

---

# *A visão sistêmica e integrada das **engenharias** e sua **integração com a sociedade***

# 2

*Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)*



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

---

# *A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a sociedade*

# 2

*Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)*



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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

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

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

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do 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 Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

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

A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a sociedade 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Carlos Augusto Zilli.

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

V822 A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a sociedade 2 / Organizador Carlos Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-399-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.993211308>

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

## APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “A Visão Sistêmica e Integrada das Engenharias e sua Integração com a Sociedade”, em seu segundo volume, apresenta 22 capítulos que abordam pesquisas relevantes que fazem emergir esta visão completa e abrangente típica das engenharias, revelando de que forma ela pode se integrar à sociedade para solucionar os desafios que surgem mundo afora, trazendo pesquisas relacionados à fluxo de potência, prevenção de ansiedade, reconstrução anatômica, modelagem energética, otimização de vigas mistas, composição de séries dodecafônicas, ruídos, entre outras.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas às engenharias em suas mais diversas instâncias.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

## SUMÁRIO


### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE COMPARATIVA DA SATISFAÇÃO ENTRE DISCENTES E EGRESSOS DE ENGENHARIA: UM ESTUDO DE CASO**

Cristiano Geraldo Teixeira Silva

Eduardo Georges Mesquita

Maria Giselle Marques Bahia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113081>

### **CAPÍTULO 2..... 13**


#### **COMMODITIES AMBIENTAIS E A IV REVOLUÇÃO INDUSTRIAL - O POTENCIAL BRASILEIRO DE INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL**

Diego da Silva Pereira

Zulmara Virgínia de Carvalho

Maria Eduarda Medeiros Monteiro


Heloysa Helena Nunes de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113082>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **ESTUDO DA INTEGRAÇÃO DE SENSORES AOS TÊXTEIS ESPORTIVOS**

Larissa Stephanie de Souza Malago

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113083>

### **CAPÍTULO 4..... 37**

#### **COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA SUPRESSÃO DE RUÍDOS EM SINAL DE VOZ UTILIZANDO TRANSFORMADA WAVELET**

Gustavo dos Santos Cardoso

Gustavo Peglow Kuhn

Samuel dos Santos Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113084>


### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA BASEADA EM IMAGENS, MAPEAMENTO DE DENSIDADES E ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DE UM FÊMUR COM FRATURA ATÍPICA**

Miguel Tobias Bahia

Emílio Graciliano Ferreira Mercuri

Mildred Ballin Hecke

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113085>

### **CAPÍTULO 6..... 68**


#### **SAFE WHEELCHAIR**

Luís Eduardo Lima da Costa

Marcia Ferreira Cristaldo

Sóstenes Renan de Jesus Carvalho Santos

Lucas Hermann Negri


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113086>

**CAPÍTULO 7..... 78**

MODELACIÓN ENERGÉTICA, UNA HERRAMIENTA ANALÍTICA, GRÁFICA Y ACTUAL PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE

Agustín Torres Rodríguez

David Morillón Gálvez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113087>


**CAPÍTULO 8..... 92**

NUMERICAL ANALYSIS OF BLOCKAGE EFFECT ON AN INNOVATIVE VERTICAL TURBINE (VAACT)

Rodrigo Batista Soares

Antonio Carlos Fernandes

Joel Sena Sales Junior


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113088>

**CAPÍTULO 9..... 108**

APLICAÇÃO DE HEURÍSTICAS E METAHEURÍSTICAS NA COMPOSIÇÃO DE SÉRIES DODECAFÔNICAS

Déborah Baptista Pilato

Paulo Henrique Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9932113089>

**CAPÍTULO 10..... 119**

A MODELAGEM DIGITAL COMO AUXÍLIO DA PERCEPÇÃO DO OBJETO ARQUITETÔNICO EM ENSINO DE PROJETO

Luis Gustavo de Souza Xavier

Pedro Miguel Gomes Januário

Janine Fonseca Matos Xavier

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130810>

**CAPÍTULO 11..... 132**

MAPEAMENTO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS AO ENSINO DA ENGENHARIA ELÉTRICA COM ÊNFASE EM ELETROTÉCNICA

Wellington Alex dos Santos Fonseca

Fabiola Graziela Noronha Barros

Dariele da Costa Sousa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130811>






**CAPÍTULO 12..... 144**


OTIMIZAÇÃO DE VIGAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO

Franz Augenthaler Avelino Coelho

João Batista Marques de Sousa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130812>

