

# TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



ERNANE ROSA MARTINS  
(ORGANIZADOR)

 **Atena**  
Editora

Ano 2020

# TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



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

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

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

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Prof<sup>a</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>a</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Tecnologias, métodos e teorias na engenharia de computação 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Ernane Rosa Martins

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255	Tecnologias, métodos e teorias na 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 978-65-5706-945-5 DOI 10.22533/at.ed.455211604  1. Engenharia de 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

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. Assim, este segundo volume busca apresentar a matemática e a computação com foco no desenvolvimento de soluções de software e na solução de problemas de Engenharia.

Dentro deste contexto, esta obra apresenta diversos aspectos tecnológicos computacionais, tais como: um software que reúna informações científicas sobre vacinas e doenças imunopreveníveis de forma lúdica; um modelo preditivo com objetivo de identificar a correlação entre o valor predito e o preço de fechamento das ações listadas na bolsa de valores brasileira; ensino de programação para crianças; o algoritmo genético e o método da evolução diferencial; uma modelagem matemática para o cenário de um ciclo de desenvolvimento do Scrum; simulações computacionais; um sistema háptico sonoro para auxiliar a navegação e locomoção de deficientes visuais em ambientes fechados; uma solução ótima de despacho de geração de energia elétrica para 4 usinas térmicas, através de simulação no software MATLAB; uma rede neural perceptron multicamadas para previsão de séries temporais de nível de água de uma bacia hidrográfica; uma rede neural artificial (Multilayer Perceptron) para a classificação de perfis de passageiros no setor aéreo brasileiro; um modelo de aprendizado de máquina que combina diferentes técnicas de regressão; a complexidade na inteligência artificial dos mascotes virtuais.

Sendo assim, esta obra é composta por trabalhos pertinentes da área, que permitem aos leitores, analisar e discutir assuntos importantes. Por fim, agradecemos aos autores pelas significativas contribuições, e desejamos aos nossos leitores uma excelente leitura, repleta de reflexões significativas.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **VACINA.COM: A SOFTWARE FOR TEACHING AND PROFESSIONAL UPDATING ABOUT VACCINES AND IMMUNO-PREVENTABLE DISEASES**

Paôla de Oliveira Souza  
José Maria Parente de Oliveira  
Letícia Helena Januário  
Daniel Moraes dos Reis  
Paula Luciana Gonçalves Pereira  
André Almeida Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.4552116041**

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **UMA ANÁLISE DE VANTAJOSIDADE EM MODELOS DE PREVISÃO EM SÉRIES TEMPORAIS**

Rafael Diniz Toscano de Lima  
Sérgio Murilo Maciel Fernandes  
Sidney Marlon Lopes de Lima  
Ricardo Paranhos Pinheiro  
Sthéfano Henrique Mendes Tavares Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4552116042**

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **SENTECH: UM COMBINADOR DE ANÁLISE TÉCNICA E DE SENTIMENTO PARA O MERCADO DE AÇÕES**

Isabela Nunes Caetano  
Érica Ferreira de Souza  
Giovani Volnei Meinerz

**DOI 10.22533/at.ed.4552116043**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **PROGRAMAÇÃO DE JOGOS COM SCRATCH PARA AUXÍLIO À ALFABETIZAÇÃO DE CRIANÇAS**

Rute Vitorino Oliveira  
Jemima Vitorino de Oliveira  
Luciene Cavalcanti Rodrigues  
Ana Paula Garrido de Queiroga

**DOI 10.22533/at.ed.4552116044**

### **CAPÍTULO 5..... 46**

#### **OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA DAS PÁS DE UMA TURBINA EÓLICA DE EIXO HORIZONTAL**

Rafael Romão da Silva Melo

**DOI 10.22533/at.ed.4552116045**

**CAPÍTULO 6..... 59**

**OTIMIZAÇÃO DO SPRINT BACKLOG COM O PROBLEMA DA MOCHILA 0/1**

Michel Willian Alves  
Elisa de Fátima Andrade Soares  
Thalia Katiane Sampaio Gurgel  
José Weliton de Vasconcelos Filho  
Dario José Aloise

