

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

2

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

2

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  
 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 Miranilde 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 Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andreza 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 Krahll – 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 Fenomenologia & 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 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  
 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: desenvolvimento e inovação tecnológica 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**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 2 / 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 978-65-5983-133-3  
 DOI 10.22533/at.ed.333211706

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

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**

#### **SINCRONIZAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA HIDRÁULICA A PARTIR DA TÉCNICA DE PLL COM ACOPLAMENTO ÓTICO**

Joelson Lopes da Paixão  
Mauro Fonseca Rodrigues  
José Oizimas Junior

**DOI 10.22533/at.ed.3332117061**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE NEWTON-RAPHSON E DE SOMA DE CORRENTES PARA SOLUÇÃO DO FLUXO DE POTÊNCIA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**

Hugo Andrés Ruiz Flórez  
Cristiane Lionço Zeferino  
Leandro Antonio Pasa  
Gloria Patricia Lopez Sepulveda  
Eduarda Abatti Dahlem

**DOI 10.22533/at.ed.3332117062**

### **CAPÍTULO 3..... 29**

#### **AUTOMATED LOAD-BALANCING PROCESS ANALYSIS IN LOW-VOLTAGE GRID USING PETRI NETS**

José Ruben Sicchar Vilchez  
José Reinaldo Silva  
Carlos Tavares da Costa Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.3332117063**

### **CAPÍTULO 4..... 41**

#### **ANÁLISE ESTÁTICA E DINÂMICA DA INFLUÊNCIA DO GENERALIZED UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA**

Ednei Luiz Miotto  
Bruno Rafael Gamino  
Elenilson de Vargas Fortes  
Percival Bueno de Araujo  
Luís Fabiano Barone Martins

**DOI 10.22533/at.ed.3332117064**

### **CAPÍTULO 5..... 55**

#### **SOLUÇÕES INOVADORAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM**

André Ross Borniatti  
Pedro Daniel Bach Montani  
Luís Eduardo Rocha Nepomuceno  
Daniel Pinheiro Bernardon  
Luciane Neves Canha  
Lucas Thadeu Orihuela da Luz

Giuliano Bolognesi Archilli  
Isabel Figuera Hartmann  
Marcia Henke  
Táisson Soares Graebner  
Tiago Bandeira Marchesan

**DOI 10.22533/at.ed.3332117065**

**CAPÍTULO 6..... 69**

**LABORATÓRIO SMART GRID: AMBIENTE CIBER-FÍSICO PARA TESTES SISTÊMICOS DE FUNCIONALIDADES DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES**

Luiz Henrique Leite Rosa  
Marcio Ribeiro Cruz  
Carlos Frederico Meschini Almeida  
Nelson Kagan  
Alexandre Dominice

**DOI 10.22533/at.ed.3332117066**

**CAPÍTULO 7..... 82**

**GESTÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS SALVADOR: IMPLEMENTANDO AÇÕES PARA REDUZIR O CONSUMO COM A CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA**

Carollina Silva de Santana  
Armando Hirohumi Tanimoto

**DOI 10.22533/at.ed.3332117067**

**CAPÍTULO 8..... 91**

**TRANSIENT ANALYSIS OF CLASSICAL AND MODIFIED LUMPED PARAMETER TRANSMISSION LINE MODEL IN POWER SYSTEMS**

Jaimis Sajid León Colqui  
Sérgio Kurokawa  
Anderson Ricardo Justo de Araújo  
José Pissolato Filho

**DOI 10.22533/at.ed.3332117068**

**CAPÍTULO 9..... 109**

**ALGORITMO EVOLUCIONÁRIO ADAPTATIVO APLICADO NA ESTIMAÇÃO DE ESTADO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA EM WAMS**

Lucas Luiz Lunarti  
Maury Meirelles Gouvêa Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.3332117069**

**CAPÍTULO 10..... 117**

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO E PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DE GERAÇÃO DE ENERGIA POR PLACAS FOTOVOLTAICAS**