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>161</b>
PROTÓTIPO: BRACELETE DETECTOR DE OBSTÁCULOS PARA DEFICIENTES VISUAIS Eloiziane Barbosa Pessoa José Augusto Albuquerque Rabelo Luiz Felipe de Souza Jimenez  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130813">https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130813</a>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>177</b>
THE NUMBER OF STORMS MODELED AS A POISSON RANDOM VARIABLE AT NORTHEAST COAST OF SOUTH AMERICA Lazaro Nonato Vasconcellos de Andrade  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130814">https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130814</a>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>190</b>
APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE SOMA DE CORRENTES PARA O CÁLCULO DO FLUXO DE POTÊNCIA CA Evandro José dos Santos Carlos Roberto Mendonça da Rocha  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130815">https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130815</a>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>196</b>
CARTILHA INFORMATIVA COMO FERRAMENTA DE PREVENÇÃO DA ANSIENIDADE INFANTIL Bruna Meneses da Silva Araújo Helton Camilo Teixeira Amanda Cris Prestes das Neves Maia Joana D'arc Araújo de Souza Rolim Dyovana Raissa de Souza Barros  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130816">https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130816</a>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>206</b>
A APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA A MELHORIA DE UM PROCESSO INDUSTRIAL Ananda Santa Rosa Santos Denise Simões Dupont Bernini Suzana Araujo de Azevedo Rodrigo Aldo Bazoni Scaquetti  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130817">https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130817</a>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>224</b>
DISPOSITIVO DE FRICÇÃO CONTROLADA Jader Flores Schmidt Leonardo Haerter dos Santos Lucas Vinicius Capistrano de Souza Agnaldo Rosso Federico Rodriguez Gonzalez	

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130818>

**CAPÍTULO 19.....238**


LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS NO ESTADO DO CEARÁ:  
EXIGÊNCIAS TÉCNICAS E LEGAIS NO ÂMBITO DA SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE – SEMACE

Carlos Alberto Mendes Júnior

Edilson Holanda Costa Filho

Marilângela da Silva Sobrinho


Liliane Farias Guedes Lira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130819>

**CAPÍTULO 20.....245**

INDÚSTRIA AVANÇADA E LOT

Paulo César Rezende de Carvalho Alvim


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130820>

**CAPÍTULO 21.....250**

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES POLIMEROS TERMOPLÁSTICOS  
EN EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE MEZCLAS DE ASFALTO

Daniela Andrea Monterrosa Álvarez

Harveth Hernán Gil Sánchez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130821>


**CAPÍTULO 22.....260**

COMPARAÇÃO DE LUBRIFICANTES NA ESTAMPAGEM PROFUNDA DO AÇO ARBL  
ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Tatiane Oliveira Rosa

Isabela Ferreira Neves

Lucas Alexandre de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99321130822>

**SOBRE O ORGANIZADOR .....270**

**ÍNDICE REMISSIVO.....271**

# CAPÍTULO 9

## APLICAÇÃO DE HEURÍSTICAS E METAHEURÍSTICAS NA CÔMPOSIÇÃO DE SÉRIES DÓDECAFÔNICAS

*Data de aceite: 02/08/2021*

*Data de submissão: 19/07/2021*

### **Déborah Baptista Pilato**

Programa de Pós-Graduação em Métodos  
Numéricos em Engenharia - UFPR  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1019231376381454>

### **Paulo Henrique Siqueira**

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1288178739969745>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é desenvolver, a partir do uso de heurísticas e metaheurísticas, meios de elaborar e obter compassos musicais que satisfaçam as características do método de composição dodecafônico. Para isso, a série de notas utilizada é a cromática, optando-se por gerar compassos 2 por 4, 3 por 4, 5 por 4 e 2 por 2 a partir de mínimas, semínimas, colcheias e semicolcheias. A linguagem de programação escolhida para desenvolver os algoritmos é a linguagem Fortran, e o software MuseScore foi utilizado para representar as soluções obtidas na linguagem de partitura. Para que a aplicação das metaheurísticas fosse possível no contexto musical, os problemas aqui expostos foram reformulados de modo a tornarem-se equivalentes aos problemas característicos dessa outra área, como o Problema do Caixeiro Viajante e o Problema da Mochila, associando as notas musicais a objetos ou a cidades,

permitindo que a resolução seguisse de maneira semelhante ao o que ocorre em tais problemas. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois os algoritmos retornaram compassos de acordo com o estipulado pelas restrições iniciais, mostrando que é possível compor as séries e compassos a partir de métodos heurísticos e metaheurísticos. Com as soluções obtidas em mãos, o objetivo é o de que estas sirvam de suporte ao compositor, que terá total liberdade de fazer alterações, descartar soluções que não lhe interessem e trabalhar com novos valores, buscando assim outras alternativas. Ou seja, os algoritmos desenvolvidos têm como principal objetivo servir de ferramenta no processo composicional, preservando sempre a criatividade e a liberdade presentes na criação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metaheurísticas. Composição Dodecafônica. Otimização. Problema do Caixeiro Viajante. Problema da Mochila Compartimentada.

