



Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

Ernane Rosa Martins
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020



Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

Ernane Rosa Martins
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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. 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
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

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

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Ernane Rosa Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C761 Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-601-0

DOI 10.22533/at.ed.010201412

1. Computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador).
II. Título.

CDD 004

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.

APRESENTAÇÃO

A Ciência da Computação, traz inúmeros benefícios para a sociedade moderna, tais como: a criação de empregos, o desenvolvimento de novos equipamentos, o ganho de produtividade nas empresas e o acesso à informação. Os estudos realizados nesta área são aplicados em diversas outras áreas do conhecimento, proporcionando a resolução de diferentes problemas da sociedade, trazendo avanços significativos para a vida de inúmeras pessoas, fazendo com que cada vez mais estes profissionais sejam valorizados, requisitados e prestigiados no mercado de trabalho.

As empresas enxergam atualmente a necessidade cada vez maior de profissionais bem qualificados nesta área, a fim de que possam promover cada vez mais inovação, desenvolvimento e eficiência junto as empresas. Os estudos desta área focam no estudo de técnicas, metodologias e instrumentos computacionais, visando principalmente automatizar os processos e desenvolver soluções com o uso de processamento de dados. Desta forma, este livro, vem possibilitar conhecer os elementos principais desta ciência por meio do contato com alguns dos conceitos fundamentais desta área, apresentados por meio dos resultados relevantes alcançados nos trabalhos presentes nesta obra.

Dentro deste contexto, este livro aborda diversos assuntos importantes para os profissionais e estudantes desta área, tais como: a orientação dos alunos na busca e utilização de ferramentas computacionais e tipográficas de qualidade; aplicação de uma heurística baseada em Algoritmos Genéticos; uma análise qualitativa dos principais programas computacionais utilizados em fotogrametria computadorizada; os antipadrões de restrição de autorização em serviços Web orquestrados com BPEL4People; um sistema de atendimento automatizado, que inclui chat, chatbots e gerenciamento de atendentes; o sistema PSI, um prontuário online destinado a psicólogos; a Formação de Grupos de Alto Desempenho (FGAD) em Aprendizagem Colaborativa Baseada em Projetos (CPBL) usando Metodologias ágeis; a integração do método dos elementos finitos (Finite Element Method) - FEM associado a um Algoritmo Genético (GA) combinado com Lógica Nebulosa (Fuzzy) para o desenvolvimento de um filtro óptico destinado a sistemas DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing); o desenvolvimento de ferramenta de código aberto para uso em atividades de eletrônica durante o distanciamento social; um modelo de Algoritmo Genético para otimizar os parâmetros do COCOMO Básico; discussões sobre como e por que estudar automação hoje em dia; um processo de recomendação utilizando análise de sentimento sobre scripts de filmes e agrupando filmes de sentimentos similares; um modelo de previsão, com a utilização das

ferramentas de Redes Neurais Artificiais, para estimar o volume de uma usina hidrelétrica; o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG); um mapeamento sistemático da produção do conhecimento científico e tecnológico; a utilização de um jogo sério que pode auxiliar os profissionais de educação a identificar alunos com maior probabilidade de sofrerem de discalculia; e uma revisão da literatura quanto a utilização de aplicativos em síndromes coronarianas agudas.

Assim, os trabalhos apresentados nesta obra exemplificam a abrangência e importância da área de Ciência da Computação na atualidade, permitindo aos nossos leitores analisar e discutir os resultados encontrados. A cada autor, os mais sinceros agradecimentos, por contribuir com esta importante obra, e aos leitores, desejo uma excelente leitura, repleta de boas e relevantes reflexões.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	1
AJUSTES PARA ESCREVER MONOGRAFIAS DE ACORDO COM A ABNT USANDO O LATEX	
Rafael Santos da Costa	
Lindomar Miranda Ribeiro	
Thiago Rafael da Silva Moura	
DOI 10.22533/at.ed.0102014121	
CAPÍTULO 2.....	12
ANÁLISE TÉRMICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM TIG EM UM DUTO EM OPERAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO NUMÉRICO DE VOLUMES FINITOS	
Theo Martins de Alencar Paiva	
Jakson Gomes de Oliveira Junior	
Francisco Edson Nogueira Fraga	
DOI 10.22533/at.ed.0102014122	
CAPÍTULO 3.....	21
APLICAÇÃO DE ALGORITMO GENÉTICO NA OTIMIZAÇÃO DINÂMICA DO ESPAÇO EM VEÍCULO URBANO DE CARGA	
Bruno Siqueira da Silva	
Leandro da Silva Camargo	
Marilton Sanchotene de Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.0102014123	
CAPÍTULO 4.....	40
AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE SOFTWARES UTILIZADOS EM FOTOGRAMETRIA COMPUTADORIZADA	
Rodrigo Luis Ferreira da Silva	
Cassius Cley Dias Xabregas	
DOI 10.22533/at.ed.0102014124	
CAPÍTULO 5.....	53
BPEL4PEOPLE ANTI-PATTERNS: DISCOVERING AUTHORIZATION CONSTRAINT ANTI-PATTERNS IN WEB SERVICES	
Henrique Jorge Amorim Holanda	
Carla Katarina de Monteiro Marques	
Francisca Aparecida Prado Pinto	
Giovanni Cordeiro Barroso	
DOI 10.22533/at.ed.0102014125	
CAPÍTULO 6.....	70
CICLOS DE VIDA DE PESQUISA COM BASE NA CIÊNCIA ABERTA	
Larissa Mariany Freiburger Pereira	
Roberto Carlos dos Santos Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.0102014126	

CAPÍTULO 7..... 80

DESENVOLVIMENTO DE ATENDIMENTO AUTOMATIZADO PARA AUXÍLIO NA GESTÃO DE PERMANÊNCIA DOS CURSOS EAD DA UNIUBE

Mateus de Sousa Valente
Rayanne Oliveira de Moura
Maurício de Souza Campos
José Roberto de Almeida
André Luis Silva de Paula

DOI 10.22533/at.ed.0102014127

CAPÍTULO 8..... 88

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PSI: UM PRONTUÁRIO ONLINE PARA PSICÓLOGOS

Raphael Ramos da Silva
Júlia de Almeida Ferreira Braga
Evelyn Mayara Paixao do Nascimento
Leydson Fernandes da Silva
Diego Silveira Costa Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.0102014128

CAPÍTULO 9..... 97

ENTENDENDO E CONCEITUALIZANDO A FORMAÇÃO DE GRUPOS DE ALTO DESEMPENHO NA APRENDIZAGEM COLABORATIVA BASEADA EM PROJETOS E METODOLOGIA ÁGEIS

Carla Fabiana Gomes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.0102014129

CAPÍTULO 10..... 111

FILTROS ÓPTICOS OTIMIZADOS POR ALGORITMOS GENÉTICOS ASSOCIADOS À LÓGICA NEBULOSA

Wilton Moreira Ferraz Junior
Carlos Henrique da Silva Santos
Marcos Sérgio Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.01020141210