Vinicius Pedroza Delsin  
Antonio Newton Licciardi Junior

**DOI 10.22533/at.ed.33321170610**

|                                                                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 11.....</b>                                                                                                                                          | <b>132</b> |
| <b>SÍNTESE DE UM CONTROLADOR MPC PARA O CONDICIONAMENTO DE AR DO EDIFÍCIO MODERNO</b>                                                                            |            |
| Míriam Tvrzská de Gouvêa                                                                                                                                         |            |
| Catarina Gomes dos Santos                                                                                                                                        |            |
| Alessandro Ferreira da Silva                                                                                                                                     |            |
| José Pucci Caly                                                                                                                                                  |            |
| Maria Thereza de Moraes Gomes Rosa                                                                                                                               |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.33321170611</b>                                                                                                                            |            |
| <b>CAPÍTULO 12.....</b>                                                                                                                                          | <b>145</b> |
| <b>SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO INDOOR BASEADO EM MODELO DE HAMMERSTEIN UTILIZANDO TRILATERAÇÃO</b>                                                                    |            |
| Almir Souza e Silva Neto                                                                                                                                         |            |
| Paulo Henrique Gonçalves Melo                                                                                                                                    |            |
| Fernando Antônio Tocantins Nunes                                                                                                                                 |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.33321170612</b>                                                                                                                            |            |
| <b>CAPÍTULO 13.....</b>                                                                                                                                          | <b>159</b> |
| <b>ESTUDO EXPERIMENTAL DA ARGILA KIMBERLITO DO BRASIL NA APLICAÇÃO DE ANTENAS RESSOADORAS DIELÉTRICAS NA FAIXA DE MICRO-ONDAS</b>                                |            |
| Diêgo da Mota Colares                                                                                                                                            |            |
| Roterdan Fernandes Abreu                                                                                                                                         |            |
| João Paulo Costa do Nascimento                                                                                                                                   |            |
| Juscelino Chaves Sales                                                                                                                                           |            |
| Antonio Sergio Bezerra Sombra                                                                                                                                    |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.33321170613</b>                                                                                                                            |            |
| <b>CAPÍTULO 14.....</b>                                                                                                                                          | <b>167</b> |
| <b>LEVANTAMENTO DE NÃO CONFORMIDADES TÉRMICAS (NCT) ATRAVÉS DE ANÁLISES TERMOGRÁFICAS NA SUBESTAÇÃO FORTALEZA II DA COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO</b> |            |
| Fagner Leite Sales                                                                                                                                               |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.33321170614</b>                                                                                                                            |            |
| <b>CAPÍTULO 15.....</b>                                                                                                                                          | <b>173</b> |
| <b>EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ POR SOLVENTE UTILIZANDO ETANOL E METANOL</b>                                                                                       |            |
| Yanael Lima de Medeiros                                                                                                                                          |            |
| Mariana Silva Dorta de Melo                                                                                                                                      |            |
| Amanda Santana Peiter                                                                                                                                            |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.33321170615</b>                                                                                                                            |            |
| <b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>                                                                                                                              | <b>179</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>                                                                                                                                     | <b>180</b> |

## GESTÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS SALVADOR: IMPLEMENTANDO AÇÕES PARA REDUZIR O CONSUMO COM A CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 08/03/2021

**Carollina Silva de Santana**

Instituto Federal da Bahia  
Salvador – BA

<http://lattes.cnpq.br/6373796158461965>

**Armando Hirohumi Tanimoto**

Instituto Federal da Bahia  
Salvador – BA

<http://lattes.cnpq.br/4327068923950927>

**RESUMO:** Cientes da relevância do desenvolvimento sustentável, é papel da rede educacional de ensino transmitir conhecimento científico, inovação e valores para as futuras gerações, incorporando questões com a temática ambiental. O Instituto Federal da Bahia, *campus* Salvador, vem atuando com ações de sustentabilidade ambiental, abordando a gestão da energia elétrica de forma institucional, através de indicadores de consumo e procedimentos de melhoria compondo uma estatística de dados compondo referências para tomadas de decisões. Este trabalho foi baseado na coleta de dados referentes ao consumo de energia elétrica no *campus* em análise e em pesquisas sobre métodos de gestão implantadas em outras instituições de ensino. A partir destas informações, foi possível traçar de forma objetiva o perfil consumidor da instituição e identificar pontos de melhoria. No intuito de facilitar o entendimento, o projeto foi adaptado sob a luz da gestão

DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) aumentando sua eficiência e oferecendo maior clareza às etapas realizadas. Dessa forma, pretendeu-se reduzir o gasto de energia elétrica através de novos procedimentos para o uso eficiente considerando o perfil de consumo do *campus*. Em um período de seis meses, foi possível obter uma redução mensal média de 25% do consumo total de energia elétrica, o que representou 220 mil reais de economia no segundo semestre de 2019. O sistema de gestão vem sendo implantado há pouco tempo, ainda assim, mostra-se bem estruturado, com etapas claras e resultados satisfatórios, contribuindo para obtenção de melhorias sistemáticas e eficiência na utilização dos recursos econômicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão da energia, Eficiência energética, Sustentabilidade.

