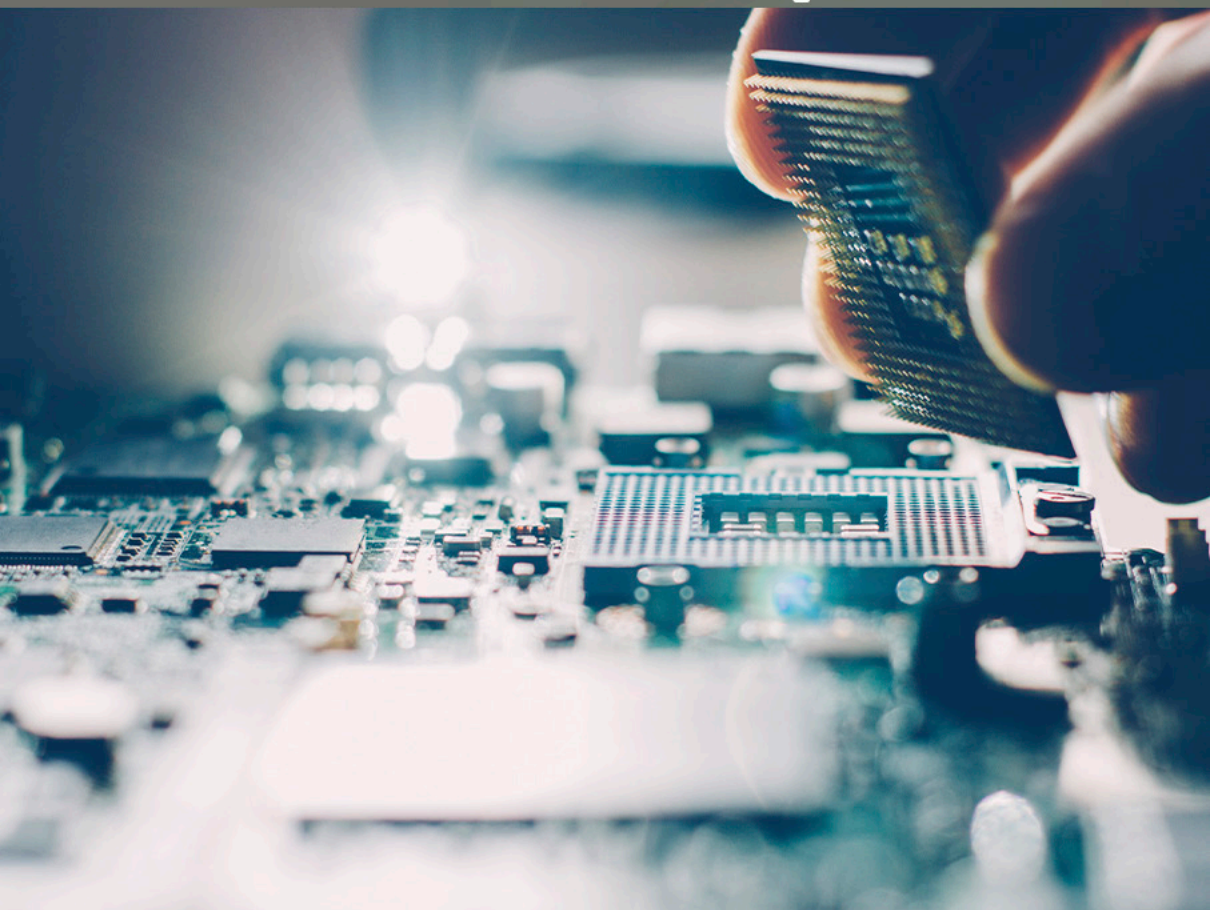


COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

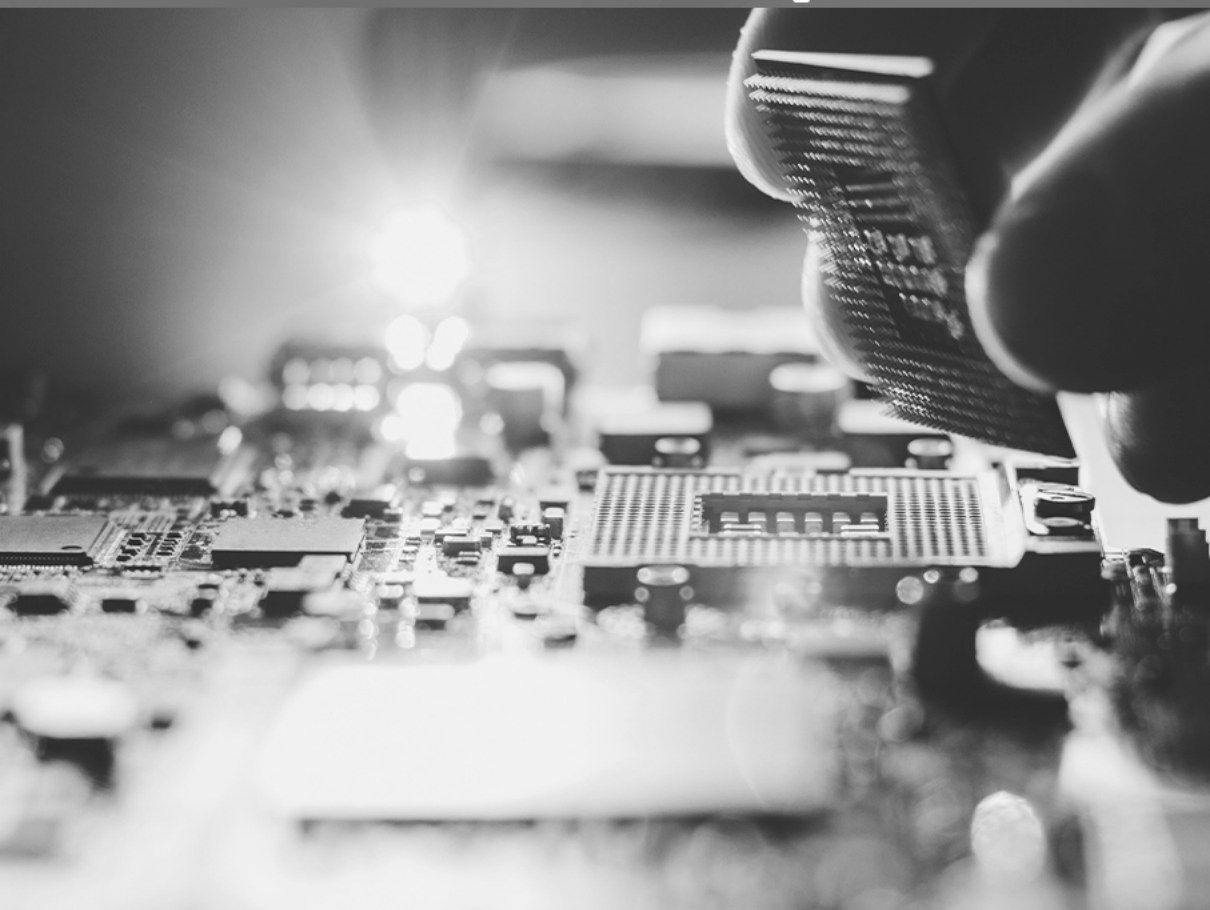


ERNANE ROSA MARTINS
(ORGANIZADOR)

 **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 Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
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

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

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 01/05/2021

Hermann Enrique Alcázar Rojas

Universidad Catolica de Santa Maria,
Department of Mechanical, Mechanical
Electrical and Mechatronics Engineering
Arequipa – Arequipa
<https://orcid.org/0000-0002-7651-9269>

Briam Rudy Velasquez Coila

Universidad Catolica de Santa Maria,
Department of Mechanical, Mechanical
Electrical and Mechatronics Engineering
Arequipa – Arequipa
<https://orcid.org/0000-0001-7169-8045>

Arioston Araújo de Moraes Júnior

Federal University of the Paraiba, Department
of Chemical Engineering
João Pessoa – Paraiba
<https://orcid.org/0000-0002-5856-0276>

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

Universidad Catolica de Santa Maria,
Department of Mechanical, Mechanical
Electrical and Mechatronics Engineering
Arequipa – Arequipa
<https://orcid.org/0000-0003-0621-8281>

ABSTRACT: A sealing system is proposed using labyrinth seals to minimize gas leaks, for which triangular, rectangular, and trapezoidal geometric parameters are evaluated. For each one of the geometries a group of parameters were optimized minimizing the gas leakage, using the multi-

objective genetic algorithm (MOGA), updating in each step the geometry employing a user defined Ansys SpaceClaim Python algorithm. For a new set of parameters (height, width, and angle of the shape, space between cavities, and piston length) the script creates the boundary geometry and meshing. The CFD analysis evaluates the gas leakage for the given geometry and constant boundary conditions (10 MPa inlet pressure, 25 m/s piston speed, 40 μm piston/cylinder gap, and ideal methane gas), and uses this data as input to MOGA. The input set values were reduced to manufacturable quantities, so finite or discrete values can be used across the iterations. The analysis of distributed properties such as velocity, temperature, and pressure, inside the cavity, showed a steady laminar regime with an energy loss due to entropy increment. The most sensitive parameters are the piston length and height cavity for all shapes. The trapezoidal shape presented the best performance in minimizing the mass flow leakage.