### APPLICATION OF HEURISTICS AND METAHEURISTICS IN THE COMPOSITION OF DODECAPHONIC SERIES

**ABSTRACT:** The objective of this work is to develop, from the use of heuristics and metaheuristics, means of elaborating and obtaining musical measures that satisfy the characteristics of the dodecaphonic composition method. For this, the series of notes used is the chromatic one, being chosen to generate measures 2 by 4, 3 by 4, 5 by 4 and 2 by 2 from half notes, quarter notes, eighth notes and sixteenth notes. The programming language

chosen to develop the algorithms is the Fortran language, and the MuseScore software was used to represent the solutions obtained in the score language. In order for the application of metaheuristics to be possible in the musical context, the problems presented here were reformulated so as to become equivalent to the problems characteristic of this other area, such as the Traveling Salesman Problem and the Backpack Problem, associating musical notes with objects or cities, allowing resolution to follow in a manner similar to what occurs in such problems. The obtained results were satisfactory, because the algorithms returned bars according to the stipulations of the initial restrictions, showing that it is possible to compose the series and measures from heuristic and metaheuristic methods. With the solutions obtained at hand, the objective is that these support the composer, who will have complete freedom to make changes, discard solutions that do not interest him and work with new values, thus seeking other alternatives. That is, the algorithms developed have as main objective to serve as a tool in the compositional process, always preserving the creativity and freedom present in creation.

**KEYWORDS:** Metaheuristics. Dodecaphonic composition method. Optimization. Traveling Salesman Problem. Backpack Problem.

## 1 | INTRODUÇÃO

Neste trabalho são propostas algumas aplicações de heurísticas e metaheurísticas na composição musical, baseando-se em condições pré-estipuladas, e buscando assim desenvolver uma ferramenta que permita ao compositor opções de sequências de notas e tempos de duração para as tais, que se adaptem às condições pré-definidas por ele.

Quando o tema são métodos metaheurísticos, muitas pesquisas, em diversas áreas podem ser encontradas. No entanto, aplicações na música não são comuns, e o presente trabalho tem por objetivo geral explorar, mesmo que humildemente, esse Universo tão vasto.

Para isso, definições no que tangem os métodos heurísticos e metaheurísticos utilizados e noções básicas de teoria musical são necessárias para o acompanhamento do que aqui será desenvolvido. Apresentando alguns desses conceitos, introduziremos brevemente o que são: Algoritmos Genéticos, Problema do Caixeiro Viajante, Problema da Mochila e da Mochila Compartimentada e Escala Cromática.

Inspirados na Teoria da Evolução das Espécies de Charles Darwin, os Algoritmos Genéticos assemelham-se aos processos naturais de seleção, presentes em todos os grupos de seres vivos que ocupam nosso planeta. Tal teoria afirma que buscando a sobrevivência os indivíduos de uma mesma população competem entre si, e os mais aptos terão mais descendentes, propagando assim seus genes. A aplicação do método é feita sobre um conjunto de soluções inicial – correspondente a uma população inicial de indivíduos – que é geralmente gerado de maneira aleatória. Esses indivíduos iniciais são chamados de “pais”, e sobre eles aplicam-se os operadores genéticos, criando assim combinações, as quais são chamadas de “filhos”. Através desses cruzamentos, fazendo



um paralelo com a evolução das espécies, indivíduos melhores adaptados vão substituindo os anteriores, até que a solução para o problema proposto seja obtida ou que se chegue muito próximo a ela.

No entanto, antes de buscar de fato resolver os problemas através de uma metaheurística, que é o caso de um Algoritmo Genético, na maioria das vezes é preciso fazer uso de uma modelagem. Nesse contexto, clássico entre os problemas combinatórios, o Problema da Caixeiro Viajante (PCV) consiste em encontrar o roteiro de menor distância ou custo que passa por um conjunto de cidades, sendo cada cidade visitada apenas uma vez, e finalizando na cidade de origem. Modelaremos vários de nossos problemas de acordo com o PCV, de modo que as notas musicais serão as cidades, e nosso objetivo será “visitar” cada uma delas, além de atender a outras condições que serão impostas. Outra modelagem que será utilizada no presente trabalho refere-se ao Problema da Mochila (PM).

Imagine que você vai fazer uma viagem e para isso deverá levar alguns itens em sua mochila. No entanto, a mochila tem uma capacidade e pode ocorrer de não caber nela tudo o que você gostaria de levar. O mais natural então é pensar que terá que abrir mão de algumas em detrimento de outras, correto? A pergunta que surge agora é “o que devo levar?” O PM surge justamente para buscar uma resposta para a pergunta anterior, ou seja, deseja definir quais itens serão levados sem que a capacidade da mochila seja excedida. Para isso, no entanto, também é necessário que seja atribuído para cada item um valor de importância, porque afinal de contas há objetos fundamentais e outros não. Agora imagine que dentre os itens que deseja levar há classes distintas entre eles, como por exemplo comidas, roupas, livros, entre outros, e que você deseja alocá-los em bolsos distintos dentro da mochila. Esse é o Problema da Mochila Compartimentada, ou apenas PMC.