### ELECTRICITY MANAGEMENT ON THE SALVADOR CAMPUS: IMPLEMENTING ACTIONS TO REDUCE CONSUMPTION WITH THE ENERGY DEALERSHIP

**ABSTRACT:** Aware of the generation of sustainable development, it is the role of the educational network to transmit knowledge, innovation and values to future generations, incorporating issues with the environmental theme. The Federal Institute of Bahia, Campus Salvador, has been acting in environmental sustainability actions, addressing the management of electric energy through consumption indicators and improvement procedures, composing a data statistic in a determined period of time. This work was based on the collection of data referring

to the consumption of electric energy on the Campus under analysis and on research on management methodologies implemented in other educational institutions. From this information, it was possible to trace the consumer profile of the institution objectively and identify points for improvement. In order to facilitate understanding, the project was adapted in the light of the DMAIC management methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), enabling a systematization of the process, increasing its efficiency and offering greater clarity to the steps taken. Thus, it is intended to reduce the expenditure of electricity through new procedures for efficient use considering the consumption profile of the Campus. In a period of six months, it was possible to obtain an average monthly reduction of 25% of the total consumption of electricity. The management system has been implemented for a short time, yet it is well structured, with clear steps and satisfactory results, contributing to systematic improvements and efficiency in the use of economic resources.

**KEYWORDS:** Energy management, Energy efficiency, Sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

A gestão de energia é uma busca por ações que proporcionem melhorias no desempenho energético e assim reduzir custos com as faturas. No uso da energia elétrica, as ações corretivas estão relacionadas a mudanças de comportamento e, portanto, envolvem uma abordagem multidisciplinar com significativos esforços educacionais de curto e longo prazo.

A Lei No 10.861/2004 assegura ao Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) avaliar a responsabilidade social das Instituições de Ensino Superior (IES). É missão das IES transmitir conhecimento científico, inovação e valores para as futuras gerações. A Rede Federal de Ensino assume grande representatividade no cenário atual da educação. Em 2019, a Rede Federal estava composta por 38 Institutos Federais, 661 campi associados e distribuídos entre as 27 unidades federais do país (MEC, 2019). Segundo Pacheco (2015), uma das finalidades dos Institutos Federais é atuar em favor do desenvolvimento local e regional na perspectiva da construção da cidadania. Cientes da relevância do desenvolvimento sustentável, é papel da rede educacional incorporar questões com a temática ambiental.

O Instituto Federal da Bahia (IFBA), vem atuando desde 2013 em ações de sustentabilidade ambiental, cujo ápice dessas atividades foi o prêmio Ideia, uma iniciativa que promove debates sobre sustentabilidade nas instituições federais de educação, proporcionando a instituição o ganho de recursos na ordem de R\$ 2,5 milhões para investimentos na geração de energia renovável. Parte desse recurso foi investido na instalação de 165 kWp em painéis solares fotovoltaicos no Campus Salvador, gerando, aproximadamente, 240.000 kWh/ano.

Em 2019, a geração de energia proporcionada pelos painéis solares apresentou uma economia média mensal de, aproximadamente, R\$ 7.000,00, com geração reduzida

durante o inverno e aumentada durante o verão (como esperado). Entre o período de sua implantação, janeiro de 2017, e dezembro do ano 2019 (ano de estudo) os painéis solares proporcionaram uma economia de quase R\$ 270.000,00 (TANIMOTO, 2020).

O custo com energia elétrica na instituição é um dos itens consumíveis de maior orçamento. Ainda nesse mesmo ano, foi aprovado preliminarmente o orçamento de R\$ 1.350.000,00, porém esse valor diminuiu com os cortes orçamentários que ocorreram ao longo do ano. Considerado um corte de 20%, o valor disponível seria R\$ 1.080.000,00, porém, baseado no consumo de 2018 (R\$ 1.180.000,00) e com a perspectiva do reajuste no valor da tarifa de 10%, pudemos estimar o total de R\$ 1.240.000,00, proporcionando um déficit de R\$ 160.000,00 (TANIMOTO, 2020).

