

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

 **Atena**
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
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 Rio de Janeiro
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 Federac 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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
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

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Ernane Rosa Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação 2 / Organizador Ernane Rosa Martins. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-384-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.849211808>

1. Engenharia da computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 621.39

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A Engenharia de Computação é a área que estuda as técnicas, métodos e ferramentas matemáticas, físicas e computacionais para o desenvolvimento de circuitos, dispositivos e sistemas. Esta área tem a matemática e a computação como seus principais pilares. O foco está no desenvolvimento de soluções que envolvam tanto aspectos relacionados ao software, quanto à elétrica/eletrônica. Os profissionais desta área são capazes de atuar principalmente na integração entre software e hardware, tais como: automação industrial e residencial, sistemas embarcados, sistemas paralelos e distribuídos, arquitetura de computadores, robótica, comunicação de dados e processamento digital de sinais.

Dentro deste contexto, esta obra aborda diversos aspectos tecnológicos computacionais, tais como: implementação e modificações numéricas a serem feitas no algoritmo de Anderson (2010) para simular o escoamento sobre uma asa finita submetida a ângulos de ataque próximos ao estol; modelo distribuído para analisar a influência da formação e do adensamento de geadas sobre o desempenho de evaporadores do tipo tubo-aletado, comumente usados em refrigeradores frost-free; um algoritmo de Redes Neurais Convolucionais (CNN) que identifica se a pessoa está ou não utilizando a máscara; potencialidades do M-Learning e Virtual Reality no curso técnico em Agropecuária; avaliação da qualidade da energia elétrica em um sistema de geração de energia fotovoltaica; uma abordagem para a segmentação de imagens cerebrais, utilizando o método baseado em algoritmos genéticos pelo método de múltiplos limiares; estudo numérico de uma âncora torpedo sem aletas cravada em solo isotrópico puramente coesivo, utilizando um modelo axissimétrico não-linear em elementos finitos; estudo acerca da análise numérica de placas retangulares por meio do método das diferenças finitas, obtendo soluções aproximadas para o campo de deslocamentos transversais bem como os correspondentes momentos fletores, para problemas envolvendo uma série de condições de contorno, utilizando-se o software Matlab® para simulação; desenvolvimento e aplicação da Realidade Virtual (RV) como Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para auxiliar no processo de ensino-aprendizado de disciplinas do Ensino Médio; avaliação dos resultados obtidos em campanhas de medição de qualidade da energia elétrica (QEE) na rede básica em 500 kV; examinar o comportamento mecânico-estático de uma longarina compósita projetada para uma aeronave esportiva leve através de investigações numéricas, empreendidas em software (ANSYS Release 19.2) comercial de elementos finitos; construção de um sistema para monitoramento de ativos públicos; a relação da Sociedade 5.0 envolvida no contexto da Indústria 4.0 e a Transformação Digital; algoritmos de seleção e de classificação de atributos, identificando as vinte principais características que contribuem para o desempenho alto ou baixo dos estudantes; a Mask R-CNN, utilizada para a segmentação de produtos automotivos (parabrisas, faróis, lanternas, para-choques e retrovisores) em uma empresa do ramo de reposição automotiva; o nível de usabilidade do aplicativo protótipo

para dispositivo móvel na área da saúde voltado ao auxílio do monitoramento móvel no uso de medicamentos em seres humanos.

Sendo assim, esta obra é significativa por ser composta por uma gama de trabalhos pertinentes, que permitem aos seus leitores, analisar e discutir diversos assuntos importantes desta área. Por fim, desejamos aos autores, nossos mais sinceros agradecimentos pelas significativas contribuições, e aos nossos leitores, desejamos uma proveitosa leitura, repleta de boas reflexões.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

NONLINEAR LIFTING LINE IMPLEMENTATION AND VALIDATION FOR AERODYNAMICS AND STABILITY ANALYSIS

André Rezende Dessimoni Carvalho

Pedro Paulo de Carvalho Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118081>

CAPÍTULO 2..... 11

INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO DE GEADA EM EVAPORADORES DE TUBO ALETADO USANDO UM MODELO DISTRIBUÍDO

Caio Cezar Neves Pimenta

André Luiz Seixlack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118082>

CAPÍTULO 3..... 24

INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE SEÇÕES DE CONECTORES NA EFICIÊNCIA DA RUPTURA POR SEÇÃO LÍQUIDA EM CANTONEIRA DE CHAPA DOBRADA

Jéssica Ferreira Borges

Luciano Mendes Bezerra

Francisco Evangelista Jr

Valdeir Francisco de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118083>

CAPÍTULO 4..... 37

INFORMATION THEORY BASED STOCHASTIC HETEROGENEOS MULSTISCALE

Ianyqui Falcão Costa

Liliane de Allan Fonseca

Ézio da Rocha Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118084>

CAPÍTULO 5..... 59

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA IDENTIFICAR O USO DE MÁSCARA NA PREVENÇÃO DA COVID-19

Roberson Carlos das Graças

Edyene Cely Amaro Oliveira

Guilherme Ribeiro Brandao

Igor Siqueira da Silva

Samara de Jesus Duarte

Samara Lana da Rocha

Hermes Francisco da Cruz Oliveira

Guilherme Henrique Chaves Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118085>

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE DE DESEMPENHO MECÂNICO DE PLACAS A PARTIR DE MÉTODOS APROXIMADOS

Gabriel de Bessa Spínola
Edmilson Lira Madureira
Eduardo Morais de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118086>

CAPÍTULO 7..... 85

M-LEARNING E VIRTUAL REALITY NO ENSINO TÉCNICO DE AGROPECUÁRIA

Gabriel Pinheiro Compto
Jeconias Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118087>

CAPÍTULO 8..... 95

MODELLING AND ANALYSIS OF AEROBOAT JAHU

João B. de Aguiar
Júlio C.S. Sousa
José M. de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118088>

CAPÍTULO 9..... 113

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ENERGIA EM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA - ANÁLISE DAS CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE E CARACTERÍSTICAS DE INJEÇÃO DE HARMÔNICOS DOS SISTEMAS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO

Nelson Clodoaldo de Jesus
João Roberto Cogo
Luiz Marlus Duarte
Jesus Daniel de Oliveira
Luis Fernando Ribeiro Ferreira
Éverson Júnior de Mendonça
Leandro Martins Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118089>

CAPÍTULO 10..... 127

OTIMIZAÇÃO MULTI-LIMAR PARA SEGMENTAÇÃO DE MRI POR ALGORÍTIMO GENÉTICO

Tiago Santos Ferreira
Paulo Fernandes da Silva Júnior
Ewaldo Eder Carvalho Santana
Mauro Sérgio Silva Pinto
Jayne Muniz Fernandes
Ana Flávia Chaves Uchôa
Jarbas Pinto Monteiro Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180810>