Nesse caso, um custo  $c_k$  é então associado a cada compartimento caso ele seja usado com algum item da classe  $k$  e o somatório de todos os compartimentos não pode exceder a capacidade total da mochila. O PMC consiste em determinar as capacidades adequadas de cada compartimento e como estes devem ser carregados de modo que o valor de utilidade total seja máximo (CARVALHO, 2015).

Por fim, vale citar que no contexto musical chama-se de escala cromática a escala de 12 sons formada pelas 7 notas padrão da escala diatônica (Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si) acrescidas dos 5 tons intermediários (com bemol e sustenido), formando então a sequência Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá# e Si.

Partindo então do sistema dodecafônico, o objetivo específico deste trabalho é o de gerar sequências de notas partindo da escala cromática, de maneira que sejam respeitadas distâncias pré-estabelecidas entre duas notas consecutivas. Esta distância citada não é invariável, ficando a cargo do compositor e se adequando ao seu objetivo final. Além disso, a partir sequências geradas deseja-se criar compassos que as agrupem, formando assim pequenas séries musicais.

## 2 | ALGORITMOS DESENVOLVIDOS

Para que essa sequência musical seja gerada e que os compassos sejam criados, tal problema precisa ser modelado de modo a se adequar aos métodos heurísticos e metaheurísticos. Dessa forma, as notas passaram a integrar um vetor solução, de modo que a cada uma delas foi associado um valor numérico. Essa formulação equivale ao Problema do Caixeiro Viajante (PCV), permitindo a aplicação do método heurístico em sua resolução. A relação que surge então é a de que cada nota musical representa uma cidade, e o objetivo é o de visitá-las, passando uma única vez por cada uma. Da mesma forma ocorre para a criação dos compassos, que tendo cada figura rítmica uma duração a ela associada, foram escritos de forma vetorial, de modo que cada uma de suas entradas representa a duração associada a cada nota. Deseja-se então preencher os compassos com tais valores, criando assim uma relação desse problema com o Problema da Mochila, cujo objetivo é o de encher uma mochila com objetos, de modo que seja respeitada sua capacidade e que o valor (ou a relevância) dos objetos levados seja a maior possível.

Dessa forma, o objetivo é do modelar os problemas e desenvolver algoritmos que trabalhem na busca da solução ótima, retornando séries e compassos musicais que se enquadrem nas condições desejadas.

A seguir, são definidos os 6 objetivos que o seguinte trabalho terá a intenção de abordar, bem como o passo a passo utilizado para resolvê-lo, e por fim os resultados obtidos.

**Objetivo 1:** *Utilizando as notas da escala cromática deseja-se gerar uma sequência de maneira que duas notas consecutivas estejam no mínimo 1 e no máximo 3 tons de distância uma da outra. Dessa forma, é obtida uma série dodecafônica com características particulares quanto à distância entre duas notas consecutivas.*

Aqui, há uma relação entre o problema exposto e o PCV. Para tal, cada nota musical será considerada uma cidade e o objetivo é o de percorrer todas as 12 cidades sem repetir nenhuma delas. A diferença é que aqui não há interesse em percorrer a menor distância possível, como o clássico PCV, e sim a distância de 1 a 3 entre uma cidade e outra.

Para a solução inicial será considerado o vetor formado pelas 12 notas da sequência cromática partindo de Dó e subindo de meio em meio tom. Logo, como é possível observar na figura 1, atribuindo à nota Dó o valor zero e adicionando 0,5 a cada tom, os valores associados a solução inicial são 0,0, 0,5, 1,0 e assim por diante, até o 5,5. Dessa forma, fica completa a sequência que tem início em Dó e fim em Si:

$$\{C; C\#; D; D\#; E; F; F\#; G; G\#; A; A\#; B\} = \{0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5\}$$

A função objetivo é representada pelas Equações 1 e 2.

$$F_{x_i} = \begin{cases} 1, & \text{se } 1 \leq d_i \leq 3 \\ 0, & \text{c. c} \end{cases}, \forall i = 1, \dots, 11 \quad (1)$$

$$F_x = \sum F_{x_i} \quad (2)$$

Na equação 1,  $d_i$  representa a distância entre duas notas consecutivas. Dessa forma,  $d_1$  equivale a distância entre a primeira e a segunda nota. Caso elas distem uma da outra um valor no intervalo  $[1,3]$ , a função  $F_{x_1}$  vale 1, caso contrário vale 0. A mesma verificação é feita para todas as trocas, já que  $i$  varia de 1 a 11, de modo que  $d_{11}$  é a distância entre a penúltima e a última nota. Logo, a partir da equação 1, a função  $F_{x_i}$  analisa cada passagem entre as notas consecutivas do vetor solução, verificando se ela se enquadra ou não na condição estipulada. Se satisfizer a condição, é associado a ela o valor 1, caso contrário o valor 0. A equação 2 define a função fitness  $F_x$ , que é o somatório de todas as trocas da sequência do vetor  $x$ . É fácil perceber que o objetivo é maximizar tal valor, sendo encontrada a solução ótima quando ocorrer  $F_x=11$ , pois isso indicará que todas as trocas entre notas seguidas satisfazem a restrição estipulada inicialmente.