Quanto a legislação tarifária, de acordo com a Resolução nº 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a instituição analisada se enquadra na tarifa verde - subgrupo A4. Tal modalidade requer um contrato específico com a concessionária de energia, sendo a Coelba a responsável regional.

Além disso, possui demanda contratada (obrigatoriamente disponibilizada pela concessionária paga integralmente pela instituição sendo utilizada ou não) de 450 kW. A ultrapassagem desse número acarreta em multas por ultrapassagem de demanda, esse excesso é cobrado na fatura mensal com valor correspondente ao triplo do preço pago pela demanda ativa, se contratada fosse. O valor pago pelo consumo no horário de ponta (18:00 às 21:00 na Bahia) representa a cerca de 48% do valor total da conta de luz (TANIMOTO, 2020).

O infortúnio reside nas altas quantias destinadas ao pagamento das contas de energia elétrica, sendo um fator recorrente a ultrapassagem da demanda contratada. Um dos propósitos deste trabalho é sanar custos com excedentes da demanda ativa e diminuir o consumo de energia no horário de ponta, já que juntos correspondem a cerca de 59% do valor na conta de luz, divulgando as informações para a comunidade acadêmica e propondo hábitos de consumo mais eficientes, visto que são escassos os recursos para investimento.

Logo, o presente estudo tem como objetivo abordar a gestão da energia elétrica no Instituto Federal da Bahia, Campus Salvador, elaborando estatística de dados, indicadores de consumo e procedimentos de melhoria.

O modelo de Gestão da Qualidade six sigma é uma estratégia gerencial disciplinada, caracterizada por uma abordagem sistêmica e pela utilização intensiva do pensamento estatístico, que tem como objetivo reduzir drasticamente a variabilidade dos processos críticos e aumentar a lucratividade das empresas, por meio da otimização de produtos e processos (GONÇALES FILHO, 2020). O método DMAIC, proposto pelo modelo six sigma, é um processo de resolução de problemas composto por cinco etapas (CORDEIRO, 2019), que se comportam de forma cíclica estabelecendo um processo de melhoria contínua.

O primeiro passo, *Define*, é definir o problema, identificar as oportunidades de melhoria, estabelecer objetivos e as metas desejadas. A segunda etapa, *Measure*,

consiste em aprofundar o problema descrito a fim de detalhar os processos envolvidos. Na fase *Analyze*, as informações obtidas são analisadas a fim de determinar as causas fundamentais dos custos empregados com energia elétrica. A etapa *Improve*, consiste em desenvolver ideias de melhorias visando eliminar a causa raiz. Na última etapa, *Control*, verifica-se o desempenho do plano de ação para garantir que os resultados pretendidos sejam alcançados e estudar a existência de algum item que possa ser melhorado (OROZCO, 2009).

## 2 | METODOLOGIA

Este trabalho foi baseado em pesquisas sobre metodologias de gestão implantadas em instituições de ensino e na coleta de dados referentes ao consumo de energia elétrica no Campus. A partir destas informações foi possível traçar de forma objetiva o perfil consumidor da instituição e identificar pontos de melhoria. A coleta de dados foi realizada com base em planilhas contendo o consumo de energia por pavilhão e por equipamentos, contas de energia e relatórios de projetos desenvolvidos através dos editais da Comissão Interna para a Sustentabilidade Ambiental (CISA) compreendidos entre os anos de 2018 e 2019.

Foi importante conhecer os componentes e a estrutura de uma conta de luz, como o consumo é medido, qual componente é mais oneroso, em qual tarifa o estabelecimento se encaixa, os horários de funcionamento e as atividades realizadas. A partir dessa análise, foi possível entender e controlar os recursos financeiros empregados, estabelecendo a viabilidade e relevância econômica do projeto.

Realizando o levantamento do consumo de energia e o perfil de consumo no Campus, foi possível identificar os principais consumidores de energia elétrica. Essas informações foram adaptadas à luz do método DMAIC, que ofereceu maior clareza às etapas do projeto. Em seguida, foram realizados encontros de cunho informativo com os principais gestores de departamentos, para organizar as ideias de realização do trabalho e implementar medidas de redução dos gastos.