KEYWORDS: Labyrinth seals, pulsed compression reactor, CFD simulation, Ansys Fluent.

RESUMO: Um sistema de vedação é proposto usando selos de labirinto para minimizar vazamentos de gás, para o qual parâmetros geométricos triangulares, retangulares e trapezoidais são avaliados. Para cada uma das geometrias foi otimizado um conjunto de parâmetros minimizando o vazamento de gás, utilizando o algoritmo genético multi-objetivo (MOGA), atualizando em cada etapa a geometria empregando um algoritmo Ansys SpaceClaim

Python definido pelo usuário. Para um novo conjunto de parâmetros (altura, largura e ângulo da forma, espaço entre cavidades e comprimento do pistão), o script cria a geometria de limite e a malha. A análise CFD avalia o vazamento de gás para a geometria dada e as condições de contorno constantes (pressão de entrada de 10 MPa, velocidade do pistão de 25 m / s, folga do pistão / cilindro de 40 μm e gás metano ideal) e usa esses dados como entrada para MOGA. Os valores definidos de entrada foram reduzidos a quantidades fabricáveis, portanto, valores finitos ou discretos podem ser usados nas iterações. A análise das propriedades distribuídas como velocidade, temperatura e pressão, no interior da cavidade, mostrou um regime laminar estável com perda de energia devido ao incremento de entropia. Os parâmetros mais sensíveis são o comprimento do pistão e a altura da cavidade para todos os formatos. O formato trapezoidal apresentou o melhor desempenho em minimizar o vazamento do fluxo de massa.

PALAVRAS - CHAVE: Selos de labirinto, reator de compressão pulsado, simulação CFD, Ansys Fluent.

1 | INTRODUCTION

Pulsed compression reactor (PCR) have many applications, such as: production of alkenes by dehydrogenation of paraffins; gas and hydrogen synthesis; thermal destruction of impurities that are discharged in industrial process exhaust (air cleaning) and toxic compounds; production of acetylene, nitric oxide, hydrogen cyanide; controlled generation of mono dispersed ceramic, metallic and amorphous nanoparticles by thermal decomposition of appropriate precursors (carbonyl and organometallic compounds, salts, etc.), (KRONBERG, 2008).

Many efforts have already been made to develop a commercial chemical reactor based on the principle of pulsed compression. Authors who carried out detailed investigations are (LONGWELL et al., 1958), (KOLBANOVSKIY; SHCHIPACHEV; CHERNYAK, 1982), (MORRISON; REIMER, 1989); however, single shot compression machines are not suitable for industrial applications, (KRONBERG, 2008). On the other hand, many researchers as (VON SZESZICH, 1956), (JAN; VAN DIJCK, 1957), (VAN DIJCK, 1957), (OBERDORFER; WINCH, 1961), (YAMAMOTO et al., 1963), (KARIM; MOORE, 1963), (KARIM; MOORE, 1990), (LOWTHER; BOHON, 1990), and (DOLINSKIJ et al., 1997), tried to use internal combustion engine designs or similar as reactors. However, the commercial applications of internal combustion engines as reactors are limited for a variety of reasons: because it uses oil lubrication, high losses due to cooling (up to 30%), relatively low maximum inlet and outlet pressures, possible sharp decrease in volumetric efficiency with size, inability to continuously adjust the compression ratio as the composition of the reactant's changes, (KRONBERG, 2008).

Engineering and reactor design problems for large-scale production of PCRs are thermal control and necessary stabilization for long-term operation, effective start-up

methods, gas exchange in chambers (geometry of the chambers, position, size and shape), piston and cylinder materials, and effective lubrication and sealing (KRONBERG, 2008). The objective is to provide stable and wear-free of the piston and sealing, and to prevent gas leakage through the space between cylinder and piston (gap).

The problem that will be addressed here is the lubrication and sealing, and therefore an effective sealing. (SCHALLER; DARVISHSEFAT; SCHLÜCKER, 2018) and (WANG et al., 2019) stated that oil-free lubrication carries the gas completely dry and avoids gas contamination due to oil. Also, if PCRs are equipped with a non-contact seal it would have no wear and almost unlimited service life. The distinctive feature of the piston compressor with labyrinth seals is that it does not produce friction between the cylinder-piston, (KLÄY, 1975). So, the method for minimizing leakage, lubrication and sealing is to use a labyrinth seal in the piston, cylinder, or both.