**DOI 10.22533/at.ed.4552116046**

**CAPÍTULO 7..... 68**

**MODELOS EPIDÊMICOS: PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA COVID-19**

Vinícius R. da Silva  
Felipe Y. Hatanaka  
Olavo H. Menin

**DOI 10.22533/at.ed.4552116047**

**CAPÍTULO 8..... 78**

**GUIDE2BLIND: SISTEMA HÁPTICO-SONORO DE ORIENTAÇÃO PARA DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES FECHADOS - FASE 2**

Lucas Rafael da Silva Martins  
Mikael Tolotti da Silva  
Bernardo Moreira  
Diego Afonso da Silva Lima  
Carlos Francisco Soares de Souza  
Luis Gustavo Fernandes dos Santos  
Carlos Arthur Carvalho Sarmanho Junior

**DOI 10.22533/at.ed.4552116048**

**CAPÍTULO 9..... 96**

**DESPACHO DE GERAÇÃO ÓTIMA ATRAVÉS DO MÉTODO DOS PONTOS INTERIORES VERSÃO PRIMAL-DUAL**

Jean Ferguson Pimentel  
João Vitor Gerevini Kasper  
Juliana Almansa Malagoli  
Thelma Solange Piazza Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.4552116049**

**CAPÍTULO 10..... 105**

**COMBINING RAINFALL AND WATER LEVEL DATA FOR MULTISTEP HIGH TEMPORAL RESOLUTION EMPIRICAL HYDROLOGICAL FORECASTING**

Cintia Pereira de Freitas  
Michael Macedo Diniz  
Glauston Roberto Teixeira de Lima  
Marcos Gonçalves Quiles  
Stephan Stephany  
Leonardo Bacelar Lima Santos

**DOI 10.22533/at.ed.45521160410**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>118</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO DE PASSAGEIROS DOMÉSTICOS DE LINHAS AÉREAS UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS DO TIPO MLP</b>	
Sidnei Gouveia Junior	
Narciso Ferreira dos Santos Neto	
Nilton Alves Maia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>129</b>
<b>APRENDIZADO CONJUNTO APLICADO NA PREDIÇÃO DO MERCADO DE AÇÕES BRASILEIRO</b>	
Alvaro Pedroso Queiroz	
Giovani Volnei Meinerz	
Érica Ferreira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>138</b>
<b>INFORMATIZAÇÃO DE PROCESSOS GERENCIAIS EM UM SETOR DE ASSISTÊNCIA ESTUDANTIL: ESTUDO DE CASO NO IFMG – CAMPUS BAMBUÍ</b>	
Eduardo Cardoso Melo	
Gabriel da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>151</b>
<b>A SIMULAÇÃO DE EMOÇÕES EM JOGOS DIGITAIS</b>	
Pedro Henrique Senkio Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45521160414</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>158</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>159</b>

## DESPACHO DE GERAÇÃO ÓTIMA ATRAVÉS DO MÉTODO DOS PONTOS INTERIORES VERSÃO PRIMAL-DUAL

Data de aceite: 01/04/2021

### Jean Ferguson Pimentel

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3417083536054492>

### João Vitor Gerevini Kasper

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1192062840173129>

### Juliana Almansa Malagoli

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6153426592290224>

### Thelma Solange Piazza Fernandes

Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5939715471342143>

**RESUMO:** O conhecimento da técnica de otimização através do Método dos Pontos Interiores versão Primal-Dual é de grande importância para solucionar problemas aplicados ao sistema elétrico de potência. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma solução ótima de despacho de geração de energia elétrica para 4 usinas térmicas, através de simulação no software MATLAB. Além disso,

o intuito é minimizar o custo de produção, minimizar as perdas e considerar em dado momento a alteração de limite de geração em um das unidades geradoras. Os resultados mostram as análises do despacho de geração, ademais, configura-se como um interessante tema de pesquisa, já que está relacionado ao sistema elétrico de potência com redução de custos e perdas em usinas térmicas.