CAPÍTULO 11..... 138

ANÁLISE NUMÉRICA DA CAPACIDADE DE CARGA DE ÂNCORAS TORPEDO CONSIDERANDO EFEITOS DE SETUP

Guilherme Kronemberger Lopes

José Renato Mendes de Sousa

Gilberto Bruno Ellwanger

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180811>

CAPÍTULO 12..... 156

ANÁLISE NUMÉRICA DE PLACAS EM ESTRUTURAS AEROESPACIAIS POR DIFERENÇAS FINITAS

Júlio César Fiorin

Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180812>

CAPÍTULO 13..... 172

NUMERICAL SIMULATION OF LABYRINTH SEALS FOR PULSED COMPRESSION REACTORS (PCR)

Hermann Enrique Alcázar Rojas

Briam Rudy Velasquez Coila

Arioston Araújo de Moraes Júnior

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180813>

CAPÍTULO 14..... 183

PRÁTICAS E CONTROLE DA CORRUPÇÃO NO MERCADO SEGURADOR: UMA PROPOSTA DE DADOS PARA SISTEMAS DE CONTROLE E COMPLIANCE

Lucas Cristiano Ferreira Alves

Melissa Mourão Amaral

Liza Dantas Noguchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180814>

CAPÍTULO 15..... 198

PREDICTING EFFECTIVE CONSTITUTIVE CONSTANTS FOR WOVEN-FIBRE COMPOSITE MATERIALS

Jonas Tieppo da Rocha

Tales de Vargas Lisbôa

Rogério José Marczak

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180815>

CAPÍTULO 16..... 210

PREVENTING SPURIOUS ARTIFACTS WITH CONSISTENT INTERPOLATION OF PROPERTIES BETWEEN CELL CENTERS AND VERTICES IN TWO-DIMENSIONAL RECTILINEAR GRIDS

Alexandre Antonio de Oliveira Lopes

Flávio Pereira Nascimento

Francisco Ismael Pinillos Nieto
Túlio Ligneul Santos
Alberto Barbosa Júnior
Luca Pallozzi Lavorante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180816>

CAPÍTULO 17..... 230

REALIDADE VIRTUAL APLICADA COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO ENSINO

Simone Silva Frutuoso de Souza
Everton Welter Correia
Gabrielly Chiquezi Falcão
Leonardo Plaster Silva
Érica Baleroni Pacheco
Fábio Roberto Chavarette
Fernando Parra dos Anjos Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180817>

CAPÍTULO 18..... 245

RESULTADOS DE CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QUALIDADE DA ENERGIA EM SISTEMAS COM COMPENSADORES ESTÁTICOS DE REATIVOS - ANÁLISE DO IMPACTO DE OUTROS AGENTES NA AMPLIFICAÇÃO DE HARMÔNICOS EM SISTEMA DE 500 kV

Nelson Clodoaldo de Jesus
João Roberto Cogo
Luis Fernando Ribeiro Ferreira
Luiz Marlus Duarte
Éverson Júnior de Mendonça
Leandro Martins Fernandes
Jesus Daniel de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180818>

CAPÍTULO 19..... 258

SIMPLIFIED NUMERICAL MODEL FOR ANALYSIS OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE BEAMS WITH PARTIAL INTERACTION

Samuel Louzada Simões
Tawany Aparecida de Carvalho
Ígor José Mendes Lemes
Rafael Cesário Barros
Ricardo Azoubel da Mota Silveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180819>

CAPÍTULO 20..... 266

SIMULAÇÃO DE UMA LONGARINA COMPÓSITA DE UMA AERONAVE ESPORTIVA LEVE

Felipe Silva Lima
Álvaro Barbosa da Rocha
Daniel Sarmento dos Santos

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180820>

CAPÍTULO 21.....279

SISTEMA RFID PARA CONTROLE DE ATIVOS PÚBLICOS

João Felipe Fonseca Nascimento

Jislane Silva Santos de Menezes

Jean Louis Silva Santos

Jennysson D. dos Santos Júnior

Luccas Ribeiro Cruz

Jean Carlos Menezes Oliveira

João Marcos Andrade Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180821>

CAPÍTULO 22.....292

SISTEMAS ESTRUTURAIS CONVENCIONAIS E SISTEMAS DE LAJES LISAS EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO

Pablo Juan Lopes e Silva Santos

Carlos Henrique Leal Viana

Sávio Torres Melo

Rebeka Manuela Lobo Sousa

Tiago Monteiro de Carvalho

Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180822>

CAPÍTULO 23.....303

SOCIEDADE 5.0 CORRELACIONADA COM A INDÚSTRIA 4.0 E A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Pablo Fernando Lopes

Thiago Silva Souza

Fernando Hadad Zaidan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180823>

CAPÍTULO 24.....313

TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO DE BARRAS QUEBRADAS EM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO SEM CARGA POR MEIO DA TRANSFORMADA WAVELET

Carlos Eduardo Nascimento

Cesar da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180824>

CAPÍTULO 25.....332

UNCERTAINTY QUANTIFICATION OF FRACTURE POTENTIAL AT CONCRETE-ROCK INTERFACE

Mariana de Alvarenga Silva

Francisco Evangelista Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180825>

CAPÍTULO 26	342
USANDO MINERAÇÃO DE DADOS PARA IDENTIFICAR FATORES MAIS IMPORTANTES DO ENEM DOS ÚLTIMOS 22 ANOS	
Jacinto José Franco	
Fernanda Luzia de Almeida Miranda	
Davi Stiegler	
Felipe Rodrigues Dantas	
Jacques Duílio Brancher	
Tiago do Carmo Nogueira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180826	
CAPÍTULO 27	355
ARTIFICIAL INTELLIGENCE USAGE FOR IDENTIFYING AUTOMOTIVE PRODUCTS	
Leandro Moreira Gonzaga	
Gustavo Maia de Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180827	
CAPÍTULO 28	366
UTILIZAÇÃO DE APLICATIVO PARA DISPOSITIVO MÓVEL PARA ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS	
Luísa de Castro Guterres	
Allan Rafael da Silva Lima	
Wender Antônio da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180828	
CAPÍTULO 29	399
VIBRATIONS ANALYSIS UNCOUPLED AND COUPLED FLUID-STRUCTURE BETWEEN SHELL AND ACOUSTIC CAVITY CYLINDRICAL FOR VARIOUS BOUNDARY CONDITIONS	
Davidson de Oliveira França Júnior	
Lineu José Pedroso	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180829	
SOBRE O ORGANIZADOR	410
ÍNDICE REMISSIVO	411

CAPÍTULO 18

RESULTADOS DE CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QUALIDADE DA ENERGIA EM SISTEMAS COM COMPENSADORES ESTÁTICOS DE REATIVOS - ANÁLISE DO IMPACTO DE OUTROS AGENTES NA AMPLIFICAÇÃO DE HARMÔNICOS EM SISTEMA DE 500 KV