2 | PCR LABYRINTH SEAL

A labyrinth seal is a structure that consists of multiple cavities where the flow circulates inside them and due to the friction with the walls, the kinetic energy of the fluid is dissipated, thus reducing the leakage flow. The advantages of labyrinth seals are simplicity, robustness, and suitability for high pressures, (SCHALLER; DARVISHSEFAT; SCHLÜCKER, 2018). Instead of piston rings, the labyrinths in the piston are provided with a large number of grooves that produce a labyrinthic sealing effect against the cylinder wall, which is also grooved; the piston moves with enough free space so that there is no contact between the piston and the cylinder wall, (KLÄY, 1975).

Graunke and Ronnert (1984) showed that the first labyrinth seal equipped compressor was built in 1935. They explained the sealing action of the labyrinth as due to pressure differences from one chamber to another, the throttle point acts as a nozzle for the gas. Part of the pressure energy in the previous chamber is converted into kinetic energy at the nozzle. In the next chamber, the velocity lags almost to zero, and the kinetic energy dissipates in part as heat and in part as vortex energy. By providing a succession of these throttle point and chamber systems, the pressure is reduced from the high level before the piston to the low level after it. The flow process in the labyrinth can be described theoretically by some differential equations as the ideal gas state equation, the continuity equation, the equation of motion or the law of momentum, and the law of conservation of energy.

Most of the research related to labyrinth seals study the rotor-stator system, that is, for rotating elements, and those that study the cylinder-piston system basically focus on the effects of geometric parameters, (WANG et al., 2019). (CANGIOLI et al., 2017), and (VERMES, 1961) explored the labyrinth seal flow calculation method. Currently the main research methods for labyrinth leaks are the analysis of thermodynamic theory, numerical analysis method, leak measurements, flow visualization method. Other studies investigated

the mechanism in rotating machines and combined the CFD method, and theoretical analysis to study the flow pattern within the labyrinth seal and analyze the effect of the structural arrangement and the pressure relationship on the sealing efficiency, (WANG et al., 2019).

(“Pulsed compression reactor for nanoparticles manufacturing”, [s.d.]) uses a free piston pulsed compression reactor to achieve adiabatic compression. If gas compression is achieved without heat loss, this is accompanied by increases in gas temperature, and if the compression is fast enough, the process approaches an adiabatic one. When using this method, a complete cycle does not exceed 0.01 seconds, the period of time with extreme temperatures and pressures is around 0.001, this short period makes minimal the heat exchange between the gas and the cylinder walls, (GLOUCHENKOV; KRONBERG; VERINGA, 2002). In this method, a mixture of reactive gases in a tube is compressed by a free piston that moves at a speed of 5-40 m/s, (KRONBERG, 2008).

3 I MODEL

The main objective of this study is the parameter’s optimization of a PCR labyrinth seal. As seen in Figure 1, three different geometries will be analyzed, with triangular, rectangular, and trapezoidal shapes. The parameters needed to define each shape are the piston diameter, piston length, gap between piston and cylinder, cavity length, cavity depth, cavity angle, initial free length, and distance between cavities. The piston diameter and gap are considered constants through the present work and stated as 60 mm and 40 μm , respectively. The remaining parameters can vary within the limit values given in Table 1.

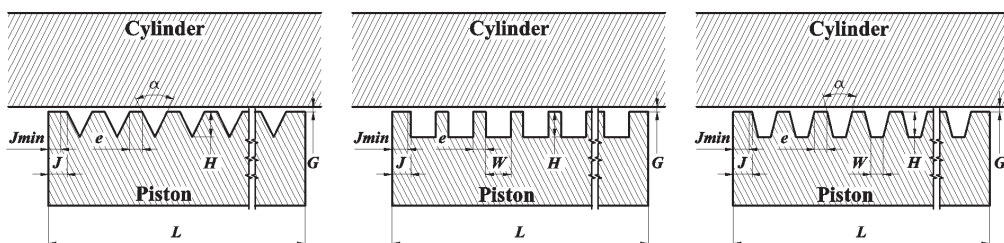


Figure 1 – Geometry definition for triangular, rectangular, and trapezoidal shapes

Piston diameter*	Gap between piston and cylinder*	Piston length	Cavity length	Cavity depth	Cavity angle	Initial free length	Distance between cavities
d [mm]	G [μm]	L [mm]	W [μm]	H [mm]	α [$^\circ$]	J_{min} [mm]	e [mm]
60	40	30 - 150	0.5-5.0	0.5-5.0	30 - 75	2.0	1.0 – 5.0

*Constant values

Table 1 - Constant and limit values for given cavity geometry

The generation of the parametric geometries is crucial to carry out the optimization process. For this, it was decided to automate this process using scripts, because it reduces the time used to modify the geometry. The CAD program Ansys SpaceClaim was chosen for this study because it presents a user-friendly development environment, a script in the Python programming language will be developed for each of the shapes of the labyrinth seals. Each of the parameters is defined within the limits shown in Table 1, which will for manufacturable values.