**PALAVRAS - CHAVE:** Método Numéricos, Método dos Pontos Interiores, Otimização, Sistemas Elétricos de Potência.

### DISPATCH IN OPTIMUM GENERATION THROUGH OF INTERIOR POINTS METHOD PRIMAL-DUAL VERSION

**ABSTRACT:** The knowledge of the optimization technique through the Interior Point Method Primal-Dual version is of great importance to solve problems applied to the electric power system. In this context, the present paper aims to present an optimal solution for dispatching electricity generation for 4 plants thermal, through simulation in MATLAB software. In addition, the aim is to minimize the cost of production, minimize losses and at any given time consider changing the generation limit at one of the generating units. The results show the analysis of the generation dispatch, in addition, it is configured as an interesting research topic, since it is related to the electric power system with cost reduction and losses in thermal plants.

**KEYWORDS:** Numerical Method, Interior Point Method, Optimization, Electric Power Systems.

## 1 | INTRODUÇÃO

A energia elétrica proporciona segurança, conforto, informação e lazer para uma sociedade. Sendo então, um extraordinário indicador de desenvolvimento social e humano que nos dias atuais já faz parte da realidade da maioria das casas brasileiras. Dessa forma, a usina térmica é exclusivamente de um sistema que corresponde as somas das energias cinéticas, pelo efeito de sua temperatura (Souza, 2019), (Liu *et al.*, 2019).

O planejamento de operações do sistema elétrico de potência é um conjunto de procedimentos que usa métodos numéricos para a representação dos sistemas. Neste cenário, avalia-se os comportamentos e as alternativas para garantir o fornecimento de energia. Além disso, analisa-se os custos de operação e a solução mais econômica. Portanto, destaca-se por uma operação ótima do sistema (Rodrigues, 2007).

Dessa maneira, busca-se por aplicações de técnicas que proporcione a ótima solução para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Ademais, visa sempre a melhor relação custo/benefício. Sendo assim, o uso do método dos Pontos Interiores versão Primal-Dual auxilia na busca de um despacho ótimo de geração e a redução de perdas (Probst e Oliveira, 2013). Assim, evita os desperdícios e proporciona a redução de custos.

Nesse contexto, evidencia-se a relevância cada vez maior da prestação de serviços ancilares aos sistemas de energia. A partir deles, garante-se não apenas o atendimento apropriado da demanda da carga por meio da geração e transmissão de energia, como também a estabilidade e segurança da rede (Oliveira *et al.*, 2003), (Yamagutti, 2019) e (Souza, 2019).

O presente trabalho tem por objetivo minimizar o custo de produção de energia elétrica através da otimização da distribuição da produção entre os geradores e da utilização eficiente dos recursos energéticos. Portanto, realiza-se o despacho econômico, que é o estudo da alocação ótima de uma demanda entre unidades geradoras de usinas térmicas.

Este artigo, organiza-se em 5 seções, as quais seguem os seguintes tópicos: a seção 2 apresenta o método de pontos interiores versão primal-dual, a seção 3 explana sobre a metodologia adotada, a seção 4 é designada aos resultados e discussões e por fim, a seção 5 descreve as considerações finais.

## 2 | TÉCNICA DE OTIMIZAÇÃO DE PONTOS INTERIORES VERSÃO PRIMAL-DUAL

O método de pontos interiores primal-dual é desenvolvido através do método de Newton, às condições de otimalidade desconsiderando-se as restrições de não-negatividade e incluindo uma perturbação nas condições de complementaridade. O método parte de um ponto estritamente positivo e não permite que as variáveis se tornem negativas (Oliveira *et al.*, 2003), (Probst e Oliveira, 2013).