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 25/06/2021

Nelson Clodoaldo de Jesus

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

João Roberto Cogo

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

Luis Fernando Ribeiro Ferreira

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

Luiz Marlus Duarte

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

Éverson Júnior de Mendonça

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

Leandro Martins Fernandes

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

Jesus Daniel de Oliveira

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA
Taubaté (SP)

RESUMO: Este trabalho apresenta uma avaliação dos resultados obtidos em campanhas de medição de qualidade da energia elétrica (QEE) na rede básica em 500 kV. Para esta análise, serão apresentados os resultados das campanhas

de medição relacionadas as condições de pré e pós-operação de um Compensador Estático de Reativos (CER) com potências nominais de -100 a +200 Mvar. A análise comparativa entre as medições evidencia uma significativa mudança nos comportamentos das distorções das tensões na segunda campanha, com variações intermitentes durante toda a operação, sendo caracterizada a presença de inter-harmônicos com frequências elevadas. Adicionalmente, apresentam-se os resultados da operação do equipamento, com comportamento adequado e características normais. Destaca-se que, apenas na última campanha de medição foram registrados indicadores atípicos e não esperados para o sistema em 500 kV, cujo comportamento não está diretamente relacionado à operação do equipamento de compensação, destacando-se a possível influência da entrada de geração eólica.

PALAVRAS - CHAVE: Compensador Estático de Reativos, Qualidade da Energia Elétrica, Campanhas de Medição, Harmônicos, Geração de Energia Eólica.

RESULTS OF ENERGY QUALITY MEASUREMENT CAMPAIGNS IN SYSTEMS WITH STATIC REACTIVE COMPENSATORS - ANALYSIS OF THE IMPACT OF OTHER AGENTS ON THE AMPLIFICATION OF HARMONICS IN A 500 KV SYSTEM

ABSTRACT: This work presents an evaluation of the results obtained in electricity quality measurement campaigns (QEE) in the 500 kV basic grid. For this analysis, the results of measurement campaigns related to pre- and

post-operation conditions of a Static Reactive Compensator (CER) with nominal powers from -100 to +200 Mvar will be presented. The comparative analysis between measurements shows a significant change in the behavior of voltage distortions in the second campaign, with intermittent variations throughout the operation, characterized by the presence of high frequency interharmonics. Additionally, the results of the equipment operation are presented, with adequate behavior and normal characteristics. It is noteworthy that only in the last measurement campaign were atypical and unexpected indicators recorded for the 500 kV system, whose behavior is not directly related to the operation of the compensation equipment, highlighting the possible influence of the input of wind generation.

KEYWORDS: Reactive Static Compensator, Electric Power Quality, Measurement Campaigns, Harmonics, Wind Power Generation.

1 | INTRODUÇÃO

A conexão de cargas elétricas não lineares ao Sistema Interligado Nacional (SIN), tais como, sistemas de geração de energia eólica e fotovoltaica, compensadores estáticos de reativos (CER), etc, tem demandado a realização de estudos e medições para verificação dos possíveis impactos no sistema, com atenção especial para a análise da propagação de harmônicos.

Este trabalho apresenta uma avaliação das medições em um sistema de 500 kV. O primeiro monitoramento foi realizado na Rede Básica do SIN, utilizando os Transformadores de Potencial Capacitivos (TPCs) instalados no “bay” de conexão em 500 kV, antes da entrada em operação do CER. As medições tiveram como objetivo verificar o comportamento dos indicadores de QEE em comparação aos valores recomendados em (3). Após a instalação, comissionamento e operação do sistema de compensação do CER, realizou-se uma segunda medição que não foi considerada, entretanto, para a análise dos indicadores de QEE. Desta forma, uma terceira medição foi realizada para a campanha pós-operação e considerada como a segunda campanha de medição. Esta última campanha foi realizada no mesmo ponto de conexão e com o mesmo medidor de QEE (Dranetz PowerXplorer PX5).

Para a análise dos indicadores de QEE são avaliados os resultados das medições nas condições sem e com a operação do CER e, para esta última condição, considerando ainda as faixas de controle de potência reativa de -100 a 200 Mvar. Somente na última medição, onde o sistema já estava operando em anel, foram verificados resultados com forte degradação e distorções das tensões medidas, induzindo a uma reflexão quanto aos resultados e o comportamento resultante, considerado anormal e inesperado.

2 | CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QEE

Conforme estabelecem os Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), as campanhas de medição são realizadas por um período mínimo

de 7 dias consecutivos. No caso em análise, foram realizadas três medições, sendo então utilizadas a primeira e a terceira como amostrais para obtenção dos indicadores de referência e consideração dos dados para composição dos resultados sob a condição de pré-operação e pós-operação do CER. Devido aos resultados anormais obtidos na terceira medição, apresentam-se também o comportamento do sistema durante a operação do CER na segunda medição, conforme (4), (2) e (5). Todas as medições foram obtidas a partir dos mesmos sinais dos transdutores de tensão (TPCs), instalados no lado de 500 kV de uma subestação no Estado da Bahia, localizada próxima a diversos complexos eólicos que atualmente se encontram em operação.

O equipamento de compensação de reativos é formado por Reatores Controlados por Tiristores (RCT), Capacitores Chaveados a Tiristores (CCT) e Filtros de Harmônicos de 5ª ordem (FH5-1 e FH5-2) e 7ª ordem (FH-7), instalados no secundário do banco de transformadores com unidades de 45/55/67 MVA, em 500/30 kV, conforme Figura 1 a seguir. Os resultados obtidos nas campanhas de medição (pré e pós-operação) foram corrigidos em função das respostas em frequência para cada fase.

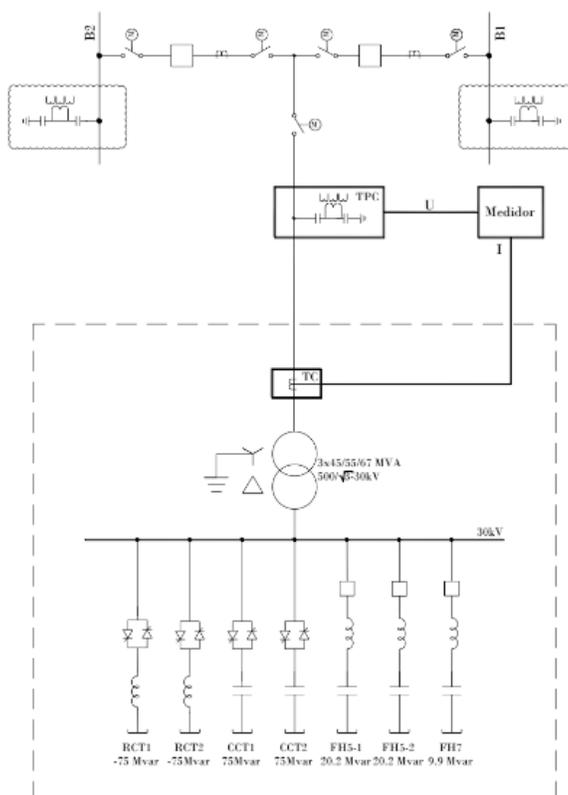


Figura 1 - Diagrama unifilar do Compensador Estático de Reativos (CER)

3 I RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE HARMÔNICOS

Os resultados obtidos nas três medições realizadas e as correspondentes análises são apresentadas nos itens a seguir.