CAPÍTULO 11..... 125

FROM SYSTEMS ENGINEERING TO SYSTEM DYNAMICS: A PRELIMINARY EXPLORATION OF SYSML USAGE IN SYSTEM DYNAMIC CONTEXT

Eduardo Ferreira Franco
Joaquim Rocha dos Santos
Hamilton Carvalho
Kechi Hiramã

DOI 10.22533/at.ed.01020141211

CAPÍTULO 12..... 140

INTRODUÇÃO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL NO ENSINO FUNDAMENTAL II COMO FATOR MOTIVACIONAL PARA O INGRESSO NA ÁREA

DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Jhonatas Israel da Costa Laurentino

Tatiane Alves dos Santos

Paulo Henrique de Azevedo Dantas

Flavius da Luz e Gorgônio

Amarildo Jeele Ferreira de Lucena

DOI 10.22533/at.ed.01020141212

CAPÍTULO 13..... 151

LABHOME: DESENVOLVIMENTO DE OSCILOSCÓPIO DE CÓDIGO ABERTO COM MÓDULO IOT PARA LABORATÓRIO RESIDENCIAL

Victor Takashi Hayashi

Fabio Hirotsugu Hayashi

DOI 10.22533/at.ed.01020141213

CAPÍTULO 14..... 164

OS IMPACTOS CAUSADOS NAS CRIANÇAS E ADOLESCENTES NA ERA DA INFORMAÇÃO

Jonatas Bernardes de Oliveira

Lauenia Princia Ferreira da Costa

Lucas Henrique de Castro Oliveira

Rhaellen Lorena de Jesus Gonçalves

José Roberto de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.01020141214

CAPÍTULO 15..... 171

OTIMIZAÇÃO DO COCOMO BÁSICO UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO PARA ESTIMATIVA DE ESFORÇO NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

Arielson Altino de Souza

Marco Antônio Pereira Araújo

Márcia Cristina Valle Zanetti

DOI 10.22533/at.ed.01020141215

CAPÍTULO 16..... 192

PORQUE FORMAR ENGENHEIROS OBSOLETOS - UM CASO DE ESTUDO

Cesar da Costa

DOI 10.22533/at.ed.01020141216

CAPÍTULO 17..... 197

PREDIÇÃO PARA RECOMENDAÇÃO DE FILMES COM BASE NO AGRUPAMENTO PELO CONTEÚDO DO SCRIPT

Henrique Matheus Ferreira da Silva

Rafael Silva Pereira

DOI 10.22533/at.ed.01020141217

CAPÍTULO 18..... 206

PROXMOX: UMA PROPOSTA PARA VIABILIZAÇÃO DE LABORATÓRIO VIRTUAL PARA O CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES

NO IFRO *CAMPUS* PORTO VELHO ZONA NORTE

Tiago Ramos Rodrigues

Jhordano Malacarne Bravim

DOI 10.22533/at.ed.01020141218

CAPÍTULO 19..... 221

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS: MODELAGEM COMPUTACIONAL DA PREVISÃO DE VOLUME DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

Bárbara Raquel Mendonça Rezende

Eliane da Silva Christo

Fernando Tadeu Pereira de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.01020141219

CAPÍTULO 20..... 233

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA MAPEAMENTO DE ESCOLAS: UM EXEMPLO NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Ricardo de Sampaio Dagnino

Eliseu José Weber

Douglas Wesley Pires Sarmiento

Pablo Guilherme Silveira

DOI 10.22533/at.ed.01020141220

CAPÍTULO 21..... 249

SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO: UMA VISÃO GERAL

Maria Inês Vasconcellos Furtado

José Cláudio Garcia Damaso

Lúcio Pereira de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.01020141221

CAPÍTULO 22..... 264

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS DE ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE PARA PCDV: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Sidney José Rodrigues Lima

Leonardo Alves de Sousa

Francisca Cynthia Moreira da Silva

Lucas Ferreira Mendes

DOI 10.22533/at.ed.01020141222

CAPÍTULO 23..... 279

TECNOLOGIAS DE PONTA: UMA PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO CONTEXTO DA IMPRESSÃO 4D

Wanderson de Vasconcelos Rodrigues da Silva

Renata Silva-Mann

Mayllon Veras da Silva

Matheus dos Santos Araújo Mendes

Harlykson Soares Magalhães

DOI 10.22533/at.ed.01020141223

CAPÍTULO 24..... 291
UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO NO AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DA DISCALCULIA VERBAL E PRACTOGNÓSTICA
 Arthur Costa Gorgônio
 André Felipe Gonçalves Macedo de Medeiros
 Rodrigo Valença Cavalcante Frade
 Karliane Medeiros Ovidio Vale
 Flavius da Luz e Gorgônio
DOI 10.22533/at.ed.01020141224

CAPÍTULO 25..... 297
“UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS (APPS) NO CENÁRIO DE SINDROME CORONARIAS AGUDAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA”
 Mauro Guimarães Albuquerque
 Juan Carlos Montano Pedroso
 José da Conceição Carvalho Júnior
 Matheus Rangel Marques
 Rayane Sales Roza
 Lydia Masako Ferreira
DOI 10.22533/at.ed.01020141225

SOBRE O ORGANIZADOR..... 306

ÍNDICE REMISSIVO..... 307

CAPÍTULO 10

FILTROS ÓPTICOS OTIMIZADOS POR ALGORITMOS GENÉTICOS ASSOCIADOS À LÓGICA NEBULOSA

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 28/08/2020

Wilton Moreira Ferraz Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo – IFSP
Itapetininga - SP
<http://lattes.cnpq.br/4328187599187471>

Carlos Henrique da Silva Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo – IFSP
Itapetininga - SP
<http://lattes.cnpq.br/2704773293662530>

Marcos Sérgio Gonçalves

Faculdade de Tecnologia da Universidade
Estadual de Campinas - FT/Unicamp
Limeira - SP
<http://lattes.cnpq.br/0497424493730558>

RESUMO: A combinação de simulações eletromagnéticas com técnicas de otimização heurísticas possibilita o projeto de estruturas complexas, como as requeridas por dispositivos ópticos. Assim, este trabalho apresenta a integração do método dos elementos finitos (*Finite Element Method*) - FEM associado a um Algoritmo Genético (GA) combinado com Lógica Nebulosa (Fuzzy) para o desenvolvimento de um filtro óptico destinado a sistemas DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Os resultados numéricos demonstram a eficiência na otimização, primeiro quanto a melhor convergência de 86% do GA com *Fuzzy*

contra 76% com apenas GA. Como segunda contribuição, também observa-se a redução na quantidade de iterações necessárias nas otimizações que, por consequência, reduz o tempo de processamento.

PALAVRAS-CHAVE: DWDM, Algoritmo Genético, Lógica Nebulosa, Filtro Óptico.