Neste trabalho, pretende-se desenvolver um programa computacional que minimize o custo de geração e as perdas elétricas através da Técnica de Otimização de Pontos Interiores versão Primal-Dual. Tendo como objetivo atender uma carga demandada de 400 MW, através de quatro usinas térmicas geradoras que tem seus custos e capacidade de geração apresentadas na Tabela 1.

Produtor	Custo [\$/h]	Capacidade [MW]
1	$C_1(Pg_1) = 140 + 80Pg_2 + 9.10^{-3} Pg_2^2$	$0 \leq Pg_1 \leq 400$
2	$C_2(Pg_2) = 100 + 90 Pg_3 + 8.10^{-3} Pg_3^2$	$10 \leq Pg_2 \leq 400$
3	$C_3(Pg_3) = 90 + 70 Pg_3 + 8.10^{-3} Pg_3^2$	$0 \leq Pg_3 \leq 400$
4	$C_4(Pg_4) = 100 + 80 Pg_4 + 0.10^{-3}.Pg_4$	$0 \leq Pg_4 \leq 300$

Tabela 1: Custos de geração e capacidades de geração.

Onde:  $Pg$  é a potência gerada de cada usina (MW);  $C$  é o custo de geração por unidade de energia elétrica. A perda de potência ativa é expressa pela Equação (1).

$$Pl(\mathbf{Pg}) = \text{diag}(Pg) \cdot \mathbf{Bloss} \cdot \mathbf{Pg} \quad (1)$$

Sendo, que  $Pl$  é perda de potência ativa nas linhas;  $\mathbf{Bloss}$  é uma matriz ( $ng \times ng$ ) que relaciona as perdas por barra de geração:

$$\mathbf{Bloss} = \begin{bmatrix} 2 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} & 0 & 1 \times 10^{-4} \\ 1 \times 10^{-4} & 2 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} \\ 0 & 1 \times 10^{-4} & 2 \times 10^{-4} & 1 \times 10^{-4} \\ 0 & 1 \times 10^{-4} & 2 \times 10^{-4} & 3 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

O objetivo do problema é obter os valores de  $Pg_1$ ,  $Pg_2$ ,  $Pg_3$  e  $Pg_4$  que atenda a carga demandada de 400 MW para as seguintes condições:

(i) Função objetivo que minimiza custo de produção:

$$\text{Min } C(\mathbf{Pg}) = \mathbf{Pg}' \mathbf{QPg} + \mathbf{b}' \mathbf{Pg} + co \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{ng} Pg_i - Pd - Pl(\mathbf{Pg}) = 0 \quad (3)$$

$$Pg \text{ min} \leq Pg \leq Pg \text{ max} \quad (4)$$

Em que:

(2) Define o valor dos custos de geração de potência ativa de cada unidade;

(3) Define a potência gerada pelas usinas deve ser capaz de atender a carga e as perdas;

(4) Define as equações de restrições operativas que cada máquina deve obedecer.

(ii) Função objetivo que minimiza as perdas elétricas:

$$C(Pg) = \mathbf{u}^t Pg$$

$$\sum_{i=1}^{ng} Pg_i - Pd - Pl(\mathbf{Pg}) = 0 \quad (6)$$

$$Pg_{\min} \leq Pg \leq Pg_{\max} \quad (7)$$

Em que:

(5) Define a nova função objetivo do problema que será a somada das potências geradas;

(6) Define que a potência gerada pelas usinas deve ser capaz de atender a carga e as perdas;

(7) Define as equações de restrições operativas que cada máquina deve obedecer.

Além disso, destaca-se a definição de outros parâmetros:  $\mathbf{Q}$  é a matriz diagonal com coeficientes quadráticos de custo;  $\mathbf{b}$  é o vetor de coeficientes lineares de custo;  $co$  é a constante de custo;  $Pd$  é o vetor de cargas nas  $nb$  barras;  $\mathbf{u}$  é o vetor unitário.