Com a solução inicial que foi dada, a função objetivo associada a ela possui valor nulo, já que todas as passagens entre notas consecutivas variam de 0,5 em 0,5, e tal valor não pertence ao intervalo  $[1,3]$ . Não atingindo o critério de parada ( $F_x=11$ ), o algoritmo aplica o método 2-opt, que consiste em apagar duas arestas de uma solução, transformando-a em dois sub percursos. Religam-se então os pontos formando uma nova solução, que substitui a anterior caso apresente melhores resultados.

O método 2-opt é aplicado por três vezes, gerando três novas possíveis soluções. Por exemplo, se o vetor solução atual era  $X$  (representado na Equação 3) e sendo as posições de troca  $x_2$  e  $x_7$  definidas aleatoriamente, ficaríamos com o vetor  $X^*$ , representado na Equação 4.

$$X = (C; C\#; D; D\#; E; F; F\#; G; G\#; A; A\#; B) \quad (3)$$

$$X = (C; F\#; D; D\#; E; F; C\#; G; G\#; A; A\#; B) \quad (4)$$

Uma vez que as 3 combinações foram geradas e que suas funções fitness foram calculadas, basta compará-las e decidir se o vetor inicial é mantido ou substituído por alguma dessas trocas. Caso nenhuma delas tenha apresentado melhora, descartam-se os novos indivíduos e a solução inicial é mantida. Caso contrário, a solução que apresentou melhor valor da função fitness assume o lugar da solução inicial.

Sendo definida uma nova solução, o método 2-opt é aplicado novamente e assim segue, até que atinja o critério de parada e retorne à solução obtida.

Diversas são as formas de definir o critério de parada em uma programação, e aqui foram implementados dois deles. O primeiro diz respeito ao ciclo inicial, que foi criado para efetuar 50 iterações, de modo que ao final delas o algoritmo apresenta a solução resultante, podendo ser uma solução ótima ou não. No entanto, outro critério foi implementado no meio

do processo, e ele diz respeito a estagnação da solução por iterações consecutivas. Assim sendo, caso não haja melhora da função fitness por 5 iterações consecutivas, o algoritmo irá finalizar e retornar a solução em questão.

Repetindo o ciclo até que algum dos critérios de parada seja satisfeito, a solução obtida é apresentada, e os resultados são apresentados a seguir.

**Resultados:** Para a solução inicial fornecida, o resultado obtido é apresentado na Figura 1, que relaciona os valores às notas musicais associadas, gerando a sequência dodecafônica correspondente.

$X_1= 0.0$	$x_2= 3.0$	$x_3= 4.5$	$x_4= 2.0$
$X_5= 0.5$	$x_6= 1.5$	$x_7= 3.5$	$x_8= 5.0$
$X_9= 4.0$	$x_{10}= 1.0$	$x_{11}= 2.5$	$x_{12}= 5.5$
C F# A E C# D# G A# G# D F B			

Figura 1: Solução do problema 1.

**Objetivo 2:** *Agrupar a sequência obtida em 4 compassos 2 por 4.*

Para isso, são utilizadas inicialmente duas figuras rítmicas, a semínima e a colcheia, de modo que o valor 1 está associado à primeira e o valor 0,5 à segunda. Isto porque em um compasso com denominador 4 a semínima equivale a uma unidade de tempo, enquanto que a colcheia equivale a meia unidade.

Note que nesse caso é possível uma associação do problema exposto com o PMC. Para tanto, basta relacionar cada nota a um objeto e cada figura rítmica ao peso desse objeto. Cada compasso é um bolso da mochila, e a fórmula de compasso define a capacidade de cada bolso. O objetivo é então o de preencher a mochila com os objetos disponíveis, respeitando as capacidades envolvidas.

Diferentemente do PMC tradicional, o peso aqui não é previamente conhecido. Tal valor é variável, e o objetivo é o de buscar a melhor combinação entre os pesos, de modo a poder carregar todos os objetos. Dessa forma, utilizam-se todas as notas musicais da sequência e o compasso fica plenamente preenchido.

A metaheurística utilizada na busca do valor ótimo é Algoritmos Genéticos e utiliza dois operadores, primeiramente o cruzamento e depois a mutação.