3.1 Primeira Campanha de Medição

A Figura 2 (a) mostra o comportamento das distorções médias das tensões no período de 02 a 12/08/17, com valores adequados e inferiores ao limite recomendado de 3%, conforme (3). A Figura 2 (b) apresenta os resultados já corrigidos a partir dos ganhos do TPC, sem a operação do CER no sistema, onde os principais componentes observados se referem aos de 3^a, 5^a e 7^a ordens e com distorções totais próximas a 2,3%, portanto, aproximadamente 77% do limite de 3%. Os limites individuais também não foram violados nesta primeira campanha de medição.

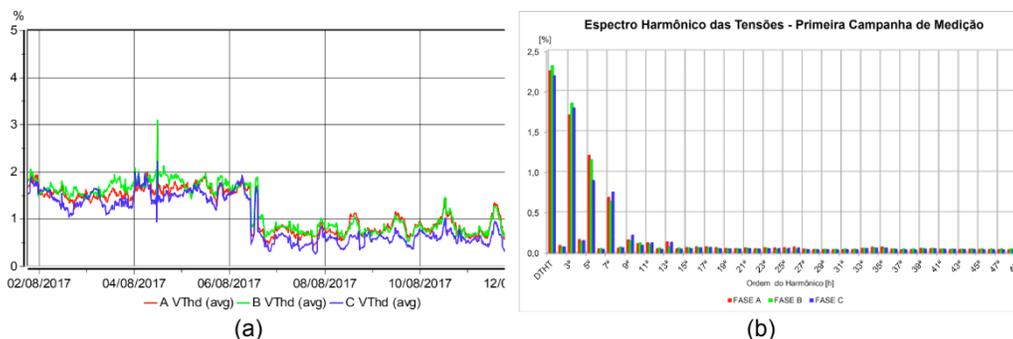


Figura 2 - Primeira campanha: comportamento das distorções das tensões (a) e indicadores das distorções e componentes harmônicos (b)

3.2 Campanha de Medição Intermediária

A Figura 3 mostra o comportamento das distorções médias das tensões, no período de 18 a 27/10/17, resultando também em valores inferiores aos limites recomendados. Com a entrada em CER dos respectivos filtros, verificou-se até mesmo uma redução das distorções neste intervalo de medição, comparando com o monitoramento realizado antes de sua entrada em operação, conforme a Figura 2 (a).

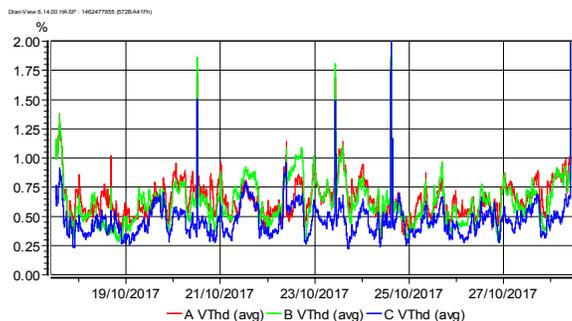
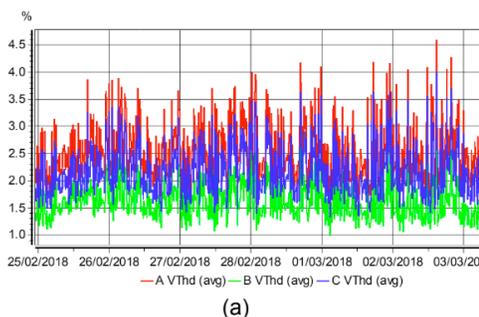


Figura 3 - Campanha intermediária: comportamento das distorções das tensões

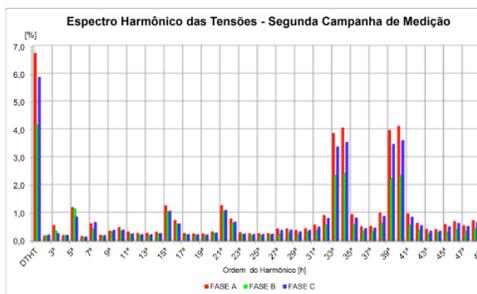
3.3 Segunda Campanha de Medição

A Figura 4 (a) mostra o resultado das distorções médias das tensões, no período de 25/02 a 03/03/18, com resultados fora dos padrões para sistemas de 500 kV e, portanto, atípicos e inesperados, além de variações repetitivas e valores superiores aos limites de referência.

São apresentados ainda, na Figura 4 (b), os resultados dos indicadores, também corrigidos com as respostas em frequência dos TPCs, apresentando valores superiores aos limites e, sobretudo, características atípicas, pois os componentes preponderantes estão nas faixas próximas a 33^a, 34^a, 39^a e 40^a ordens, mostrando claramente duas bandas predominantes. Ressalta-se que tais componentes não tem relação direta com a operação e características de compensadores estáticos convencionais, pois seu princípio de funcionamento é a base de tiristores.



(a)



(b)

Figura 4 - Segunda campanha: comportamento das distorções das tensões (a) e indicadores das distorções e componentes harmônicos (b)

4 | ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS MEDIÇÕES

Este item apresenta uma análise comparativa entre os resultados obtidos nas medições de QEE em termos dos indicadores quanto às distorções devido aos componentes harmônicos, considerando a primeira campanha de medição, sem a operação do CER, e mais duas condições do sistema interligado, já com a conexão do CER, atuando no controle de potência reativa e nas faixas limites do equipamento.

4.1 Resultados dos Indicadores das Campanhas de Medição

A comparação entre os indicadores das distorções e componentes individuais da tensão da fase A, para as duas campanhas de medição, está apresentada na Figura 5 com notável e significativa mudança de comportamento. Este fato deve servir como exemplo, pois, não necessariamente, campanhas de medição refletem os comportamentos e efeitos de um único equipamento, especialmente quando ocorre ampliações dos valores de distorções e aumento de outras fontes intermitentes próximas ao sistema elétrico em análise.