Após encontrar os valores de  $Pg_1$ ,  $Pg_2$ ,  $Pg_3$  e  $Pg_4$  para as condições, supõe-se uma alteração na capacidade máxima de geração da usina 3 para um valor de 100 MW e encontra-se novamente os valores  $Pg_1$ ,  $Pg_2$ ,  $Pg_3$  e  $Pg_4$  nessas condições, através das funções objetivo (i) e (ii).

### 3 I METODOLOGIA

Para obter a solução ótima do problema, faz-se necessário a montagem da Função Lagrangeana do problema de otimização, onde são consideradas as Equações de custo de cada usina conforme Equação (8).

$$L(\mathbf{Pg}, \lambda, \boldsymbol{\pi}) = \mathbf{Pg}' \mathbf{Q} \mathbf{Pg} + \mathbf{b}' \mathbf{Pg} + co - \mu \sum_{i=1}^{ng} [\ln(\mathbf{smin}_i) + \ln(\mathbf{smax}_i)] + \lambda \cdot [Pd - \sum_{i=1}^{ng} (Pg_i)] + \boldsymbol{\pi} \mathbf{max}' \cdot (\mathbf{Pg} - \mathbf{Pgmax} + \mathbf{smax}) + \boldsymbol{\pi} \mathbf{min}' \cdot (-\mathbf{Pg} + \mathbf{Pgmin} + \mathbf{smin}) \quad (8)$$

As variáveis **Pg**, **smin** e **smax** são as variáveis primal do problema e as variáveis  $\lambda$ , **mmax** e **mmin** são as duais. Tendo a função Lagrangeana do problema, aplicou-se as condições de otimalidade de Karush-Kuhn-Tuck que consiste na primeira derivada:

$$\nabla_{\mathbf{Pg}} L = 2 \cdot \mathbf{Q} \mathbf{Pg} + \mathbf{b} - \lambda \cdot [\mathbf{e}] - \boldsymbol{\pi}_{min} + \boldsymbol{\pi}_{max} = 0 \quad (9)$$

$$\nabla_{\lambda} L = \mathbf{Pd} - \sum_{i=1}^{ng} (Pgi) = 0 \quad (10)$$

$$\nabla_{\boldsymbol{\pi}_{max}} L = \mathbf{Pg} - \mathbf{Pg}_{max} + \mathbf{s}_{max} = 0 \quad (11)$$

$$\nabla_{\boldsymbol{\pi}_{min}} L = -\mathbf{Pg} + \mathbf{Pg}_{min} + \mathbf{s}_{min} = 0 \quad (12)$$

$$\nabla_{\mathbf{s}_{max}} L = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{e} + \mathbf{s}_{max} \cdot \boldsymbol{\pi}_{max} = 0 \quad (13)$$

$$\nabla_{\mathbf{s}_{min}} L = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{e} + \mathbf{s}_{min} \cdot \boldsymbol{\pi}_{min} = 0 \quad (14)$$

Após isso, aplicou-se o método de Newton, supondo uma função  $f(z)$ , que deseja encontrar o ótimo da função partindo de um ponto inicial  $\mathbf{Z}^K$ , em direção de  $\Delta \mathbf{Z}$ . Assim,

$$\Delta \mathbf{Z}^K = - \left[ W(\mathbf{Z}^K) \right]^{-1} * f(\mathbf{Z}^K) \quad (15)$$

Sendo, que a cada iteração  $k=k+1$  atualiza  $\mathbf{Z}^k$  conforme Equação (16).