## 3 | RESULTADOS

A primeira etapa do projeto, *Define*, definiu como meta reduzir custos devido ao consumo da energia elétrica, cuja concessionária de eletricidade local é a Coelba.

Na fase de medição, *Measure*, os dados coletados foram analisados estatisticamente. Em 2018, foi evidenciado que na maior parte dos meses do ano ocorreram ultrapassagem de demanda contratada, acarretando em multas (Figura 1).

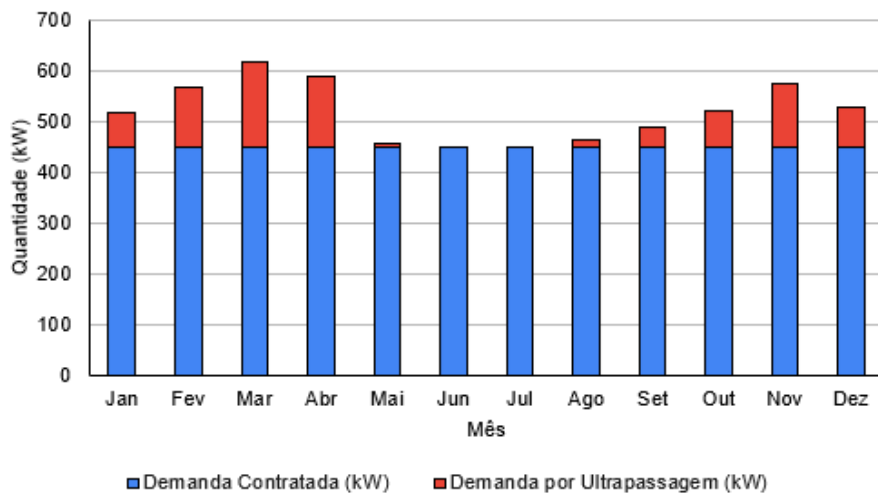


Figura 1 - Evolução da demanda ativa na Instituição no ano de 2018.

Fonte: Elaborado pela equipe do projeto, 2020.

A situação se manteve durante o primeiro semestre de 2019, Figura 2, sem uma tendência de redução do consumo da energia elétrica durante o primeiro semestre, pois até então não havia uma ampla divulgação e ações de minimização.

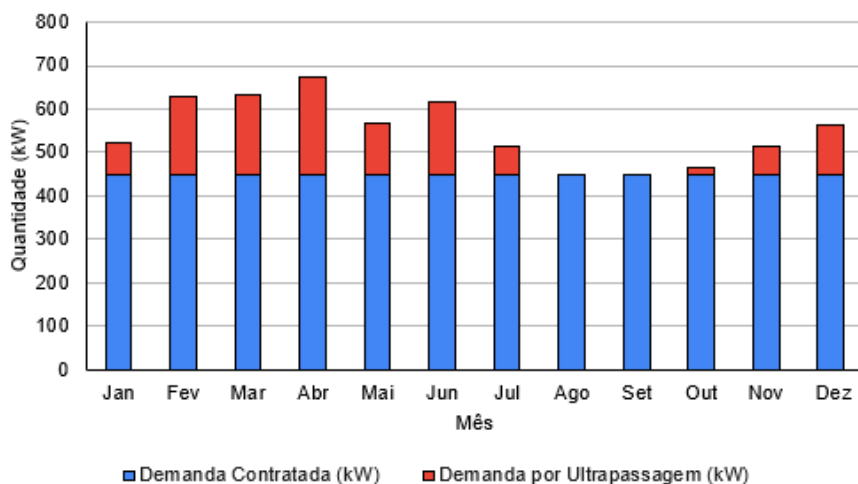


Figura 2 - Evolução da demanda ativa na Instituição no ano de 2019.

Fonte: Elaborado pela equipe do projeto, 2020.

Outro fator importante é o custo da multa com a demanda excedente, que equivale ao triplo do valor pago pela demanda contratada. Em 2019, foi constatado que nos meses

de fevereiro, março e abril, o valor da multa chegou a ultrapassar o valor pago pela demanda contratada. O horário de funcionamento do Campus é estabelecido entre o período das 7:00h às 22:00h. O fluxo de alunos é maior durante a noite, quando são ministradas aulas para os cursos superiores e técnicos subsequente. Por isso, a demanda de energia é alta nesse período que engloba o horário de ponta.