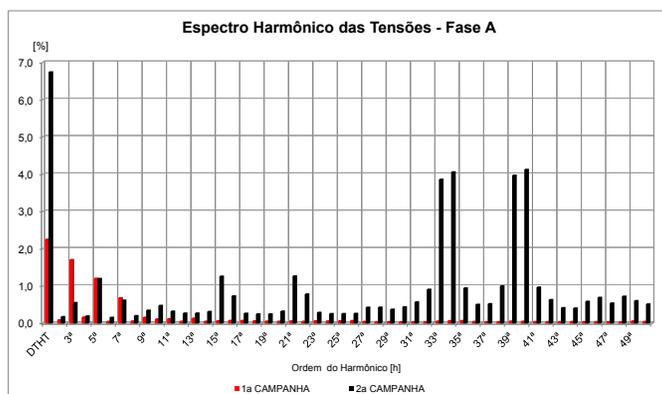


Figura 5 - Comparação entre os indicadores de harmônicos da Fase A

4.2 Formas de Onda e Componentes Harmônicos sem O Cer Na Primeira Campanha de Medição

As formas de onda típicas verificadas durante a primeira campanha de medição estão mostradas na Figura 6, sendo o perfil harmônico composto por componentes de baixa ordem, como os harmônicos de 3a, 7a e 5a ordens, respectivamente.

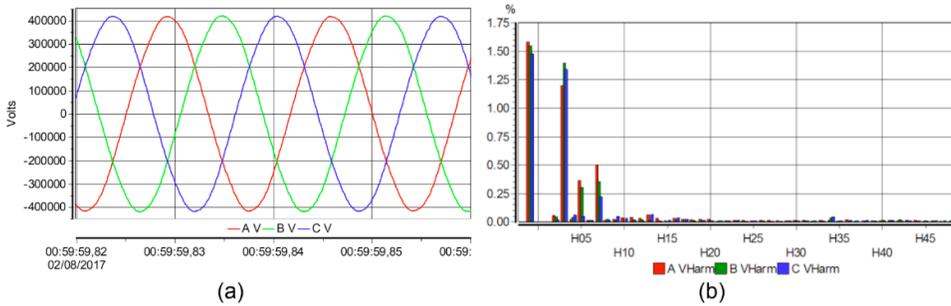


Figura 6 - Formas de onda das tensões (a) e correspondentes espectros harmônicos (b) na medição pré-operacional do CER

4.3 Formas de Onda e Componentes Harmônicos com O Cer em Operação na Medição Intermediária

Este item apresenta os resultados das medições quando não foram caracterizadas variações significativas nos indicadores, sendo que as características típicas para operação nos valores limites de potência reativa podem ser comparadas a seguir.

4.3.1 Operação do Cer Com -100 Mvar

A Figura 7 (a) apresenta as formas de onda das tensões e correntes obtidas durante o teste com controle no modo de potência reativa, para um ajuste de referência em -100 Mvar. Na Figura 7 (b) é apresentado o espectro harmônico das tensões do sistema nesta condição operacional, resultando em uma distorção total em torno de 0,6% e componentes individuais de 5^a, 3^a e 7^a ordens como os mais preponderantes.

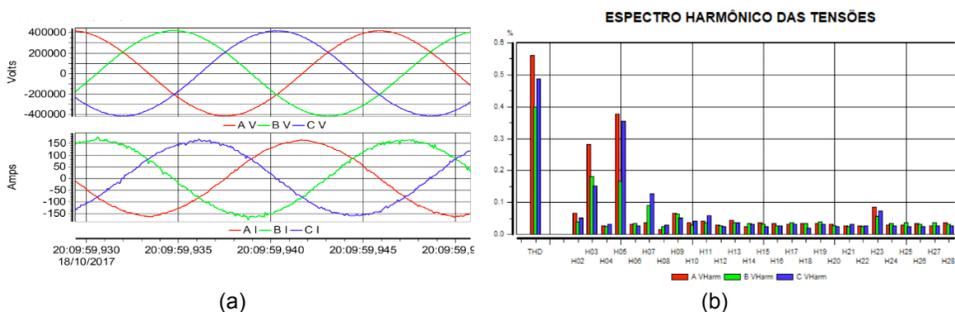


Figura 7 - Operação do CER com -100 Mvar: formas de onda das tensões e correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b)

4.3.2 Operação do Cer Com +200 Mvar

A Figura 8 (a) apresenta o resultado obtido durante o teste com controle no modo de potência reativa, para um ajuste de referência em + 200 Mvar e, com base na Figura 8 (b), pode-se inferir que também nesta operação do CER, os indicadores de QEE foram

plenamente adequados com uma distorção total em torno de 0,8%.

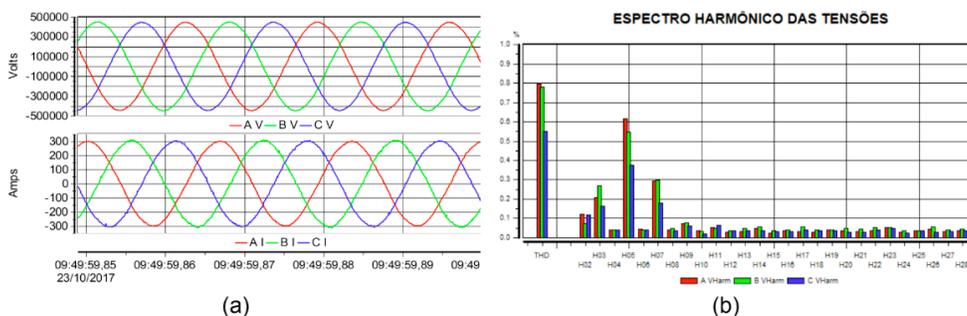


Figura 8 - Operação do CER com +200 Mvar: formas de onda das tensões e correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b)

4.4 Formas de onda e componentes harmônicos com o cer em operação na segunda campanha de medição

Nesta medição, as formas de onda das tensões e correntes apresentam características bem distintas das obtidas anteriormente com a operação do CER, induzindo ao entendimento de um possível efeito externo devido à entrada em operação de agentes de geração eólica no sistema eletricamente próximo.

4.4.1 Operação do Cer Com -100 Mvar

A Figura 9 (a) apresenta o resultado obtido durante o teste com operação no modo de controle de potência reativa, para um ajuste de referência em -100 Mvar. Os espectros harmônicos das tensões para esta condição de operação estão mostrados a seguir, destacando-se componentes harmônicos preponderantes de altas frequências, conforme registro da Figura 9 (b).

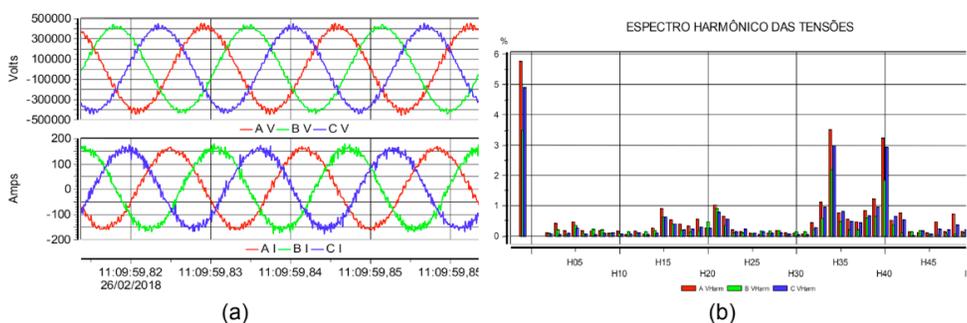


Figura 9 - Operação do CER com -100 Mvar: formas de onda das tensões e correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b)

4.4.2 Operação do Cer Com +200 Mvar

A Figura 10 apresenta o resultado obtido durante o teste com controle no modo de potência reativa, para um ajuste de referência em +200 Mvar. Os perfis harmônicos registrados para as tensões estão apresentados em seguida, indicando os mesmos componentes atípicos, ou seja, 32ª e 38ª ordens.