$$\mathbf{Z}^{K+1} = \mathbf{Z}^K + \Delta \mathbf{Z}^K \quad (16)$$

Onde:  $W$  é a matriz Hessiana, com a seguinte estrutura:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 2\mathbf{Q} & -\mathbf{e} & \text{diag}(\mathbf{e}) & -\text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ [-\mathbf{e}]^t & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} \\ -\text{diag}(\mathbf{e}) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \text{diag}(\mathbf{e}) \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Smax} & \mathbf{0} & \boldsymbol{\Pi} \max & \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Smin} & & \boldsymbol{\Pi} \min \end{bmatrix}$$

Com isso, a cada iteração o sistema de equações a serem resolvidos é:

$$\mathbf{W} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{Pg} \\ \Delta \lambda \\ \Delta \pi_{\max} \\ \Delta \pi_{\min} \\ \Delta s_{\max} \\ \Delta s_{\min} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \Delta_{p_g} L \\ \Delta \lambda L \\ \Delta_{\pi_{\max}} L \\ \Delta_{\pi_{\min}} L \\ \Delta_{s_{\max}} L \\ \Delta_{s_{\min}} L \end{bmatrix}$$

A cada iteração, o sistema linear é resolvido, sendo a próxima etapa a determinação do comprimento do passo nos espaços primal e dual. De modo que, as variáveis de folga **smin**, **smax** sejam todas  $\geq 0$  e os multiplicadores de Lagrange sejam:  $\pi_{\min} \geq 0$ ,  $\pi_{\max} \geq 0$ . Após cada iteração, deve-se recalculer o parâmetro barreira  $\mu$ , conforme Equação (17).

$$\mu = \frac{\mathbf{s}^t \boldsymbol{\pi}}{2 \cdot \mathbf{I} \cdot \beta} \quad (17)$$

Resumidamente, o algoritmo para resolução do problema consiste em:

1. Escolha  $\mu_0$ , valores iniciais para variáveis primais e duais. Faça  $k = 0$ ;
2. Calcule o valor das condições de otimalidade (cálculo de  $\nabla z L$ );
3. Se (norma infinita de  $\nabla_z L$ )  $< tol = 10^{-6}$ , FIM, a solução é  $\mathbf{Z}^k$ .
4. Caso contrário, faça  $k = k + 1$  e vá ao Passo 4;
5. Resolução do Sistema Linear:  $\mathbf{W}^k \cdot \Delta \mathbf{Z}^k = \nabla_z L$ ;
6. Atualize todas as variáveis.
7. Atualize o parâmetro barreira  $\mu$  e retorne para o passo 2.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O método proposto foi implementado no *software* computacional (MATLAB) visando testar as contingências e as alterações no problema de otimização proposto. Visando obter o resultado ótimo para o despacho de geração das 4 usinas térmicas, nos quais os custos e as perdas serão minimizados através do método dos Pontos Interiores versão Primal-Dual.

Além disso, destacam-se os estudos desenvolvidos neste trabalho:

- Caso I: a função objetivo é minimizar o custo de geração, o despacho atende uma carga de 400 MW, as perdas e os limites operativos são apresentados na

Tabela I;

- Caso II: o limite máximo da máquina 3 foi alterado de 400 MW para 100 MW, usando a mesma função objetivo anterior;
- Caso III: a função objetivo é minimizar as perdas, o despacho atende uma carga de 400 MW, as perdas e os limites operativos são apresentados na Tabela I;
- Caso IV, o limite máximo da máquina 3 foi alterado de 400 MW para 100 MW, usando a mesma função objetivo anterior.

Os valores de despacho encontrados bem como os valores de custos e das perdas para o caso I e II são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

<b>Usina</b>	<b>Geração</b>
<i>Pg<sub>1</sub></i>	104,391 MW
<i>Pg<sub>2</sub></i>	10 MW
<i>Pg<sub>3</sub></i>	307,549 MW
<i>Pg<sub>4</sub></i>	0 MW
<b>Custo de operação</b>	<b>126.971,337 \$MW/h</b>
<b>Perdas</b>	<b>21,940 MW</b>
<b>Fator de aceleração</b>	<b>1,15</b>

Tabela 2 – Custo de operação minimizado para o Caso I.