OPTICAL FILTERS OPTIMIZED BY GENETIC ALGORITHMS ASSOCIATED WITH FUZZY LOGIC

ABSTRACT: The combination of electromagnetic simulations with heuristic optimization techniques makes it possible to design complex structures, such as those required by optical devices. Thus, this work presents the integration of the finite element method - FEM associated with a Genetic Algorithm (AG) combined with Fuzzy Logic for the development of an optical filter for DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing systems. The numerical results demonstrate the efficiency in the optimization, first as a better convergence of 86 % of the AG with Fuzzy against 76 % with only AG. As a second contribution, there is also a reduction in the number of necessary iterations in the optimizations, which consequently reduces the processing time.

KEYWORDS: DWDM, Genetic Algorithm, Fuzzy Logic, Optical Filter.

1 | INTRODUÇÃO

A complexidade para a fabricação e desenvolvimento de novas tecnologias ópticas

associada à redução de seus custos e dimensões dos dispositivos têm demandado recursos computacionais cada vez mais sofisticados, desde as simulações até a infraestrutura experimental de validação. Para exemplificar, ao se considerar o cenário disruptivo de Internet das Coisas e as iniciativas de sua democratização por meio de tecnologias de baixo custo, são necessários meios de comunicação mais eficientes (MANIA; SANTOS; ALVARO, 2014). Neste contexto, destacam-se as fibras ópticas, por apresentarem baixo custo de fabricação e extensa largura de banda, sendo os sistemas de Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda (*Dense Wavelength Division Multiplex - DWDM*) a técnica mais empregada para otimizar a capacidade de transmissão dessas fibras (LI et al., 2018).

Os sistemas DWDM são tecnologias que permitem a transmissão de vários canais ópticos por meio de uma única fibra óptica. Ademais, com o intuito de manter a padronização dos canais ópticos, os sistemas DWDM devem atender às normas da *International Telecommunication Union* (ITU), distinguindo-os em canais de 12,5 GHz, 25 GHz, 50 GHz e 100 GHz (ITU-T, 1997) (MARANGONI; GONCALVES, 2016). Em um sistema DWDM, os filtros ópticos são dispositivos essenciais, sendo responsáveis pela seleção de um determinado canal óptico e também na atenuação de ruídos (LI et al., 2018). Contudo, é necessário considerar outros requisitos como, por exemplo, largura de banda compatível com os espaçamentos entre os canais e sua geometria (tamanho, forma e materiais) que possibilitem a fabricação de vários filtros em um único circuito óptico integrado.

Todavia, constata-se que essa é uma tarefa complexa e, usualmente, não há soluções analíticas para a abstração teórica de sua estrutura, requerendo métodos numéricos os quais possibilitem realizar análises envolvendo os campos eletromagnéticos. Nesta conjectura, observa-se que o desempenho computacional e técnicas de otimização são importantes requisitos a serem considerados. Diante desta crescente demanda, este trabalho apresenta a integração da Lógica Nebulosa (*Fuzzy*) associada a um Algoritmo Genético (*Genetic Algorithm - GA*) para a otimização desses dispositivos modelados, utilizando método dos elementos finitos. O GA é uma heurística inspirada na natureza cuja utilização em projetos de dispositivos fotônicos tem por finalidade mimetizar as relações evolutivas baseadas na Teoria da Seleção de Natural de Charles Darwin e associar a conceitos genéticos, usualmente chamados de Neo-Darwinianos (MITCHELL, 1998).

Para isso, uma estrutura de dados vetorial representa um cromossomo e cada elemento do vetor associa-se a um gene. Portanto, um conjunto de cromossomos (soluções candidatas) compõe um conjunto de soluções candidatas representadas por uma matriz. Essa matriz é modificada ao longo das iterações (gerações) por meio de operadores genéticos chamados de recombinação e mutação. A cada iteração, os cromossomos são avaliados por uma função objetivo e os melhores

são selecionados para compor a população da próxima geração. Neste trabalho, a integração da Lógica *Fuzzy* tem por objetivo auxiliar na pontuação da função objetiva que modela os filtros, visando potencializar resultados aceitáveis. Essa associação visa reduzir a quantidade de iterações necessárias à otimização e melhorar as soluções retornadas para o filtro já descrito em (MARANGONI; GONCALVES, 2016).

Este artigo apresenta na segunda seção, um breve resumo sobre FEM e, na terceira seção, alguns dos fundamentos de GA e *Fuzzy*, além da forma como foram integrados neste trabalho. A seção 4 apresenta a arquitetura do filtro óptico otimizado, enquanto a seção 5 expõe a metodologia adotada nesta pesquisa e os resultados obtidos nas otimizações realizadas. Por fim, a sexta seção apresenta as conclusões e trabalhos em andamento.

2 I MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS - FEM

O método dos elementos finitos (*Finite Element Method* - FEM) é uma técnica numérica para obter soluções de equações diferenciais parciais em domínios finitos. Ao longo do tempo, ele foi aplicado extensivamente em problemas de elasticidade e análise estrutural e, cada vez mais, a problemas de outros ramos, como dinâmica de fluidos e eletromagnetismo (JIN, 2015).

A equação de onda escalar em duas dimensões (2D) para campos eletromagnéticos no domínio da frequência, considerando que não há variação dos campos na direção x , é dada por (1).

$$S_y \frac{\partial}{\partial y} \left(p \frac{s_y}{s} \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + S_z \frac{\partial}{\partial z} \left(p \frac{s_z}{s} \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) + k_0^2 s^2 q \Phi = 0 \quad (1)$$

Onde $\phi = H_x$, $p = 1/n^2$ e $q=1$ para o campo magnético ou $\phi = E_x$, $p = 1$ e $q = n^2$ para o campo elétrico, sendo n o índice de refração e k_0 o número de onda. Com a finalidade de truncar o domínio computacional, foram utilizadas camadas de PML - Perfectly Matched Layer (KOSHIBA; TSUJI; HIKARI, 1999), sendo necessário utilizar operadores diferenciais modificados e o parâmetro s , definido em (JIN, 2015; KOSHIBA; TSUJI; HIKARI, 1999) dado por (2).

$$s = \begin{cases} 1 - j \frac{3c^2}{2\omega_0 n d} \left(\frac{\rho}{d}\right)^2 \ln\left(\frac{1}{R}\right) & \text{para regiões dentro da PML} \\ 1 & \text{para regiões fora da PML} \end{cases} \quad (2)$$

Onde ω_0 é a frequência angular, ρ é a distância do início da PML, d é a espessura da PML e R é o coeficiente teórico de reflexão (JIN, 2015; KOSHIBA; TSUJI; HIKARI, 1999). A Fig.1 ilustra um exemplo do domínio computacional utilizado nas análises. Nas PML para as regiões I, perpendiculares ao eixo y , adotou-se que $s_y = 1$ e $s_z = s$, para as regiões II perpendiculares ao eixo y , $s_y = s$ e $s_z = 1$ e para os

cantos III, $s_y = s_z = 1$. (JIN, 2015; KOSHIBA; TSUJI; HIKARI, 1999).