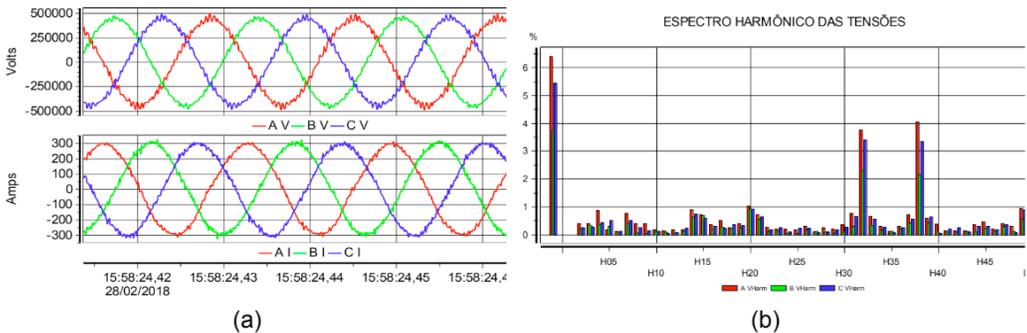


Figura 10 - Operação do CER com +200 Mvar: formas de onda das tensões e correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b)

5 | REGISTROS DE OSCILAÇÕES, AMPLIFICAÇÕES E PRESENÇA DE INTER-HARMÔNICOS NAS MEDIÇÕES DE QEE

Este item apresenta uma descrição do comportamento intermitente, com identificação de variações nas distorções das tensões devido à presença de inter-harmônicos durante as medições realizadas especificamente na segunda campanha de medição. Além das variações e elevadas distorções nas formas de onda das tensões, foram também registradas oscilações de harmônicos e a presença de componentes do tipo inter-harmônicos, próximos aos harmônicos preponderantes registrados e representativos para esse período de monitoramento. Quando o medidor de QEE utilizado foi programado e instalado para o teste mínimo de verificação das tensões (uma fase em todos os canais), já foram observadas variações significativas das distorções. Os valores mínimos, médios e instantâneos das distorções da fase A estão apresentados na Figura 11, onde se percebe claramente variações periódicas nas distorções das tensões medidas durante o início e realização da última campanha de medição de QEE no sistema em 500 kV.

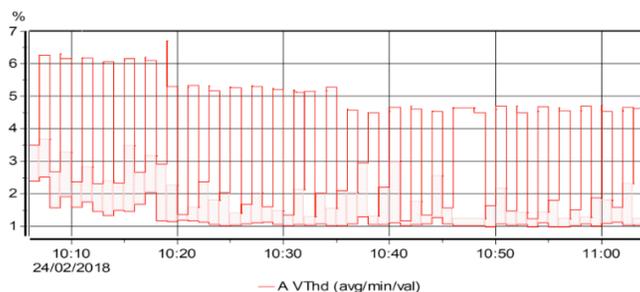


Figura 11 - Comportamento das distorções mínimas, médias e instantâneas

A Figura 12 (a) ilustra as formas de onda obtidas durante um determinado instante no período inicial desta campanha de medição da QEE, enquanto na Figura 12 (b) é apresentado o espectro harmônico da tensão, resultando em uma distorção total de 6%, ou seja, o dobro do valor considerado como limite para esse sistema.

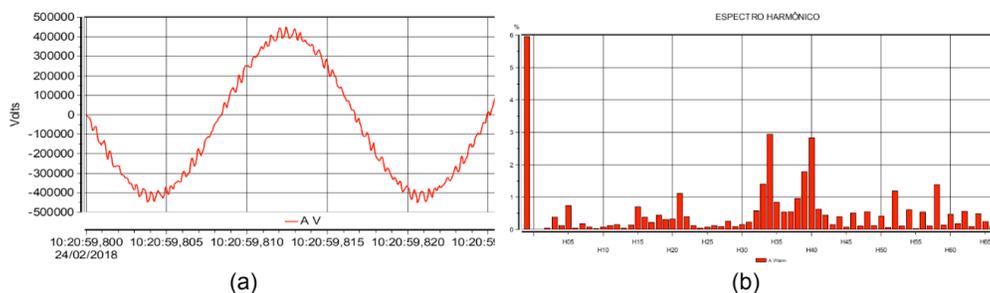


Figura 12 - Formas de onda da tensão da Fase A (a) e o correspondente espectro harmônico (b) durante a segunda campanha

A Figura 13 ilustra outro exemplo da análise para um determinado instante no período inicial desta campanha de medição da QEE, destacando-se o espectro harmônico total registrado nas tensões (“fullspectra”).

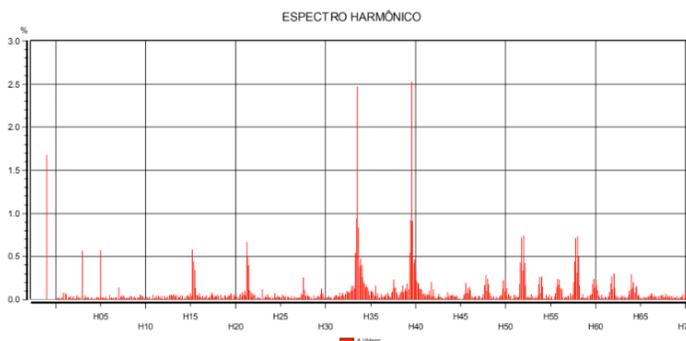


Figura 13 - Espectro harmônico da tensão da Fase A durante a segunda campanha

Na análise das formas de onda foram observadas frequências próximas as mostradas anteriormente, evidenciando a presença de componentes não múltiplos da fundamental (inter-harmônicos), com valores significativos na decomposição dos componentes individuais. Destaca-se que a presença de harmônicos não característicos e também de inter-harmônicos, normalmente não estão relacionadas a operação e a injeção de correntes pelo sistema do CER. De forma repetitiva, foram observadas variações nas distorções e tais características permaneceram durante todo o período dessa campanha de medição, ou seja, comprovou-se que o sistema atualmente em operação apresenta comportamento intermitente, bem como componentes de altas frequências registradas nas tensões medidas no ponto de conexão com a rede básica, como destacado na Figura 14 (a) e no respectivo espectro harmônico total ilustrado na Figura 14 (b).