The geometries returned by the scripts are two-dimensional geometries that represent the fluid domain. It was decided to use two-dimensional geometries for the study, because it is expected that the fluid presents an axisymmetric behavior. This behavior reduces the computational resources, compared to a three-dimensional study.

Meshing represents an important aspect within the study since an inadequate meshing can cause convergence problems during the simulation process. The criteria to generate the meshing were: aspect ratio $AR \approx 1$; orthogonal quality $OQ \approx 1$, and dimensionless wall distance $y^+ \approx 30-300$. The meshing was carried out using triangular and quadrilateral elements.

Gas model	Turbulence Model	C_2	σ_k	σ_ϵ
Ideal gas (piecewise-polynomial)	Realizable $k-\epsilon$	1.9	1.0	1.2

Table 2 – Ansys Fluent model parameters

Gas	Inlet BC	Outlet BC	Piston speed
Methane, CH_4 (compressible gas)	10 MPa @300 K	Atmospheric 0 MPa @300 K	25 m/s

Table 3 – Boundary conditions of the model

Ansys Fluent software was used for the fluid analysis of the three proposed labyrinth seal shapes. Within the software, the simulator type was configured as based on pressure and axisymmetric analysis. The Realizable k-epsilon viscosity model was chosen, as it showed better convergence compared to the other variations of k-epsilon model and

k-omega models. Also, the software Theory Guide recommends this model in cases where the flow characteristics includes vortices (ANSYS, 2020). Table 2 shows Ansys Fluent’s parameters values for this model. Table 3 shows the boundary conditions. This research project is mainly focused on the compression of methane, whereby methane is used as a compressible gas, inlet gauge static pressure being 10 MPa, outlet gauge pressure 0 MPa (atmospheric), and a piston speed of 25 m/s.

4 | RESULTS

For the case of the boundary inlet pressure condition, it was seen that the fluid within the domain exhibited supersonic behavior for the given conditions. It is for this reason that an initial static pressure “Supersonic / Initial Gauge Pressure” was used, with a value of 0.95 times the gauge static pressure of 10 MPa. For the definition of the gauge total inlet pressure, equation (1) was used to define it as a function of the inlet static pressure, the coefficient a was set as 1. In addition, the “Prevent Reverse Flow” condition was placed at the input. The number of iterations for each simulation was limited to 1500 iterations, which shows that for this number the convergence was acceptable.

$$P_o = P_o(n - 1) - a(P_s(n - 1) - P_{s\ target}) \quad (1)$$

Where: n , iteration

P_o , gauge total pressure

a , coefficient

P_s , gauge static pressure

$P_{s\ target}$, target gauge static pressure

A parameter correlation study was carried out. This study was based on the leakage mass flow as output parameter. The Spearman method was chosen, with a range of 50 samples per cavity shape. Each of the samples were determined based on the limits of each geometric parameter. Each parameters sensitivity was obtained, and their values are shown in Figure 2. For all shapes, the piston length is the most sensitive parameter, and the other parameters differ in dependence on the shape. The quadratic regression’s coefficient of determination R^2 of leakage mass flow obtained was 0.97 in triangular, 0.78 in rectangular and 0.79 in trapezoidal shape.

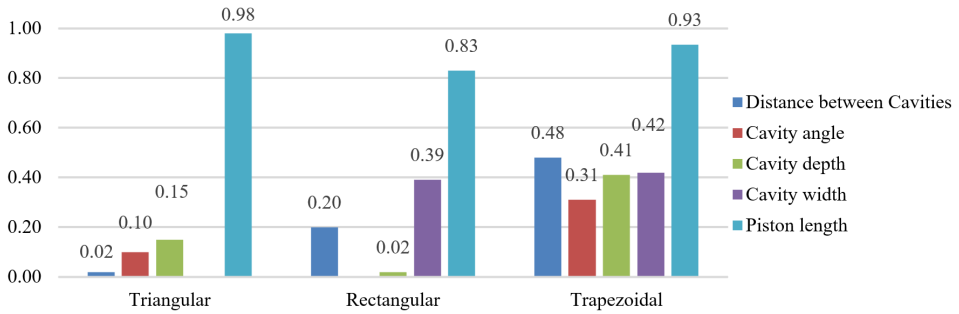


Figure 2 – Parameter's sensibility

To determine an approximate leakage mass flow mathematical model, with the geometric parameters as input variables, a surface fitting was carried out. The Ansys Response Surface Type's Genetic Aggregation method was used, where the previous 50 samples, used in the parameter correlation, were taken as a basis. Figure 3 shows the mass flow leakage surface for the piston length and space between cavities as input variables, respectively, for the three shapes. These surfaces were obtained by surface fitting, as stated previously, with a Coefficient of Determination R^2 of Learning Points (quality of the interpolation) and Cross-Validation on Learning Points (stability or reliability of the response surface) on Learning Points, 1-1 respectively in triangular, 1-0.98 in rectangular and 1-0.99 in trapezoidal shape.