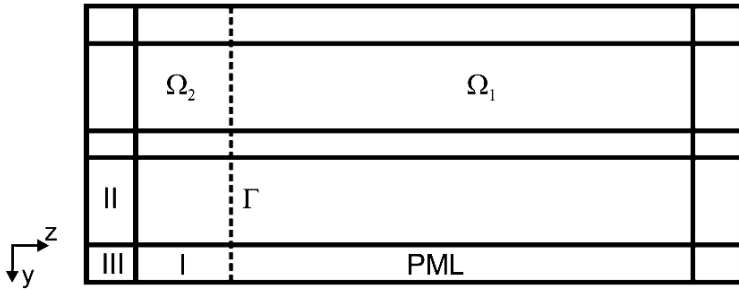


Figura 1 – Exemplo de domínio computacional

Neste trabalho, o domínio computacional Ω é encerrado por PEC ou PMC. Este domínio é dividido em dois subdomínios Ω_1 e Ω_2 , com fronteira em (plano de incidência), conforme mostrado na Fig.1 Considerando o método de Galerkin (JIN, 2015) para a discretização de (1), tem-se para o subdomínio Ω_1 em (3),

$$\iint \left\{ p \frac{s_y^2}{s} \frac{\partial \{N\}}{\partial y} \frac{\partial \Phi}{\partial y} + p \frac{s_z^2}{s} \frac{\partial \{N\}}{\partial z} \frac{\partial \Phi}{\partial z} - k_0^2 s^2 q \Phi N \right\} dydz = \int_{\Gamma} p \{N\} \frac{\partial \Phi_{in,1}}{\partial z} dy, \quad (3)$$

onde N são as funções de peso para um elemento triangular quadráticos (JIN, 2015), T é a superfície do plano de incidência. Para as regiões fora da PML, $\Phi_{in,1}$ é dado por (4). Para as regiões dentro da PML, $\Phi_{in,1} = 0$, Em (4) Φ_1 é a amplitude do campo incidente e corresponde ao modo fundamental de propagação. Aplicando (4) em (3), obtém-se (5).

$$\Phi_{in,1} = \Phi_1(y) e^{-j\beta z} \quad (4)$$

$$\iint \left\{ p \frac{s_y^2}{s} \frac{\partial \{N\}}{\partial y} \frac{\partial \Phi}{\partial y} + p \frac{s_z^2}{s} \frac{\partial \{N\}}{\partial z} \frac{\partial \Phi}{\partial z} - k_0^2 s^2 q \Phi N \right\} dydz = - \int_{\Gamma} j\beta p \{N\} \Phi_1 dy. \quad (5)$$

Para o subdomínio Ω_2 , adotando-se o campo incidente como $\Phi_{in,2} = \Phi_2(y) e^{j\beta z}$, realizando-se o mesmo procedimento feito para Ω_1 , levando-se em consideração a continuidade dos campos na fronteira (TSUJI; KOSHIBA, 2002) e expandido o campo espalhado como $\Phi = \{N\}^T \{\phi_e\}$ obtém-se o sistema matricial de equações em (6).

$$[K]\phi = [M]\{\Phi_{in}\}. \quad (6)$$

Neste caso, as matrizes elementares são descritas em (7), (8) e (9)

$$[K_e] = \iint_e \left\{ p \frac{s_y^2}{s} \frac{\partial \{N\}}{\partial y} \frac{\partial \{N\}^T}{\partial y} + p \frac{s_z^2}{s} \frac{\partial \{N\}}{\partial z} \frac{\partial \{N\}^T}{\partial z} - k_0^2 s^2 q N \{N\}^T \right\} dy dz; \quad (7)$$

$$[M_e] = \int_{\Gamma} p \{N\}_{\Gamma} \{N\}_{\Gamma}^T dy; \quad (8)$$

$$\{\Phi_{in,e}\} = -j2\beta \Phi_{\Gamma}(y). \quad (9)$$

3 I ALGORITMOS GENÉTICOS E FUZZY

Os Algoritmos Genéticos (GA) são abstrações de conceitos associados à Teoria da Seleção Natural de Darwin e à genética Mendeliana (BÄCK; FOGEL; MICHALEWICZ, 2018). O GA possui uma natureza estocástica, envolvendo um conjunto de soluções candidatas (população) para satisfazerem uma ou mais funções objetivas (fitness) (SILVA-SANTOSA et al., 2009), em que há um conjunto solução (população) que é iterada (gerações) até que uma condição de parada seja satisfeita.

Ao longo desse processo, alguns indivíduos (genes) se relacionam com outros (recombinação), formando novas soluções candidatas. Além disso, há operações de alterações aleatórias (mutações) nos atributos (alelos) de algumas dessas soluções candidatas, que associadas a recombinação, diversifica as soluções candidatas para facilitar a busca por resultados esperados. Esse processo iterativo com as soluções candidatas possui um mecanismo de armazenamento dos melhores resultados, que aqui é chamado de elitismo por associar ao contexto dos melhores indivíduos adaptados ao ambiente (espaço de busca), sendo medidos por uma função objetivo chamada de fitness (SILVA-SANTOSA et al., 2009; YU et al., 2015).

Com isso, pode-se representar o GA por meio de uma matriz P_{ga} (10), em que n é a quantidade de indivíduos na população e L , a quantidade de atributos necessários para representar cada indivíduo. Nesta aplicação, cada atributo é do tipo real de ponto flutuante duplo e seus respectivos valores representam características fenotípicas de cada um dos indivíduos que são medidas pela função objetivo (*fitness*), para se avaliar a adaptação do indivíduo ao meio (YU et al., 2015).

$$P_{ga} = \begin{bmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & P_{1,L} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & P_{2,L} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n,1} & P_{n,2} & \dots & P_{n,L} \end{bmatrix} \quad (10)$$

A manutenção e controle da diversidade dos atributos da população são tarefas complexas que requerem conhecer os operadores genéticos (mutação e

recombinação), os critérios de seleção e a definição da função objetivo (*fitness*) do problema (HERRERA; LOZANO, 1996; SCHRAUDOLPH; BELEW, 1992). Essa afirmação vem associada à demanda pela redução na quantidade das iterações nas otimizações em que há elevado consumo de memória e processamento, por conseguinte, tempo de execução computacional, para que seja calculado o *fitness* de cada indivíduo. Isso é comum em problemas de engenharia que utilizam métodos numéricos para a modelagem de novos dispositivos (FERREIRA et al., 2018).

Por essas razões, diferentes técnicas computacionais vêm sendo adaptadas e integradas ao AG para que seu desempenho seja melhorado como, por exemplo, a associação de Redes Neurais Artificiais para variar a forma de busca (FERREIRA et al., 2018), controlar a geração da população inicial com outros algoritmos como o de Abelhas (SILVA; SANTOS, 2019) ou o controle nebuloso por lógica nebulosa por conjuntos *Fuzzy* (JIMÉNEZ et al., 2015). Este último é bastante interessante e objeto de estudo neste trabalho por não requerer sofisticado poder computacional para a classificação e por proporcionar flexibilidade descritiva para pontuar regiões de interesse nas otimizações.