Diferentemente do desenvolvido anteriormente, no qual criou-se manualmente a solução inicial, aqui tal solução é gerada de maneira aleatória. Sejam então A e B os vetores aleatórios gerados, de modo que A e B possuem 12 elementos cada um. O vetor A é responsável por gerar o indivíduo inicial X e o vetor B pelo indivíduo inicial Y. Sendo A=

$\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  e  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , o que temos é que para cada  $a_i$ , com  $i = 1, \dots, n$ , se  $a_i$  for maior que 0,5,  $x_i$  é uma colcheia, caso contrário  $x_i$  é uma semínima. Da mesma forma para os vetores  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  e  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ , de tal modo que para cada uma das 12 notas da escala, uma figura rítmica foi a ela associada.

Como deseja-se distribuir para cada objeto um peso, de maneira que a capacidade de cada bolso seja completamente utilizada, nada mais natural e lógico que seja analisado o preenchimento de cada bolso, verificando se ele está ou não completo. A Figura 2 ilustra o preenchimento do bolso (compasso) 1, onde  $k_i$ , com  $i=1, \dots, 12$ , representa os elementos do vetor  $k$  e  $t_{(1,k)}$  agrupa os elementos  $k_i$  enquanto o valor é inferior a 2, que é a capacidade do bolso. Uma vez que esse valor excede a capacidade, a variável  $u_{(1,k)}$  é definida, e representa o último objeto pertencente ao primeiro bolso. Não excedendo o valor 2, o algoritmo segue agrupando novos objetos, até que o critério seja satisfeito, e tal processo é ilustrado a seguir.

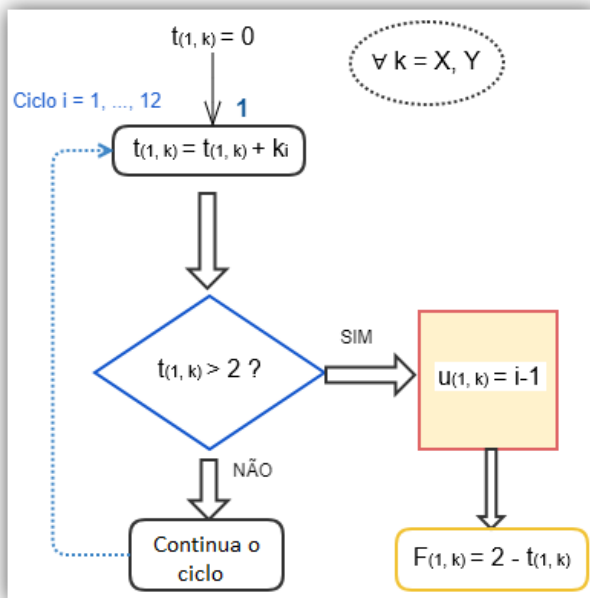


Figura 2: Formando o primeiro compasso.

(Fonte: Os autores).

Uma vez fechado o compasso é preciso verificar se as figuras rítmicas que o integram o completam ou não, visto que se faz necessário que elas somem 2. A função fitness  $F_{(1,k)}$  associada ao primeiro compasso faz essa análise, calculando a falta associada ao primeiro compasso dos vetores  $X$  e  $Y$ . Além disso, uma vez executado o passo descrito na Figura 2 para o primeiro compasso dos vetores da população inicial é necessário aplicá-lo aos

demais compassos, formando o segundo, o terceiro e o quarto. Sendo  $u_{(j,k)}$  o último termo do  $j$ -ésimo compasso do vetor  $k$ , o compasso seguinte inicia da posição  $u_{(j,k)} + 1$ , sendo necessário que se verifique se ela ainda pertence ao intervalo  $[1,12]$ , caso contrário todas as notas já foram distribuídas pelos compassos anteriores e função fitness  $F_{(j,k)}$  associada a esse compasso será igual a 2, já que o compasso se encontra vazio.

A Figura 3 apresenta esse processo de verificação, e caso restem notas a serem distribuídas, o algoritmo retoma ao passo 1 indicado na Figura 2.

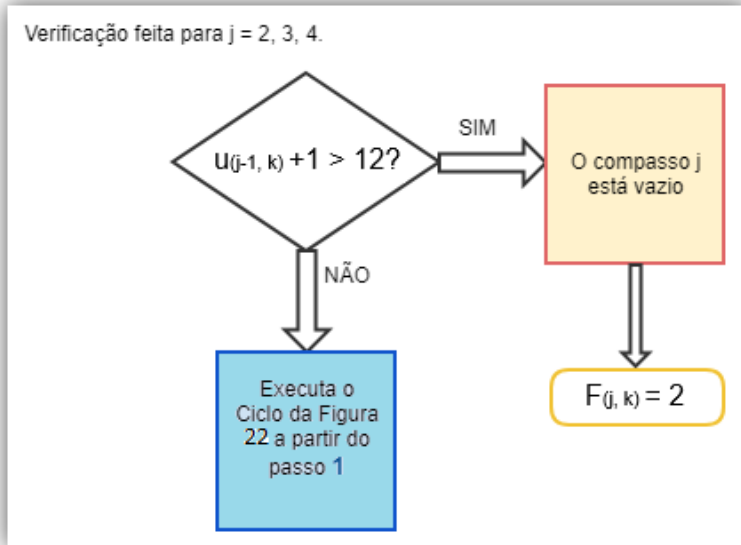


Figura 3: Completando os demais compassos.