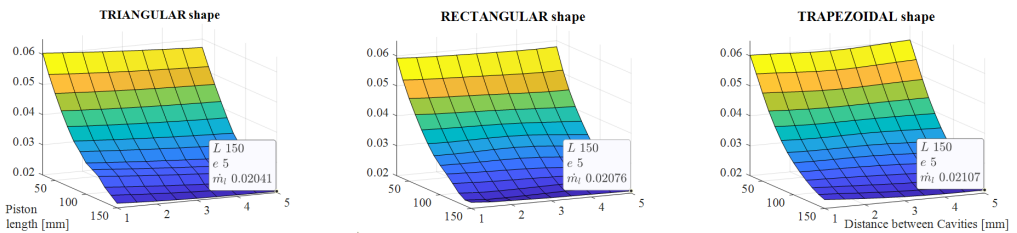


Figure 3 – Mass Flow leakage for optimal triangular, rectangular, and trapezoidal shape

The flow streamlines for the three shapes are plotted in Fig. 4. For the triangular one, the primary vortex generates minor secondary ones near the vertex. In all cases is seen a centered main vortex displaced slightly to the flow direction. Turbulence is generated at the shape inlet and outlet, caused by the abrupt gas expansion and compression, respectively. The reduction in kinetic energy is greatly influenced by piston speed. The velocity profile is more distorted at the trapezoidal shape, causing higher friction at the walls and therefore higher pressure drop than the other two cavities. Also is seen at the velocity profile along the gap, that the velocity is zero at the cylinder wall (which remains static) and negative at the piston wall (which moves opposite the flow).

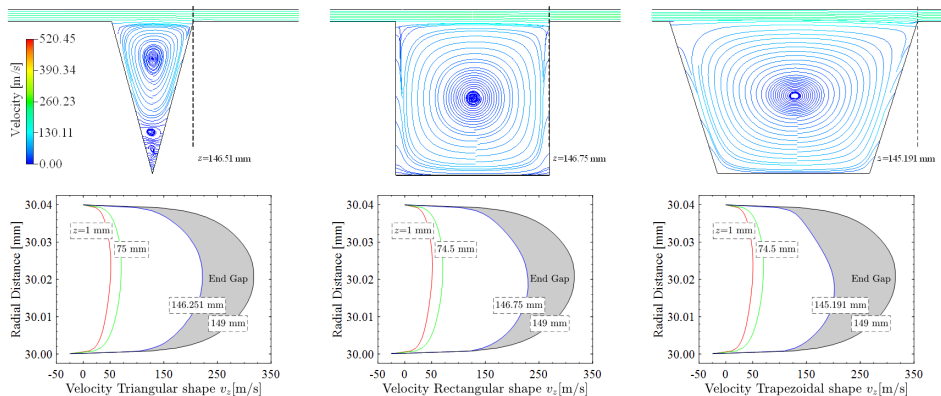


Figure 4 – Flow streamline and velocity profile for optimal triangular, rectangular, and trapezoidal shape

Figure 5 shows the pressure drop along the piston, as well as the increase in the kinetic energy of turbulence. As shown in the figure the pressure drop begins to increase from 90 mm and represents approximately the 59.86% of the total pressure drop, in the four cases that includes the 3 shapes of labyrinth seals proposed and the case in which there is no labyrinth seals. Along the turbulence kinetic energy curve there are some peaks for each case, these peaks represent the effect it has on the fluid at the entrance to each cavity. In the same way, can be seen peaks of less size over the pressure curve. It is clearly seen in the figure that the curves of the case without labyrinth seals do not present these peaks, so this confirms the effect that the cavities have on the fluid.