Os fundamentos da lógica nebulosa, conhecidos como conjuntos nebulosos (Fuzzy Sets), foram apresentados à comunidade científica por Lotfi Zadeh em 1965 (ZADEH, 1965) e permitiu reproduzir variáveis linguísticas humanas de maneira mensurável pela matemática e a execução de operações entre conjuntos (DAMOUSIS et al., 2002).

Um conjunto nebuloso é usualmente representado por: $\langle U, M, \mu_{\tilde{A}} \rangle$, $x \in X$, onde U é o universo de discurso, $\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow M$ e $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é o grau de pertinência X de x em $A - M$ número no intervalo $[0, 1]$ (KOSTIKOVA et al., 2016).

Para esse fim, inicialmente é preciso representar os valores de entrada utilizando conjuntos nebulosos. Cada conjunto é figurado por uma função de pertinência caracterizada por valores modais e eles representam a pertinência de um valor de entrada no intervalo em estudo. As funções de pertinência possuem vários formatos, sendo mais comuns o Triangular, Trapezoidal, Gaussiano e função de Bell (MAMDANI; ASSILIAN, 1993).

Neste trabalho, foram utilizadas as funções Triangular e Trapezoidal, por serem aproximações válidas para muitas funções de maior complexidade. Além disso, estes tipos de funções são relativamente simples de serem implementadas e para se ajustar seus parâmetros. Com o intuito de determinar os melhores conjuntos de valores para as funções, foram executados 3 ciclos de otimizações com diferentes parâmetros para cada função, conforme apresentado na Fig. 2.



Figura 2 – Funções de pertinência: (a) funções da primeira otimização (b) funções da segunda otimização (c) funções da terceira otimização.

Logo, com fluxo geral, o GA gera uma população inicial (conjunto de soluções candidatas) aleatoriamente e, no passo seguinte os indivíduos desta população são analisados pela função objetivo que inicialmente gera a malha com os materiais, para logo após por meio do FEM determinar o (*fitness*) de cada indivíduo, retornando o valor da função objetivo por regras matemáticas abordadas na seção 2.

Com o resultado escalar obtido pelas regras matemáticas da função objetivo, são aplicadas as regras *Fuzzy* para bonificar os indivíduos com grau de pertinência superiores a 0,6 (seria o equivalente a 60% de acoplamento) no intervalo de (*fitness*) de 0,7 a 1,0, conforme apresentado na Fig. 3. Esse processo iterativo de análise da função objetivo integrada ao *Fuzzy* é realizado em cada uma das iterações por todos os indivíduos da população.

Os conjuntos de valores da Fig. 2 (c) utilizados na terceira otimização foram os que apresentaram melhores resultados com perda de inserção de 1.3 dB. Já os conjuntos de valores utilizados na Fig. 2 (a) apresentaram perda de inserção de 2.1 dB e, por fim, os da Fig. 2 (b) apresentaram perda de inserção de 2,7 dB. Observou-se também, que, em todos os casos que a velocidade de convergência das otimizações que utilizaram o GA+*Fuzzy*, foram superiores as das que utilizaram somente o GA. Demais resultados obtidos do filtro são mostrados na seção 5.

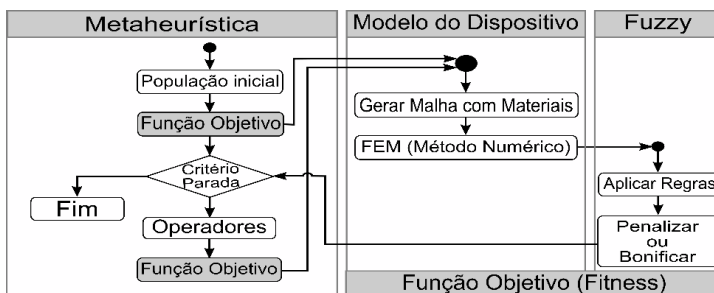


Figura 3 – Fluxograma da integração entre Método dos Elementos Finitos e GA+Fuzzy.

4 | ARQUITETURA DO FILTRO ÓPTICO

Sistemas de Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda - DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplex*) são tecnologias que permitem a transmissão de múltiplos canais ópticos em uma fibra óptica. Estes sistemas podem valer-se de diferentes tecnologias, como filtros de interferência de filmes, fibras ópticas com grade de Bragg, guias de onda planares do tipo AWG (*Arrayed Waveguide Gratings*) e ressonadores em anéis (MARANGONI; GONCALVES, 2016).

Dentre estas tecnologias, os filtros ópticos se configuram como uma opção atrativa, pois podem ser fabricados com um baixo custo, apresentam perda baixa de inserção entre 1 dB e 2 dB e boa resposta espectral para separação convencional entre canais ópticos de 100 GHz (MARANGONI; GONCALVES, 2016). Contudo, podem conter alguns aspectos indesejáveis como dimensões na ordem de centenas de micrômetros ou dificuldades no ajuste da frequência de ressonância, como ocorre nos filtros de filme fino, (CHU et al., 2012) dificultando a alta integração de vários filtros em um único circuito óptico (MARANGONI; GONCALVES, 2016).

Uma opção para o desenvolvimento de filtros ópticos em pequenas dimensões é a utilização de cristais fotônicos, que são estruturas periódicas que obedecem a uma determinada simetria e de pixels que são colunas dielétricas com raio igual $0,1044 \mu m$ e separação de $0,58 \mu m$. Estas estruturas se destacam pela presença de regiões de bandas proibidas em determinadas faixas de frequências, nas quais a onda eletromagnética não consegue se propagar. A introdução de um defeito na periodicidade é uma técnica de construção nesta estrutura, que cria modos de propagação com frequências de operação dentro da banda proibida (MARANGONI; GONCALVES, 2016; OKAMOTO, 2014).

A modelagem do filtro levou em consideração a facilidade na fabricação e baseou-se nas colunas utilizadas em estruturas de cristais fotônicos, conforme apresentado na Fig.4. Para tanto, o projeto deste filtro considerou duas microcavidades inseridas em um guia de onda contínuo. Por consequência, o dispositivo é formado por dois acopladores ópticos, por microcavidades em série e por cristais fotônicos estruturados por colunas dielétricas com índice de refração de 3,4 e raio de $0,1044 \mu m$. A simetria dos cristais é retangular com periodicidade de $0,58 \mu m$. Nestas condições, há a formação de uma região de banda proibida para os modos TE entre os comprimentos de onda de $1,3 \mu m$ até $1,93 \mu m$ (MARANGONI; ARNOLD; GONÇALVES, 2016).