<b>Usina</b>	<b>Geração</b>
<i>Pg<sub>1</sub></i>	203,709 MW
<i>Pg<sub>2</sub></i>	10,017 MW
<i>Pg<sub>3</sub></i>	202,891 MW
<i>Pg<sub>4</sub></i>	0,816 MW
<b>Perdas</b>	<b>17,435 MW</b>
<b>Fator de aceleração</b>	<b>1,15</b>

Tabela 3 – Perdas minimizada para o Caso II.

A alteração do limite máximo da máquina 3, provocou uma redistribuição de potência ativa entre as unidades geradoras. Com isso, o custo aumentou em relação ao caso anterior, já as perdas sofreram uma queda significativa de valor, em torno de 2 MW.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados encontrados para os casos III e IV, mas sem o custo, visto que a função objetivo usada para esses casos é a minimização das perdas.

<b>Usina</b>	<b>Geração</b>
$Pg_1$	206,535 MW
$Pg_2$	10 MW
$Pg_3$	100 MW
$Pg_4$	103,264 MW
<b>Custo de operação</b>	<b>133.024,906 \$MW/h</b>
<b>Perdas</b>	<b>19,800 MW</b>
<b>Fator de aceleração</b>	<b>1,15</b>

Tabela 4 – Custo de operação minimizado para o Caso III.

<b>Usina</b>	<b>Geração</b>
$Pg_1$	209,5493 MW
$Pg_2$	73,080 MW
$Pg_3$	99,965 MW
$Pg_4$	36,573 MW
<b>Perdas</b>	<b>19,171 MW</b>
<b>Fator de aceleração</b>	<b>1,1</b>

Tabela 5 – Perdas minimizada para o Caso IV.

A alteração da função objetivo para os casos III e IV em ambos os casos, tornou-se as perdas para as duas últimas contingências menores, quando comparadas aos casos I e II. No caso I em relação ao custo do caso III, teve uma redução de aproximadamente 22% nas perdas e na comparação com o caso IV essa redução foi de aproximadamente 4%. Nota-se, que a alteração do limite máximo de geração da máquina 3 prejudicou o valor da função objetivo.

## 5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos na área de Sistemas Elétricos de Potência (SEP) estão inteiramente condicionados a restrições operativas, apenas o cálculo do estado da rede, obtido através da solução de fluxo de carga, muitas vezes não é suficiente para encontrar um ponto operativo que atenda todas as restrições do problema. Com isso, problemas de otimização mais complexos tem sido elaborados buscando modelar os fenômenos existentes no SEP de forma mais coerente.

A aplicação do método dos Pontos Interiores na versão Primal-Dual tem importância significativa no Sistema Elétrico de Potência. Neste trabalho, foi possível notar essa relevância uma vez que as alterações apresentadas para o problema, mostraram-se de

forma objetiva e direta os impactos nos custos de produção e nas perdas do sistema. Além disso, através da aplicação do método com o auxílio de um *software*, nota-se que a usina 4 tem um custo maior de produção. Porém, tem uma perda menor, já a usina 3 tem um custo de operação menor, fatos que só foram comprovados após a aplicação do método.

## REFERÊNCIAS

Liu, W. J.; Chi, M.; Liu, Z. W.; Guan, Z. H.; Chen, J.; Xiao, J. W. (2019). "***Distributed optimal active power dispatch with energy storage units and power flow limits in smart grids***", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 105, 2019, Pages 420-428, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.07.060>.

Oliveira, A. R. L.; Soares, S.; and Nepomuceno, L. (2003). "***Optimal active power dispatch combining network flow and interior point approaches***", in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 18, no. 4, pp. 1235-1240, Nov. 2003, doi: 10.1109/TPWRS.2003.814851.