To explain the behavior of the cavity, the distribution profile of temperature (TD), pressure (PD), total energy (TED) and turbulent kinetic energy (TKED), and entropy (ED) were calculated. What occurs in TED is a decrease in the energy in the cavity in relation to the energy in the gap, being less in the center and increased towards the extremes. This means that there is energy consumption, which is what it seeks, which will be responsible for the rotation of the fluid within the cavity. To explain this, we see that the PD and TD follow approximately the same distribution. A decrease in temperature and pressure leads to an increase and decrease in entropy, respectively. As the pressure variation is greater, then there is a liquid increase in entropy that is transformed into irreversibility (heat), which is precisely what is seen in the ED.

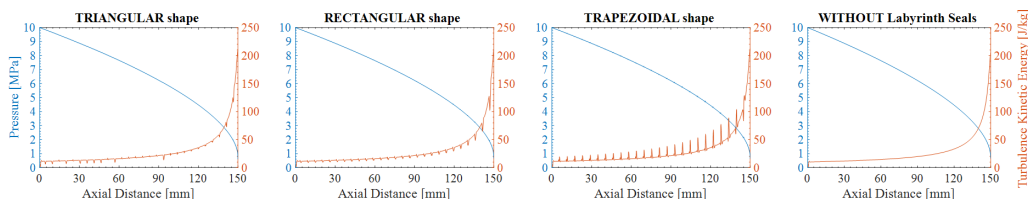


Figure 5 - Drop pressure and increase Turbulence kinetic energy along the piston

For the optimization of the geometric parameters minimizing the gas leakage, the multi-objective genetic algorithm MOGA method was used. The maximum allowable pareto percentage MAPP and converge stability percentage CSP conditions were set at 70% the 2%, respectively. The optimization was carried out based on the surface fitting using the ANSYS Design Exploration tool. Three optimization candidates were considered, after which a verification was made, simulating then each of the three candidates. This process was repeated for each of the proposed labyrinth seal shapes, i.e., for triangular, rectangular, and trapezoidal shapes.

The leakage mass flow for the trapezoidal shape is 0.02007 kg/s (1% with respect the smooth piston), which represents the lowest value of all shapes, Tab. 4. Triangular and rectangular shapes have more leakage mass than smooth piston configuration. This behavior has also been observed by (SCHALLER; DARVISHSEFAT; SCHLÜCKER, 2018), who studied a hydrogen compressor with rectangular labyrinth shape for pressure differences of up to 1 MPa and 50 μm gap, pointing out a critical gap value below which the smooth or linear seal shape performs better than the caved ones. A better understanding of the gap effect, and the influence on the type of flow regime (laminar / turbulent) is required.

Parameters	Without Labyrinth Seals	Triangular	Rectangular	Trapezoidal
Distance between cavities, [mm]	-	5	5	5
Cavity angle, [deg.]	-	30	-	35
Cavity length, [mm]	-	-	0.5	0.5
Cavity depth, [mm]	-	0.5	0.5	0.5
Piston Length, [mm]	150	150	150	150
Mass Flow Leakage, [kg/s]	0.02027	0.02049	0.02050	0.02007

Table 4 - Optimal parameter values for given cavity geometry

5 | CONCLUSIONS

The simulation and optimization of the labyrinth seal for PCR with triangular, rectangular, and trapezoidal shapes was carried out successfully, for all cases a set of optimal values of geometry parameters was found. For a 60 mm piston length, 40 μm gap and methane gas at 10 MPa as fluid source. The dimension parameters of the shapes were optimized, and the piston length resulted as the most sensitive. Because of this, other cavity parameters as angle, depth, width and spacing were less important, so consequently, results for a smooth cylinder piston presented a similar performance that those caved.

The analysis of distributed properties such as velocity, temperature, and pression, inside the cavity, showed a steady laminar regime with an energy loss due to entropy increment, greater variation (peaks) of TKE and vorticity was observed in the inlet and outlet of cavities. Also, the reduction in kinetic energy is greatly influenced by piston speed. The trapezoidal shape presented the best performance to minimize the mass flow leakage,

with a cavity angle of 35 °, cavity depth of 0.5 mm, distance between cavities of 5 mm and a piston length of 150 mm, on the other hand that least performance presented was the rectangular shape.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Mechanical Engineering Department Chair and the Research Vice-President of the Universidad Católica de Santa María del Perú, for their support in the development of this work.

AUTHORSHIP STATEMENT

The authors hereby confirm that they are the sole liable persons responsible for the authorship of this work, and that all material that has been herein included as part of the present paper is either the property (and authorship) of the authors or has the permission of the owners to be included here.

REFERENCES

ANSYS, Inc. **ANSYS Fluent Theory Guide**. 2020 R1 ed. [s.l.: s.n.].