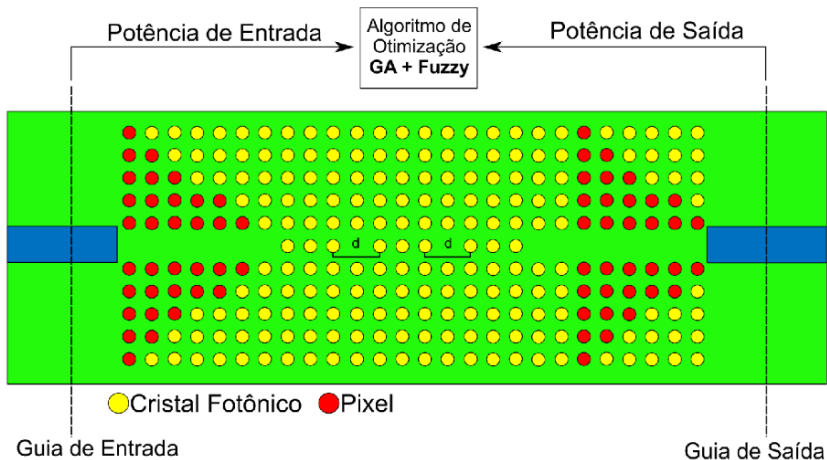


Figura 4 – Arquitetura utilizada para o projeto do filtro óptico.

Com a finalidade de se obter um guia de ondas, foi retirada uma linha de colunas dielétricas do centro da estrutura periódica.

Foram incluídas no interior deste guia de onda, conjuntos com três colunas que constituem as microcavidades ressonantes, sendo que a distância d entre os conjuntos de colunas é o que define o comprimento de onda de ressonância.

Para os acopladores com base em (MARANGONI; GONCALVES, 2016) buscou-se por soluções que maximizassem o acoplamento dos feixes ópticos, considerando-se as variações aleatórias na periodicidade das colunas dielétricas. Para isso, para cada uma das posições das colunas dielétricas foi estabelecido um conceito de pixel de projeto, com as mesmas dimensões dessas mas, considerando que seus valores de índice de refração podem ser 1,0 ou 3,4, diferente de (MARANGONI; GONCALVES, 2016) e que cada pixel poderia assumir três valores de índices de refração. Consequentemente, há uma simplificação em um eventual processo de fabricação. O valor de cada pixel será determinado no processo de otimização o qual levará em consideração o melhor acoplamento obtido e irá sobrepor a coluna dielétrica com o valor estabelecido aleatoriamente pela meta-heurística, que neste caso considera-se o GA e também o GA+Fuzzy.

5 I METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Com o propósito de encontrar a melhor solução para o problema apresentado, utilizou-se inicialmente uma integração do FEM + GA. O FEM permite verificar a propagação da onda eletromagnética no dispositivo.

No guia de onda de entrada, aplica-se o modo fundamental TE_{10} , deter-

minando a potência óptica de entrada. Depois de propagar-se pelo filtro óptico, a onda eletromagnética é acoplada no guia de onda de saída e novamente é efetuada a média da potência óptica. Ambas são enviadas ao GA+Fuzzy que efetuará a otimização dos pixels, com objetivo de maximizar o acoplamento óptico entre os guias de onda no comprimento de onda de ressonância.

Para este fim, utilizou-se uma probabilidade de recombinação de 60% e mutação de 20%, uma população inicial de 100 indivíduos e 300 gerações. A probabilidade que cada indivíduo possui para ser a solução é dada por (11):

$$P_i = \frac{P_i}{\sum_{k=1}^N P_k}, \quad (11)$$

na qual N é o número de indivíduos da população e p é a relação entre a potência óptica de saída pela potência óptica de entrada. Os dois indivíduos que apresentarem a maior probabilidade serão escolhidos para compor a próxima população. Como apresentado na Fig.5 (a) é possível notar que a eficiência de convergência do FEM e GA foi de 0,76 em uma escala de 0 a 1 enquanto a otimização FEM e GA+Fuzzy utilizando os mesmos parâmetros descritos anteriormente alcançou o resultado de 0,86. Outro fator importante a se observar é a quantidade de iterações na otimização: FEM e GA precisou de 265 para alcançar seu melhor resultado, já o FEM e GA+Fuzzy alcançou seu melhor resultado com 58 iterações.

Já a Fig.5 (b) demonstra a curva do ganho do filtro óptico em função do comprimento de onda. Conforme observado, a ressonância do filtro ocorre no comprimento de onda de 1,5687 μm , valor este compatível com a grade ITU. Neste comprimento de onda, o filtro óptico apresenta uma perda de inserção, considerando-se as perdas dos dois acopladores e das microcavidades, de 1.3 dB e uma largura de banda de 366 MHz.

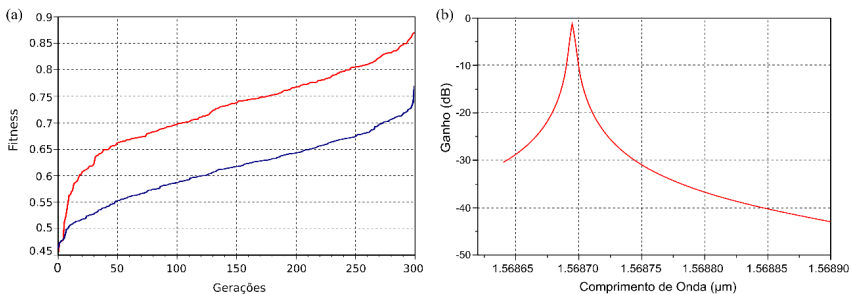


Figura 5 – (a) Comparação dos Fitness obtidos nas otimizações utilizando MEF e GA e MEF e GA+Fuzzy. (b) Ganho do filtro óptico em função do comprimento de onda para a operação no comprimento de onda de 1,5687 μm .

A Fig.6 apresenta a distribuição resultante dos pixels ao final da realização das etapas de otimizações dos acopladores de entrada e saída. A geometria do filtro óptico configura-se com três microcavidades obtida após as otimizações para $\lambda = 1,5687 \mu\text{m}$. Nessa figura, é possível verificar a distribuição dos pixels dos acopladores de entrada e saída. A distância d entre as colunas foi de $1,364 \mu\text{m}$.

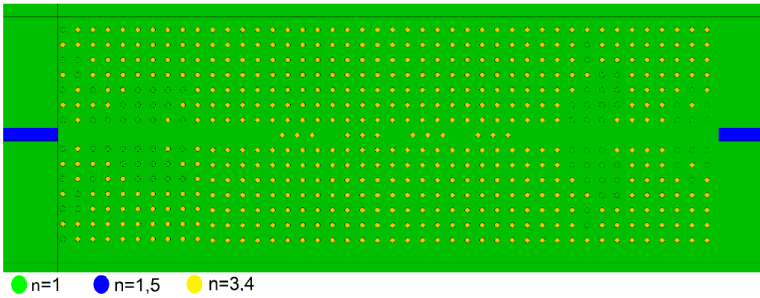


Figura 6 – Projeto do filtro óptico para o comprimento de onda de $1,5687 \mu\text{m}$.