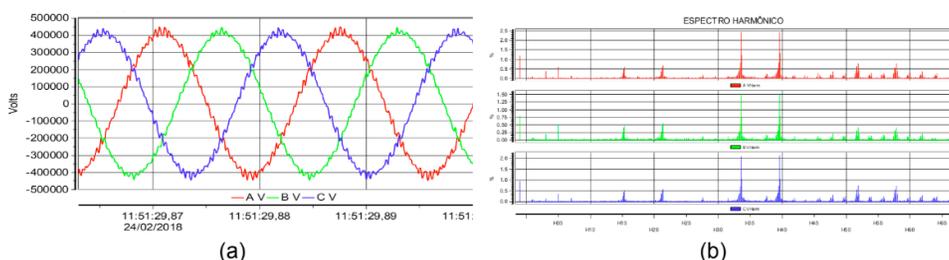


Figura 14 - Formas de onda (a) e espectro harmônico das tensões (b) durante a segunda campanha

6 | RESULTADOS DE MEDIÇÕES COM OUTROS INSTRUMENTOS

Diante da constatação de comportamento inesperado e completamente atípico para esta classe de tensão, incluindo também a observação pelo “display” do equipamento do tipo classe A, utilizado nas respectivas campanhas de medição de QEE, foram obtidas algumas amostras no painel do registrador de perturbações (RDP), indicando também a presença de componentes não característicos. Além do procedimento anterior de registro e verificação das formas de onda das tensões pelo RDP, conforme a Figura 15, foi realizada ainda uma avaliação através do osciloscópio localizado na subestação, sendo também comprovada a sobreposição de componentes de altas frequências. Portanto, três distintos tipos de equipamentos de medição mostraram que os sinais derivados dos TPCs apresentavam elevadas distorções nas formas de onda utilizadas para verificação dos indicadores de QEE no sistema elétrico em análise com a operação do CER.

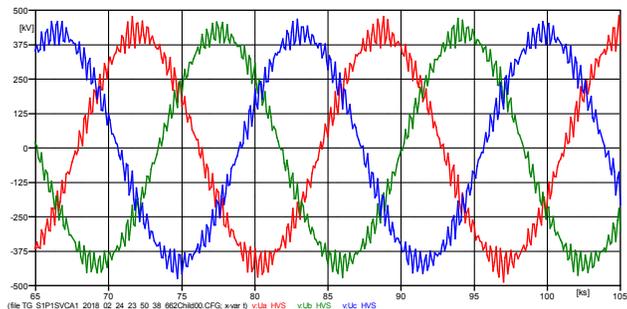


Figura 15 - Formas de onda das tensões obtidas pelo registro do RDP

71 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os comportamentos e os indicadores de qualidade das tensões no referido sistema durante a realização de campanhas de medição. Com base nesta análise pode-se inferir que as distorções observadas nas tensões para a condição atual de operação não apresentam correlação direta com a entrada do CER. Do ponto de vista da operação do CER, destaca-se que os principais componentes harmônicos das correntes injetadas normalmente seriam os de 5ª e 7ª ordens, sendo este o motivo pelo qual existem os filtros de harmônicos, sintonizados próximos a estas frequências. As distorções registradas não têm como origem os chaveamentos dos tiristores utilizados no controle e operação do CER, pois conforme resultados obtidos na medição intermediária, os principais componentes harmônicos das tensões não são os injetados pelo equipamento de compensação estática instalado em 500 kV.

Para comprovação categórica do comportamento do sistema, foi sugerido realizar medições adicionais, sem a operação do CER, bem como identificar as possíveis interferências no sistema. Considerando as divergências entre os resultados obtidos na primeira e segunda campanha oficial de medição da QEE, configurações do sistema estabelecidas entre ambos os períodos e as condições de geração dos parques eólicos da região, a comparação para verificar possíveis impactos da operação do CER ficou prejudicada, com os resultados que indicaram forte degradação das tensões no referido ponto de conexão ao SIN em 500 kV.

Um ponto a ser explorado nesta análise sob o aspecto de injeção e amplificação de harmônicos e variações intermitentes devido à presença de inter-harmônicos nos sinais das tensões medidas se refere às possíveis influências de outros agentes conectados ao mesmo sistema. A combinação entre a rede e a injeção de harmônicos pelos sistemas de geração intermitentes, pode resultar em um aumento das distorções das tensões devido às possíveis amplificações, sendo este um exemplo da complexidade envolvida com sistemas elétricos, pois não se pode afirmar categoricamente sobre distorções que dependem de vários agentes conectados ao mesmo tempo e do comportamento dinâmico do sistema de

potência. Como verificado também nas referências internacionais, oscilações dinâmicas estão ocorrendo em outras instalações com ampliações das distorções das tensões (1).

Diante do exposto e dos resultados apresentados, entende-se como necessário refinar os estudos de harmônicos, de forma que se considerem os reais efeitos de chaveamentos de fontes renováveis e seu impacto nos sistemas elétricos, como no caso apresentado nesta análise, baseada em todos os procedimentos e diretrizes para a realização de campanhas de medição de QEE, relacionadas à conexão de cargas não lineares à rede básica do SIN.

Conclui-se que campanhas de medição podem não retratar o efeito exato e o comportamento de um único equipamento no sistema, especialmente quando da presença de ampliações, bem como do aumento expressivo de parques eólicos conectados ao sistema onde foram realizadas as medições. Destaca-se que o tipo de comportamento registrado provavelmente esteja relacionado ao aumento do número de máquinas e das potências injetadas pelos parques eólicos circunvizinhos ao sistema em análise, devido a sua característica de funcionamento intermitente e operação através de controle do sistema com inversores de frequência do tipo Modulação por Largura de Pulsos (PWM). Aliás, as distorções e características verificadas nas tensões do sistema apresentam comportamento similar, coincidindo com a injeção de componentes de altas frequências em outras instalações de parques eólicos, sobretudo em função das frequências de chaveamentos dos inversores utilizados nos sistemas de controles dos aerogeradores e possíveis ampliações ou ressonâncias em altas frequências (HFR) (1) e (6).

REFERÊNCIAS

(1) Bollen, M.; Yang, K.L.; “**Another Aspect of the Interaction Between Wind Power Installations and the Grid**”, CIRED 22nd - International Conference on Electricity Distribution, Stockholm, 10-13 June 2013.

(2) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - **Definição das Metodologias e Procedimentos Necessários às Campanhas de Medição dos Indicadores de Desempenho** - ONS RE 2.1 028/2005 - Revisão 4, 14/12/07.

(3) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - **Gerenciamento dos Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica da Rede Básica** - Submódulo 2.8 - Revisão 2016.12 - Data de Vigência 01/01/17.

(4) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - **Instruções para Realização de Estudos e Medições de QEE Relacionados aos Novos Acessos à Rede Básica para Parques Eólicos, Solares e Consumidores Livres** - ONS NT 009/2016 - Revisão 01, de abril de 2016.

(5) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), **Requisitos Técnicos Mínimos para a Conexão às Instalações de Transmissão**. Submódulo 3.6, Revisão 2016.12, Data de Vigência 01/01/2017.