Probst, R. W.; Oliveira, A. R. L. (2013). "***Métodos de pontos interiores aplicados ao problema de pré-despacho de um sistema hidrotérmico***", Revista eletrônica pesquisa operacional para o desenvolvimento, V. 5, n.1, p. 14-30, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

Rodrigues, N. M. (2007). "***Um algoritmo cultural para problemas de despacho de energia elétrica***," Dissertação de Mestrado, Dept. Computação. Ciência da Comp., Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil.

Souza, V. M. (2019). "***Pré-Despacho Ótimo da Geração Distribuída para Melhoria da Operação de Redes de Distribuição com Presença de Reguladores de Tensão no Modo Bidirecional***", Dissertação de Mestrado, Dept. Eng. Elet. Eng. Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.

Yamagutti, L. C. (2019). "***Despacho ótimo de geração e controle de potência reativa no sistema elétrico de potência***", Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira-SP, Brasil.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alfabetização 6, 34, 35, 36, 37, 38, 44, 45

Algoritmo Genético 5, 18, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57

Algoritmos 17, 19, 70, 130, 132, 151

Android 4, 79, 82, 87, 88, 89, 94

Aprendizado do computador 129

Aprendizagem 34, 35, 36, 38, 45, 69, 76, 124, 127

### C

Classificação 5, 8, 18, 24, 118, 120, 125, 126, 127

Computador 24, 80, 129

Correlação 5, 24, 25, 30, 31, 32, 80

### D

Dados 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 34, 46, 47, 51, 53, 56, 63, 71, 80, 81, 83, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 105, 106, 118, 119, 120, 121, 122, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 158

### E

Educação 1, 35, 36, 37, 45, 68, 81, 105, 158

Evolução Diferencial 5, 46, 47, 50, 52, 54, 55, 56, 57

### F

Framework 1, 2, 5, 59, 60, 61, 76, 92, 143

### G

Gamificação 36, 38

### H

Hardware 19, 20

### I

Inteligência Artificial 5, 24, 151

### J

Jogo 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 154

### L

Linguagem de programação 35, 36, 89, 91, 131



## **M**

Machine Learning 21, 25, 107, 108, 116, 129, 130, 132, 134, 137

Método dos Pontos Interiores 7, 96

Método Numéricos 96

Modelagem 5, 13, 15, 16, 18, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 57, 59, 66, 68, 69, 76, 94, 118

Modelo 5, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 46, 47, 48, 57, 59, 60, 63, 64, 66, 70, 71, 72, 73, 75, 94, 120, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 143, 148, 152, 153, 154, 156

Modelos Compartimentais 68, 69

## **N**

Network 23, 33, 68, 76, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 118, 128

## **O**

Otimização 6, 7, 18, 19, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 64, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 140

## **P**

Perceptron 5, 105, 107, 110, 118, 120, 127, 128

Previsão 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 33, 105, 106, 119, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136

Primal-Dual 7, 96, 97, 98, 101, 103

Programação 5, 6, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 63, 84, 89, 91, 119, 123, 131, 158

## **R**

Rede Neural Artificial 5, 106, 118, 120, 123, 124

Redes Randômicas 68, 72

Regressão Linear 16, 20, 130

## **S**

Scratch 6, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Scrum 5, 59, 60, 61, 66, 67, 138, 141

Simulações Computacionais 5, 68, 70, 76

Sistemas Elétricos de Potência 96, 103

Softwares 38, 60, 63, 139, 148

Sprint 7, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 143, 144

Substituição Sensorial 79, 80, 81, 82, 83, 84, 95

## T

Tecnologia 35, 59, 62, 68, 79, 80, 82, 95, 105, 127, 139, 141, 144, 149, 150, 158

Tecnologias Assistivas 80, 81

Twitter 21, 24, 25, 26, 27, 33

# TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2020

# TECNOLOGIAS, MÉTODOS E TEORIAS NA ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

Atena  
Editora

Ano 2020