A Fig.7 apresenta a componente x do campo elétrico no interior do filtro óptico no comprimento de onda de operação de $1,5687 \mu\text{m}$. Nesse caso, é possível verificar a ação dos acopladores nos acoplamentos entre os guias de onda contínuos e de cristais fotônicos. Observa-se, também, os elevados valores alcançados pela amplitude do campo elétrico no comprimento de onda de ressonância.

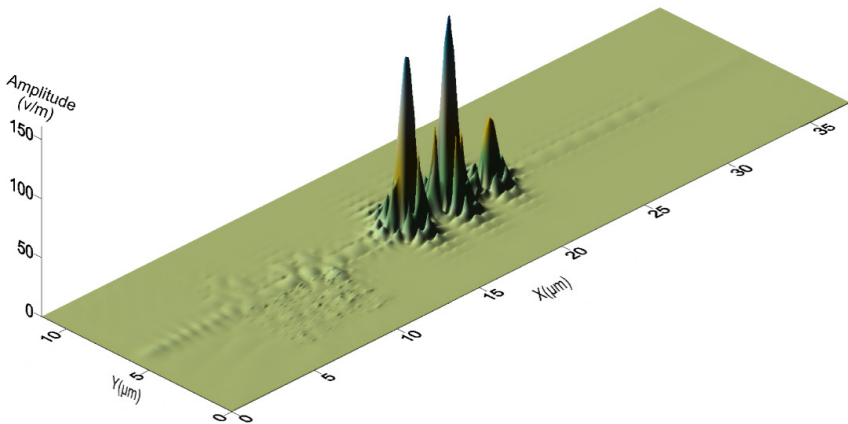


Figura 7 – Distribuição da componente x do campo elétrico no interior do filtro óptico.

6 | CONCLUSÃO

A combinação do FEM com o GA+*Fuzzy* demonstrou ser eficiente na otimização, apresentando uma taxa de convergência 86% contra 76% do FEM e GA, além de requerer menor quantidade de iterações na otimização, conforme já indicado na Fig.5(a). Esses resultados foram obtidos em três rodadas de otimizações com diferentes conjuntos para as funções de pertinência, visando-se estabelecer os melhores parâmetros para as funções.

Com isso, observou-se que todas as otimizações as quais utilizaram o GA+*Fuzzy* são computacionalmente mais eficientes, tanto no quesito de maior agilidade na convergência da solução e, conseqüente, redução nas iterações de otimização, o que demanda menor tempo de processamento. Da perspectiva física da aplicação, as otimizações utilizando GA+*Fuzzy* possibilitaram obter um filtro óptico que demonstra uma perda de potência de sinal resultante da inserção do dispositivo em uma linha de transmissão, considerando-se as perdas dos dois acopladores e da microcavidade, de 1,3 dB e uma largura de banda de 366 MHz no comprimento de onda de 1,5687 μm . Em suma, os resultados numéricos utilizando a otimização com pontuação *Fuzzy* apresentaram uma melhoria de cerca de 10% na eficiência de acoplamento do filtro; um menor tempo de processamento devido a menor quantidade de iterações do GA.

Essa equipe de pesquisa tem atuado na implementação e testes de outras heurísticas inspiradas na natureza, combinadas com *Fuzzy* para se verificar seu desempenho em diferentes otimizações de dispositivos fotônicos, visando distribuir futuramente uma ferramenta computacional gratuita à comunidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSP, campus Itapetininga, (sob o edital PRP-226/2016) e à Faculdade de Tecnologia da Unicamp pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS

BÄCK, T.; FOGEL, D. B.; MICHALEWICZ, Z. **Evolutionary computation 1: Basic algorithms and operators**. [S.l.]: CRC press, 2018.

CHU, A. et al. **Strain-induced tunability of thin dwdm thin-film filters**. Electronics letters, IET, v. 48, n. 18, p. 1141–1142, 2012.

DAMOUSIS, I. G. et al. **Combined fuzzy logic and genetic algorithm techniques – application to an electromagnetic field problem**. Fuzzy sets and systems, Elsevier, v. 129, n. 3, p. 371–386, 2002.

FERREIRA, A. da S. et al. **Towards an integrated evolutionary strategy and artificial neural network computational tool for designing photonic coupler devices.** Applied Soft Computing, Elsevier, v. 65, p. 1–11, 2018.

HERRERA, F.; LOZANO, M. **Adaptation of genetic algorithm parameters based on fuzzy logic controllers.** Genetic Algorithms and Soft Computing, Physica-Verlag Berlin, v. 8, p. 95–125, 1996.

ITU-T, R. **Series g: Transmission systems and media digital systems and networks.** Ginebra, Suíça: ITU, 1997.

JIMÉNEZ, T. et al. **An auto-tuning pid control system based on genetic algorithms to provide delay guarantees in passive optical networks.** Expert systems with applications, Elsevier, v. 42, n. 23, p. 9211–9220, 2015.

JIN, J.M. **The finite element method in electromagnetics.** [S.I.]: John Wiley & Sons, 2015.

KOSHIBA, M.; TSUJI, Y.; HIKARI, M. **Finite element beam propagation method with perfectly matched layer boundary conditions.** IEEE transactions on magnetics, IEEE, v. 35, n. 3, p. 1482–1485, 1999.

KOSTIKOVA, A. V. et al. **Expert fuzzy modeling of dynamic properties of complex systems.** ARPN J. Eng. Appl. Sci, v. 11, n. 17, p. 10601–10608, 2016.

LI, Y.-H. et al. **All-optical quantum signal demultiplexer.** arXiv preprint arXiv:1803.00206, 2018.

MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. **An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller.** In: Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems. [S.I.]: Elsevier, 1993. p. 283–289.

MANIA, F.; SANTOS, C. H. da S.; ALVARO, A. **Outlining low costs and open embedded systems for rfid in internet of things applications.** In: IEEE. 2014 IEEE Brasil RFID. [S.I.], 2014. p. 16–18.

MARANGONI, J. V.; ARNOLD, F. J.; GONÇALVES, M. S. **Proposta de um filtro Óptico para aplicações em sistemas DWDM.** sbrrt, 2016.

MARANGONI, J. V.; GONCALVES, M. S. **Numerical analysis of a novel optical filter for dwdm systems.** IEEE Latin America Transactions, IEEE, v. 14, n. 4, p.1943–1947, 2016.

MITCHELL, M. **An introduction to genetic algorithms.** [S.I.]: MIT press, 1998. OKAMOTO, K. Wavelength-division-multiplexing devices in thin soi: Advances and prospects. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE, v. 20, n. 4, p. 248–257, 2014.

SCHRAUDOLPH, N. N.; BELEW, R. K. **Dynamic parameter encoding for genetic algorithms.** Machine learning, Springer, v. 9, n. 1, p. 9–21, 1992.

SILVA, D. T. da; SANTOS, C. H. da S. **Controlando população inicial de algoritmos genéticos para a otimização de funções.** Revista Brasileira de Iniciação Científica, v. 6, n. 2, p. 68–91, 2019.