(Fonte: Os autores).

Se por um lado pode ocorrer de algum compasso ficar vazio, por outro há a possibilidade de que ao final dos 4 compassos nem todas as notas tenham sido utilizadas, havendo assim uma sobra  $S$ , cujo valor deve ser incorporado as funções fitness dos compassos, já que representa também uma inexatidão. A equação 5 analisa a função objetivo da população inicial, sendo  $F_x$  a função fitness do vetor  $X$ , e  $F_y$  a função fitness do vetor  $Y$ .

$$F_k = S_k + \sum_{j=1}^4 F_{(j,k)}, \forall k = X, Y \quad (5)$$

O objetivo é o de minimizar a função  $F_k$ , garantindo assim a busca pela distribuição exata das 12 notas nos 4 compassos.

Com a população inicial definida e estando as funções fitness calculadas, parte-

se para a aplicação da metaheurística, cujo objetivo é gerar cruzamentos dos indivíduos iniciais, analisar esses cruzamentos e selecionar os que apresentarem melhores resultados. Para isso, aplica-se o método do cruzamento entre dois pontos, que são definidos aleatoriamente, gerando dois novos indivíduos  $Z_1$  e  $Z_2$ , cujas funções objetivo também devem ser calculadas.

Tendo agora a população composta pelos 4 indivíduos e as funções fitness  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_{z1}$  e  $F_{z2}$  associadas, deve-se selecionar os dois melhores adaptados que irão compor a população inicial, e a solução ótima é obtida quando  $F_k$  for igual a zero, para algum  $k$  e população. Caso a condição seja satisfeita, o algoritmo encerra e retorna o vetor solução, caso contrário ele segue com os cruzamentos, como mostra a Figura 4.

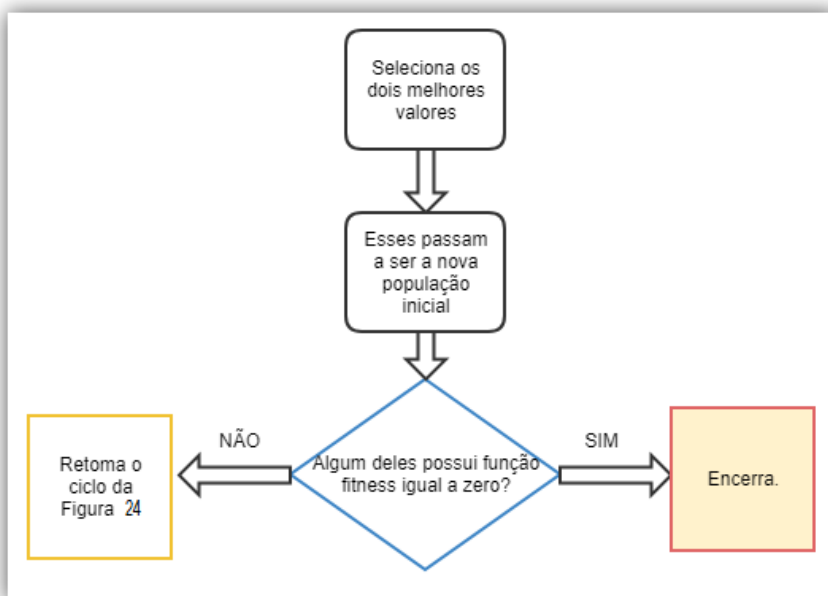


Figura 4: Seleção dos melhores adaptados.

(Fonte: Os autores).

O quadro amarelo da Figura 4 indica que enquanto a função fitness não for igual a zero o ciclo segue cruzando os indivíduos e analisando as populações, baseando-se na seleção natural, que é a característica principal do método.

No entanto, pode ocorrer em algum momento a perda da diversidade, uma vez que a população possui um número pequeno de indivíduos. A consequência disso é que os pais serão muito semelhantes entre si, e os cruzamentos também o serão, e assim sendo, não ocorrerá mais melhora na função objetivo. A fim de evitar esse problema, a cada cruzamento é verificado se os valores das funções fitness dos indivíduos da população

são iguais, identificando assim a perda de diversidade, passo que interromperá o ciclo de cruzamentos e passará para o ciclo de mutações.