CANGIOLI, F. et al. **On the Thermodynamic Process in the Bulk-Flow Model for the Estimation of the Dynamic Coefficients of Labyrinth Seals**. Volume 7A: Structures and Dynamics. **Anais...** American Society of Mechanical Engineers, 26 jun. 2017Disponível em: <<https://asmedigitalcollection.asme.org/GT/proceedings/GT2017/50923/Charlotte, North Carolina, USA/242709>>

CANGIOLI, F. et al. Effect of energy equation in one control-volume bulk-flow model for the prediction of labyrinth seal dynamic coefficients. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 98, p. 594–612, 1 jan. 2018.

DOLINSKIJ, Y. L. et al. **Method of generating synthesis gas**Rusia, 1997.

GLOUCHENKOV, M.; KRONBERG, A.; VERINGA, H. Free piston pulsed compression reactor. **Chemical Engineering Transactions**, v. 2, p. 983–988, 2002.

GRAUNKE, K.; RONNERT, J. **Dynamic behaviour of labyrinth seals in oilfree labyrinth-piston compressors**. Proceedings of the Purdue Compressor Technology Conference. **Anais...**Purdue Univ, Ray W. Herrick Lab, 1984

HODKINSON, B. Estimation of the Leakage through a Labyrinth Gland. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers**, v. 141, n. 1, p. 283–288, 7 jun. 1939.

JAN, B. J.; VAN DIJCK, W. J. **Method and reciprocating compressionreactor for short period, high temperature and high pressure chemical reactions**Estados Unidos, 1957.

KARIM, G. A.; MOORE, N. P. W. The production of synthesis gas and power in a compression ignition engine. **Journal of the Institute of Fuel**, v. 105, 1963.

KARIM, G. A.; MOORE, N. P. W. **The Production of Hydrogen by the Partial Oxidation of Methane in a Dual Fuel Engine**. SAE Technical Papers. **Anais...**1 ago. 1990Disponível em: <<https://www.sae.org/content/901501/>>

KLÄY, H. R. Reciprocating compressors with labyrinth pistons for helium. **Cryogenics**, v. 15, n. 10, p. 569–571, 1975.

KOLBANOVSKIY, Y. A.; SHCHIPACHEV, V. S.; CHERNYAK, N. Y. **Pulse compression of gases in chemistry and technology**. URSS: [s.n.].

KRONBERG, A. **Technology Report - Pulsed compression reactorEuropean Roadmap of Process Intensification**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.creative-energy.org>.

LONGWELL, P. A. et al. Ballistic Piston for Investigating Gas Phase Reactions. **Industrial & Engineering Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 603–610, abr. 1958.

LOWTHER, F. E.; BOHON, W. M. **Integrated product generation and catalytic product synthesis in an engine-reactor**Estados Unidos, 1990.

MILNE-THOMSON, L. M. **Theoretical Hydrodynamics**. [s.l.] Courier Corporation, 1996.

MORRISON, P. W.; REIMER, J. A. Silane pyrolysis in a piston reactor. **AIChE Journal**, v. 35, n. 5, p. 793–802, maio 1989.

OBERDORFER, P. E.; WINCH, R. F. Chemicals from Methane in a High Compression Engine. **Industrial & Engineering Chemistry**, v. 53, n. 1, p. 41–44, jan. 1961. **Pulsed compression reactor for nanoparticles manufacturing**. EnschedeEncontech B. V., , [s.d.]. Disponível em: <[http://www.encontech.nl/papers/Nanoparticles manufacturing.pdf](http://www.encontech.nl/papers/Nanoparticles%20manufacturing.pdf)>

SCHALLER, A.; DARVISHSEFAT, N.; SCHLÜCKER, E. Simulation and Experimental Investigation of Labyrinth Seals for Reciprocating Piston Compressors. **Chemical Engineering and Technology**, v. 41, n. 5, p. 1043–1050, 2018.

VAN DIJCK, W. J. **Reciprocating compression-Reactor for Short Period, High Temperature and High Pressure Chemical Reactions**Estados Unidos, 1957.

VERMES, G. A fluid mechanics approach to the labyrinth seal leakage problem. **Journal of Engineering for Gas Turbines and Power**, v. 83, n. 2, p. 161–169, 1 abr. 1961.

VON SZESZICH, L. Herstellung von Synthesegas im Otto-Motor bei gleichzeitiger Arbeitsgewinnung. **Chemie Ingenieur Technik - CIT**, v. 28, n. 3, p. 190–195, mar. 1956.

WANG, L. et al. Leakage characteristic identification of labyrinth seals on reciprocating piston through transient simulations. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2019, 2019.

YAMAMOTO, I. et al. **Production of Synthesis Gas by Internal Combustion Engine**. Sixth World Petroleum Congress. **Anais...**1963

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