação 29, 83, 84, 95, 96, 112, 115, 116, 124, 331

## **T**

Tecnologias de aplicação 138, 139, 140

Termoeletricidade 39

Transformador 83, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 132, 212, 213, 221, 313, 337

Turbina a gás 39

Turbogerador 39

## **V**

Veículo elétrico leve 13

Viabilidade Técnica 13, 14, 16