Entre os principais gastos com energia elétrica no Campus, o custo com o consumo no horário de ponta corresponde a 46% do valor total. O segundo maior gasto se dá no horário fora de ponta (32%) e, em seguida, o custo com a demanda contratada (12%). As multas com ultrapassagem de demanda e atraso de pagamento, juntas, correspondem a 10% dos gastos com energia elétrica, Figura 3.

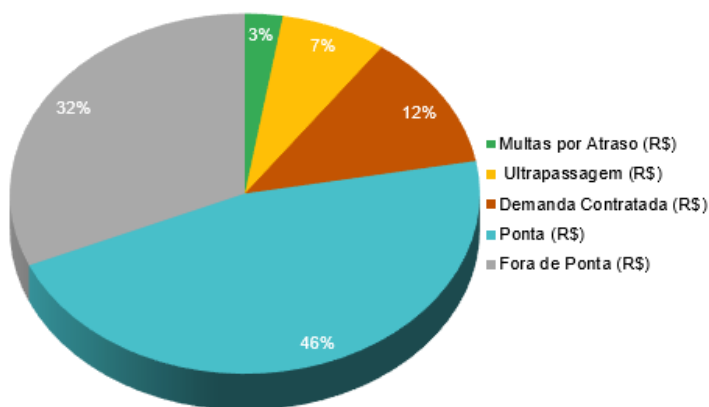


Figura 3 - Gastos com energia elétrica em 2019.

Fonte: Elaborado pela equipe do projeto, 2020.

No ano de 2019, o consumo na ponta atingiu 16% do valor de consumo total. No entanto, a tarifa de consumo na ponta equivale a sete vezes a tarifa do consumo fora da ponta, chegando a ser responsável por, aproximadamente, 60% do custo destinado ao consumo de energia.

Na terceira fase, *Analyse*, a partir do inventário contendo a potência e comportamento do consumo energético dos equipamentos elétricos por setor, foi possível discriminar a porcentagem de consumo de cada setor e equipamento. A maior demanda de energia é empregada no bloco A (administrativo), 25% do consumo total do Campus,

Numa visão mais abrangente, foi possível simular os equipamentos responsáveis pelo elevado consumo energético da Instituição e os equipamentos com maior consumo foram: ar condicionado, estimando-se mais da metade do gasto energético, e em seguida lâmpadas e computadores.

Durante a realização do trabalho foram realizadas inspeções nos ambientes que

apresentaram padrão de consumo elevado encontrando-se as situações a seguir:

- Aparelhos de ar configurados com temperaturas muito baixas, por exemplo 20°C; mal dimensionados; com baixa eficiência; e instalados em ambientes inadequados, como salas sem vidros em algumas janelas;
- Uso de aparelhos em salas onde não estão sendo realizadas atividades. Salas justificadas, em alguns casos, pela adaptabilidade de equipamentos eletrônicos às condições do ambiente;
- Equipamentos elétricos (ares condicionados) ligados indevidamente por 24 h diárias;
- Negligência ao sair da sala e não desligar luzes e ares condicionados.

Na quarta fase, *Improve*, uma vez identificados os maiores consumidores de energia elétrica na instituição, foi possível realizar estudos de casos para determinar a melhor maneira de reduzir o consumo, como descrito abaixo:

- Considerando o alto custo demandado durante o horário de ponta, foi sugerido que houvesse uma redução da atividade de aparelhos elétricos nesse período, assim como o desligamento de um aparelho de ar condicionado na biblioteca central (eram cinco em funcionamento);
- Diminuição na quantidade de lâmpadas em pontos não prioritários, como ante salas e banheiros;
- Uso de apenas um elevador por vez, no bloco administrativo, já que existem dois em funcionamento;
- Foi estimulado que houvesse um monitoramento do uso de aparelhos de ar condicionado por colaboradores técnicos-administrativos e regulação do termostato, evitando temperaturas muito baixas;
- Priorização por ventilação natural em salas de escritórios no período noturno;
- Desligamento de ares condicionados em algumas salas, que funcionam 24 h por dia por causa da presença de hub de internet e laboratórios de informática;
- Implantação de avisos e informes nas salas de aula alertando o desligamento dos aparelhos e lâmpadas após o fim das atividades;
- Criação da Comissão Interna de Conservação da Energia – CICE,
- Divulgação nas reuniões com chefes dos departamentos e coordenadores de cursos dos desvios pontuais e rotineiros em relação ao consumo da energia.