(6) Song, Y., Wang, X., Blaabjerg, F.; “**High Frequency Resonance Damping of DFIG based Wind Power System under Weak Network**”. IEEE Transactions on Power Electronics, 32 (3), 1927-1940, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo 9, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 127, 172, 211, 320, 323, 324, 343, 350, 355, 370

Algoritmos de seleção 9, 342, 343, 347, 348, 353

ANSYS 9, 172, 173, 176, 177, 178, 180, 181, 204, 208, 266, 267, 272, 273, 399, 401

Aplicativo 9, 16, 65, 88, 89, 90, 92, 93, 273, 366, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 381, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395

Aprendizado 9, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 87, 230, 232, 233, 235, 240, 242, 244, 281, 290

Artificial Intelligence 16, 60, 354, 355

B

Blender 231, 236, 237

C

Classificação 9, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 384

Computational Vision 355, 356

Comunicação 9, 85, 94, 95, 194, 230, 231, 232, 242, 243, 281, 283, 286, 304, 306, 307, 367, 384, 395

Coronavírus 59, 60, 65

Covid-19 11, 59, 60, 62, 65

D

Desempenho 9, 12, 11, 12, 13, 14, 19, 23, 62, 67, 113, 114, 173, 186, 257, 267, 310, 342, 343, 345, 346, 350, 352, 353, 354, 367, 370, 373, 374, 389

Diagnóstico 15, 127, 313, 314, 316, 317, 318, 328, 329, 371

Diagramas 115, 283, 284, 371, 372

Dispositivo Móvel 10, 16, 366, 368, 370, 371

E

Educação 24, 85, 86, 87, 88, 93, 94, 230, 232, 233, 235, 240, 241, 242, 243, 244, 279, 292, 303, 313, 342, 351, 353, 354, 369, 410

Enem 16, 342, 343, 344, 345, 347, 348, 350, 351, 353, 354

Energia Elétrica 9, 113, 114, 116, 126, 245, 257, 314

Ensino 9, 12, 14, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 93, 95, 230, 231, 232, 233, 235, 236, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 281, 292, 342, 343, 351, 352, 353, 354

Equações 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 34, 37, 95, 399

Estruturação de dados 194

F

Finite Differences 38, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 165, 169, 170, 171

Fracture Mechanics 332, 334, 341

G

Genetic Algorithm 128, 129, 130, 132, 133, 136, 137, 172, 180

Geração Fotovoltaica 12, 113, 115, 124, 125

I

Image Processing 128, 130, 136, 356, 364

Indústria 4.0 9, 15, 303, 304, 305, 306, 308, 309, 310, 312

Informação 9, 37, 85, 86, 92, 94, 188, 195, 196, 230, 231, 232, 233, 242, 243, 280, 281, 282, 283, 304, 308, 319, 351, 366, 367, 368, 371, 395, 396, 410

Inteligência Artificial 11, 59, 304, 307, 308, 355, 356

Interface 51, 144, 146, 150, 152, 232, 235, 236, 239, 283, 284, 286, 332, 333, 334, 341, 369, 372, 376, 384, 385, 386, 397

Interpolation 13, 1, 4, 101, 102, 103, 178, 210, 215, 216, 217, 218, 221, 227

L

Labyrinth Seals 13, 172, 174, 176, 179, 181, 182

M

Máscara 9, 11, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66

MASK R-CNN 9, 355, 356, 359, 360, 361, 362, 364, 365

Method 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 38, 44, 55, 57, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 83, 107, 112, 128, 129, 130, 131, 136, 141, 145, 156, 157, 158, 163, 169, 170, 171, 174, 175, 177, 178, 180, 181, 198, 199, 208, 210, 211, 215, 216, 217, 226, 227, 228, 229, 258, 259, 260, 264, 313, 336, 357, 399, 401, 409

Metodologias Ativas 231, 232, 244

Mineração de dados 343, 344, 345, 354

M-Learning 9, 12, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94

Modelagem 17, 18, 211, 236, 237, 271, 284, 312, 371, 372, 374, 375

Modelo distribuído 9, 11, 11, 14, 22

Modelo Numérico 259, 271

Monitoramento 9, 10, 12, 60, 66, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 122, 124, 125, 246, 248, 253, 279, 280, 283, 285, 290, 313, 314, 328, 366, 367, 368, 395

Motor de Indução 15, 313, 314, 316, 318, 319, 321

P

Probabilidade 24, 31, 32, 34, 185, 332, 375

Protótipo 9, 234, 240, 241, 242, 283, 285, 286, 289, 366, 368, 371, 372, 374, 394

Pulsed compression reactor 172, 173, 175, 181, 182

R

Realidade Virtual 9, 14, 94, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244

Rectilinear grids 13, 210, 212, 218, 227

Redes Neurais Artificiais 60, 62, 355, 364

RFID 15, 279, 280, 282, 283, 285, 286, 287, 288, 290, 291

S

Setup 13, 138, 139, 140, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Sistema 9, 12, 14, 15, 11, 15, 18, 64, 88, 90, 91, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 123, 124, 125, 126, 172, 184, 185, 186, 194, 195, 196, 231, 233, 234, 245, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 272, 279, 280, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 297, 299, 300, 306, 307, 312, 356, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 374, 375, 376, 381, 382, 384, 385, 386

Sistema de controle 194, 290

Sistema Estrutural 272, 292, 293, 297, 299, 300

Smartphone 90, 91, 94, 376

Sociedade 5.0 9, 15, 303, 304, 305, 306, 308, 309, 310

Sociedade Criativa 303, 304, 306, 308, 309

Software 9, 28, 67, 74, 137, 138, 139, 156, 157, 163, 176, 177, 200, 209, 231, 236, 266, 267, 282, 284, 287, 291, 292, 293, 298, 321, 323, 324, 325, 328, 344, 347, 371, 372, 375, 376, 386, 396, 397, 398, 399, 401

T

Tecnologia 9, 24, 85, 86, 87, 91, 93, 94, 114, 230, 231, 232, 239, 240, 241, 242, 244, 267, 279, 280, 281, 282, 283, 290, 292, 301, 302, 304, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 332, 342, 366, 367, 368, 396, 410

TICs na Educação 85, 93

Torpedo anchors 138, 139, 140, 148, 150, 152, 155

Transformação Digital 9, 15, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 310, 311

U

Uncertainty Quantification 15, 332, 336, 341

Usabilidade 9, 234, 366, 368, 372, 374, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393,

394, 395, 396, 397, 398

V

Virtual 9, 12, 14, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 100, 101, 209, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 309, 402

Virtual Reality 9, 12, 85, 86, 87, 88, 231, 243, 244

W

Web 10, 35, 279, 280, 283, 286, 287, 290, 304, 344, 386, 396

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

-  www.arenaeditora.com.br
-  contato@arenaeditora.com.br
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  www.facebook.com/arenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br