SILVA-SANTOSA, C. H. et al. **Design of photonic devices using bio-inspired algorithms**. In: IEEE. 2009 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC). [S.l.], 2009. p. 122–126.

TSUJI, Y.; KOSHIBA, M. **Finite element method using port truncation by perfectly matched layer boundary conditions for optical waveguide discontinuity problems**. Journal of lightwave technology, IEEE, v. 20, n. 3, p. 463–468, 2002.

YU, W. et al. **Application of multi-objective genetic algorithm to optimize energy efficiency and thermal comfort in building design**. Energy and Buildings, Elsevier, v. 88, p. 135–143, 2015.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets**. Information and control, Elsevier, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo genético 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 38, 109, 111, 112, 171, 172, 173, 176, 179, 182, 183, 184, 187, 188, 189

Alto desempenho 12, 97, 98, 99, 102, 106, 107, 221

Análise de sentimento 197, 198, 203

Antipadrões 53

Aplicativos 144, 149, 211, 250, 297, 298, 299, 302, 303, 304

Arduino 140, 141, 144, 148, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 163, 271

Atendimento 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 298, 301, 302

Automação 74, 192, 193, 194, 232

Automatização 80, 82, 83

Avaliação 25, 28, 29, 30, 33, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 51, 52, 72, 77, 100, 108, 146, 156, 158, 175, 178, 214, 215, 249, 253, 256, 260, 269, 271, 272, 273, 274, 276, 301, 302

C

Chatbot 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Ciência 2, 24, 26, 40, 41, 51, 52, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 83, 88, 100, 109, 111, 141, 174, 192, 207, 219, 246, 247, 264, 272, 277, 285, 286, 288, 306

Clusterização 197, 199

Código aberto 29, 72, 151, 152, 153, 156, 207

Computação 2, 21, 24, 26, 29, 38, 39, 83, 98, 99, 141, 142, 143, 144, 146, 149, 150, 174, 175, 193, 197, 223, 234, 236, 245, 272, 277, 279, 304, 306

Controle 3, 53, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 115, 116, 152, 168, 192, 194, 207, 226, 232, 266

D

Deficiência visual 264, 265, 266, 268, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278

Digital 52, 95, 123, 147, 149, 151, 155, 156, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192, 193, 194, 204, 239, 240, 245, 246, 268, 269, 270, 278

Discalculia 291, 292, 293, 294, 295, 296

E

Educação 53, 72, 82, 88, 97, 98, 102, 105, 108, 110, 111, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 149, 150, 163, 192, 196, 207, 219, 220, 233, 236, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 247, 264, 277, 291, 292, 293, 295, 296, 303, 304, 305, 306

Eletrônica 140, 144, 151, 152, 153, 156, 162, 163, 194, 195, 271, 272, 274, 277

Eletrônicos 90, 95, 147, 148, 164, 165, 167, 169, 170, 194, 195

Engenharia de software 53, 91, 98, 99, 171, 172, 173, 189, 277, 306

Ensino 1, 10, 80, 82, 100, 102, 106, 110, 140, 142, 143, 147, 148, 150, 151, 152, 163, 167, 192, 194, 207, 208, 220, 233, 236, 239, 240, 241, 245, 246, 247, 276, 295, 303

Estimativa de esforço 171, 172, 173, 175, 176, 182, 184, 185, 189

F

Filtragem colaborativa 249, 250, 252, 253, 254, 255, 257

Filtro óptico 111, 113, 118, 119, 120, 121, 122

Fotogrametria 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 51

H

Hardware 28, 151, 152, 153, 163, 193, 195, 206, 207, 208, 209, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 236, 271, 272, 273, 294

I

Indústria 4.0 192, 193

Informação 26, 32, 71, 80, 81, 82, 86, 100, 140, 142, 143, 164, 165, 166, 179, 180, 183, 184, 193, 223, 227, 233, 234, 235, 236, 239, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 262, 274, 298, 303, 306

Interface 49, 50, 57, 59, 80, 81, 83, 86, 93, 133, 151, 153, 160, 161, 208, 210, 214, 215, 216, 217, 218, 270, 278, 296, 304

Internet 80, 81, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 112, 123, 142, 144, 151, 152, 153, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192, 193, 233, 234, 242, 243, 244, 249, 250, 272, 305

Internet das coisas 112, 144, 151, 156, 192, 193, 272

J

Jogos sérios 291, 295, 296

L

LaTeX 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11

Lógica nebulosa 111, 112, 116

Logística 21, 22, 26, 38, 232

M

Manufatura aditiva 279, 288

Mapa conceitual 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108

Mapeamento sistemático 99, 279, 280, 283
MATLAB 221, 222, 224, 227, 228, 229, 230, 232
Metodologia ágil 97
Métricas de avaliação 249, 260
Mobilidade 24, 88, 245, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 273, 275, 276, 277, 302
Modelagem 12, 15, 16, 116, 118, 125, 221
Modelo 3, 14, 15, 16, 18, 19, 28, 52, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 91, 92, 96, 102, 125, 149, 171, 172, 176, 182, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 221, 223, 224, 227, 255

O

Organização 80, 81, 83, 86, 88, 89, 95, 97, 100, 101, 144, 153, 265, 283
Orientação 43, 75, 168, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278

P

Pensamento computacional 140, 141, 142, 143, 144, 149
Programação 1, 10, 17, 27, 28, 93, 96, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 195, 207, 268, 306
Projeto 4D 279
Prontuários 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96

Q

Qualidade 1, 2, 10, 21, 22, 51, 53, 81, 82, 83, 87, 91, 152, 155, 172, 173, 178, 211, 229, 239, 245, 246, 260, 261, 265, 269, 298

R

Redes de computadores 206, 207, 208, 209, 212, 213, 218, 220
Redes neurais artificiais 116, 221, 222, 223, 231, 232

S

Segurança 91, 95, 164, 168, 170, 189, 193, 208, 223, 226, 276
Simulação 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 35, 92, 153, 213, 281
Sistema de informação geográfica 233, 239, 247
Sistemas baseado em conteúdo 249
Sistemas de recomendação 197, 203, 249, 250, 252, 254, 255, 257, 260, 261, 262
Sistemas híbridos 249
Software 1, 2, 10, 13, 15, 17, 18, 28, 29, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 68, 69, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 98, 99, 108, 126, 127, 128, 129, 138, 151,

152, 153, 163, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 184, 185, 189, 190, 191, 193, 204, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 218, 221, 222, 227, 228, 229, 230, 236, 262, 267, 271, 272, 273, 277, 294, 295, 306

T

Tecnologia da informação 86, 140, 142, 143, 165, 274, 306

Tecnologias assistivas 264, 265, 266, 268, 270, 275, 277

Transtornos de aprendizagem 291, 292

V

Virtualização 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 220

W

Web 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 88, 90, 153, 154, 155, 160, 161, 208, 210, 236, 240, 247, 272, 274, 277, 283

Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 