A última etapa, *Control*, referente ao desempenho das atividades implementadas, consistiu em garantir que os resultados pretendidos fossem alcançados. O plano de gestão da energia elétrica para o campus possibilitou a obtenção de melhorias sistemáticas a partir

das informações coletadas dos projetos anteriores (SILVA, 2017). Desde que as ações foram implementadas (entre agosto e dezembro de 2019) com mais rigor e acompanhamento contínuo foi possível observar, a partir dos novos valores da conta de energia mensal, um ganho acumulado de, aproximadamente, R\$ 220.000,00 como mostra a Figura 4.

A tendência de ganhos foi modificada no mês de dezembro 2019. Um dos motivos foi que em 2018 houve um quantidade de aulas 20% menor que em 2019 no período contabilizado, mesmo abatendo esses dias, foi demandante para a descontinuidade dessa tendência, o relaxamento dos procedimentos de minimização estabelecido pelo plano.

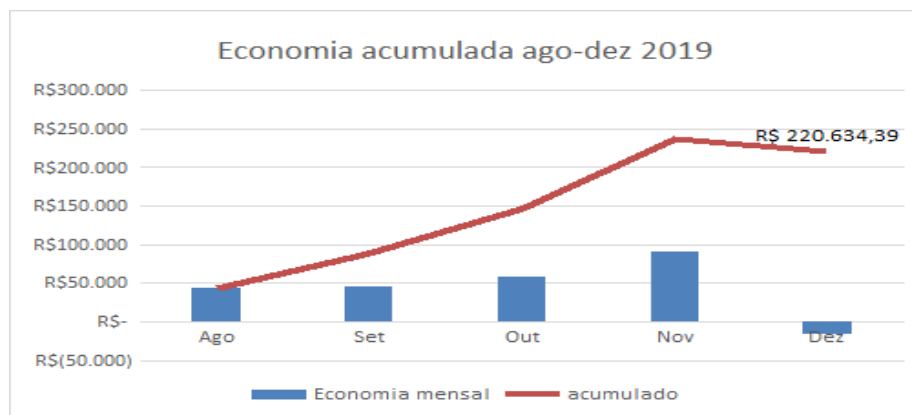


Figura 4 - Economia acumulada após implementação do plano de gestão em 2019.

Fonte: Tanimoto, 2020.

Notou-se a não ocorrência de multas por ultrapassagem da demanda contratada nos meses de agosto, setembro e outubro de 2019 (meses em que as medidas de gestão foram efetivadas). O custo de consumo no horário de ponta, que chegou a atingir cerca de R\$ 74.000 no mês de abril, atingiu uma média de, aproximadamente, R\$ 53.000 nos meses de agosto a novembro.

Já foi simulado e solicitado a concessionária de energia, um aumento na demanda contratada de 450 kW para 600 kW, porém com a suspensão das aulas devido à pandemia do covid-19, o pedido está suspenso junto à concessionária.

## 4 | CONCLUSÕES

Uma vez identificados os maiores consumidores de energia elétrica na instituição foi possível realizar estudos de casos para determinar a melhor maneira de reduzir este consumo. Os grandes desafios foram o grau de aceitação da mudança de comportamento que a comunidade precisa apresentar, a falta de recursos para investimentos em tecnologias mais eficientes e a baixa adesão pelos docentes pesquisadores em projetos de pesquisa e

desenvolvimento em eficiência energética.

Deve-se destacar que no mês de dezembro não houve comprometimento eficaz e algumas medidas deixaram de ser seguidas, levando ao aumento do consumo e existência de multas por ultrapassagem de demanda. Desconsiderado o mês de dezembro, os meses de agosto à novembro do ano 2019 apresentaram uma média equivalente a 25% de redução no consumo quando comparado ao mesmo período de 2018.

O sistema de gestão de energia da instituição vem sendo implantado há pouco tempo, ainda assim, mostra-se bem estruturado, com etapas claras e grande influência de metodologias provenientes da área de gestão da qualidade. Não existem dúvidas sobre a importância do presente projeto ao cenário de redução de consumo do Campus, no entanto será necessário o comprometimento de discentes e docentes, com o intuito de tornar a redução dos gastos com energia uma realidade no Campus, adotando as recomendações descritas nos resultados.

## REFERÊNCIAS

ANEELS - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Número 414**. 9 set 2010, 147 p. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>. Acesso em: 1 jul. 2020.

CORDEIRO, D. R.; ROCHA, R. P. Aplicação da metodologia DMAIC para redução do índice de perdas de embalagem. *In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL*, 13., 2019, Campo Mourão. **Anais [...]** Campo Mourão: Universidade Estadual do Paraná, 2019. ISSN 2176-3097.

GONÇALES FILHO, M.; DELBONI, C. Levantamento Sobre a Evolução da Abordagem Lean e Six Sigma. **Brazilian Journals of Business**, Curitiba, v. 2, n. 1, p.473-489, jan/mar. 2020.

OROZCO, J. S. M. Reducción de Gasto Energético Eléctrico Usando Seis Sigma. **Producción + Limpia**, Antioquia, v. 4, n. 2, p.90-102, jul/dez. 2009.

PACHECO, E. **Fundamentos Político-pedagógicos dos Institutos Federais**: diretrizes para uma educação profissional e tecnológica transformadora. Natal: IFRN, 2015. *E-book*. 66 p. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1018/Fundamentos%20Poli%CC%81tico-Pedago%CC%81gicos%20dos%20Institutos%20Federais%20-%20Ebook.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 jul. 2020.

SILVA, E. L. S.; TANIMOTO, A. H. Identificação dos Principais Consumidores de Energia Elétrica no IFBA, Campus Salvador. *In: Relatório Final de Extensão*, Instituto Federal da Bahia, Salvador, 2017.

TANIMOTO, A. H., CAD M. M. **Relatório do Plano de Gestão da Energia Elétrica do campus Salvador**. Comissão Interna para a Sustentabilidade Ambiental - CISA. Salvador: IFBA, 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Algoritmo evolucionário adaptativo 109, 112, 113

Antenas 159, 160, 161, 164

Ar condicionado 87, 88, 132, 133, 134, 135, 136, 139, 141, 143

Automação avançada da distribuição 69

### B

Balanceamento de carga nas fases 29

Biocombustível 173, 178

### C

Ciber-físico 69, 73, 80

Consumo de energia elétrica 40, 56, 59, 62, 82, 85, 117, 133

Controladores suplementares 41, 47, 51, 52

Controle preditivo 132

### D

DRA 159, 160, 161, 163, 165

### E

Eficiência energética 55, 56, 57, 59, 61, 65, 67, 68, 82, 90, 117, 119, 130, 133, 143

Emulador de redes 69, 70, 71, 72, 79, 81

Estabilidade a pequenas perturbações 41, 42, 48

Estabilizadores de sistema de potência 41, 42

Estimação de estados 109, 110, 111, 115

### F

Fluxo de potência 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 54, 72, 73, 113

### G

Generalize unified power flow controller 41, 42

Gestão da energia 68, 82, 84, 88, 90

Gestão de energia elétrica 56

### H

Hardware-in-the-loop 69, 72

## **M**

Manutenção 2, 41, 118, 126, 128, 167, 168, 169, 170, 171, 172

Método de Newton-Raphson 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 26

Método de soma de correntes 15, 19

Método PLL 1

Micro-ondas 159, 160, 162, 165

Modelo de Hammerstein 145, 149

## **O**

Óleo vegetal 173

Otimização 41, 42, 59, 61, 84, 117, 119, 121, 127, 130, 133, 137, 138

Otimização por enxame de partículas 41

## **P**

PID-IMC 132, 133, 139

Placa fotovoltaica 117, 119, 120, 121, 122, 126, 128

PMU 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116

## **R**

Recursos públicos 56

Redes de petri hierárquicas temporizadas 29

## **S**

Simulações de sincronismo 1

Sincronização de geração distribuída 1

Sistema de localização indoor 145

Sistema elétrico 1, 2, 3, 14, 27, 41, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 167, 170, 172

Sistemas de distribuição de energia elétrica 15

Sistemas elétricos 2, 14, 16, 41, 70, 72, 109, 111, 115

Smart grids 29, 69, 81

Sohxlet 173

Sustentabilidade 59, 82, 83, 85, 90, 117, 130

## **T**

Termografia 167, 169, 172

Termovisor 167

Transformadas de Clarke e Park 1, 3

Trilateração 145, 147, 148, 149, 154

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

2

- 🌐 [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)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

2

🌐 [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)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021