Para a implementação da mutação, que será aplicada em dois genes do indivíduo, calcula-se de forma aleatória as posições  $i$  e  $j$  que sofrerão alteração, e a mutação age no gene invertendo seu valor. Se a posição  $x_k$  (para  $k=i, j$ ) valia 0,5 passa a valer 1,0, e se valia 1,0 passa a valer 0,5.

Aplicada a mutação nos dois pontos definidos, o algoritmo compara a função objetivo da solução anterior com a nova, e a que tiver menor valor será escolhida como nova solução. Em seguida verifica-se novamente se o valor ótimo foi obtido. Se sim, a solução é apresentada. Caso contrário, é dado sequência ao ciclo de mutações.

**Resultados:** Após aplicar o passo a passo detalhado, chega-se à solução apresentada na Figura 5.

$x_1=0.5$	$x_2=0.5$	$x_3=1.0$	$x_4=0.5$
$x_5=1.0$	$x_6=0.5$	$x_7=1.0$	$x_8=0.5$
$x_9=0.5$	$x_{10}=0.5$	$x_{11}=0.5$	$x_{12}=1.0$

Figura 5: Solução do problema 2.

(Fonte: Os autores).

Note que os valores obtidos representam figuras rítmicas, de modo que cada uma está associada a uma nota da sequência gerada no problema 1. A Figura 6 mostra a solução obtida em forma de partitura.



Figura 6: Solução obtida pelo problema 2 na partitura.

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto e fazendo uma análise das soluções obtidas, verifica-se que foi possível chegar a soluções para os problemas propostos, gerando em cada um deles compassos formados por uma série dodecafônica, a partir das figuras rítmicas utilizadas.

Isso foi possível devido à relação criada entre os objetos musicais e os elementos característicos do Problema do Caixeiro Viajante, Problema da Mochila e Problema da Mochila Compartmentada, já que ao associar as notas musicais às cidades, as figuras



rítmicas aos pesos e o compasso à mochila, bastou adequar as funções objetivo para que o algoritmo pudesse ser desenvolvido e retornasse os valores obtidos. Além disso, em cada caso a solução obtida pôde ser representada na forma de partitura, o que demonstra de fato que o objetivo real foi alcançado.

Ainda que aqui não se tenha estendido os resultados, é fácil perceber que após simples manipulações da série gerada, várias outras – decorrentes da primeira – podem ser obtidas, a partir de transformações isomórficas. Então, embora tais combinações não tenham sido analisadas, fato é ser possível gerar uma composição dodecafônica a partir do que foi obtido.

O trabalho todo foi concentrado em aplicar os resultados obtidos no problema 1, obtendo dessa forma soluções que giravam sempre em torno das mesmas notas. Nada impede, no entanto, que isso se expanda para outras sequências.

Por fim, é importante o registro de que em hipótese alguma o presente trabalho deseja substituir o papel do compositor no processo de criação musical, e o que aqui foi desenvolvido visa apenas aplicar métodos heurísticos e metaheurísticos num campo pouco discutido e explorado, que é o da música.

## REFERÊNCIAS

BENEVIDES, P. F. Aplicação de heurísticas e metaheurísticas para o problema do caixeiro viajante em um problema real de roteirização de veículos. UFPR, Curitiba, 2011.

CARVALHO, R. Problema da mochila. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica – SP, 2015.

DALLIN, L. Techniques of Twentieth Century Composition. 3ª edição. Iowa: WM. C. Brown Company Publishers, 1975.

MARQUES, F. do. P; ARENALES, M. N. O problema da mochila compartimentada e aplicações. Departamento de Ciências de Computação e Estatística, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2002.

MITCHELL, M. An introduction to genetic algorithms. Cambridge: Mit Press. 1997. 207 p.

POZO, A. et al. Computação evolutiva. Grupo de Pesquisas em Computação Evolutiva, Departamento de Informática, UFPR, 2011.

SANTOS, A. C. dos. Composição musical: estudos dirigidos para audiovisual. UFMT, Instituto de Linguagens, Cuiabá, 2008.

SCHWEER, W. MUESCORE 2, version 2.0.3. Publicado sob a GNU General Public License.

SOARES, G. L. Algoritmos Genéticos: Estudo, Novas Técnicas e Aplicações. UFMG, Belo Horizonte, 1997.

SUCUPIRA, I. R. Métodos heurísticos genéticos: Meta-heurísticas e Hiper-heurísticas. USP, São Paulo, 2004.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Algoritmos genéticos 109, 113, 118, 144, 145, 154  
Ansiedade 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205  
Apoio à decisão 1, 7  
Arduino 35, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 161, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 176  
Asfalto 250, 252, 253, 257  
Assistive technology 68  
Aterro sanitário 238, 240, 241, 242, 243  
Automação 68, 69, 76, 135, 141, 160, 165, 245, 246  
Automation 66, 68  
Avaliação de impacto 238  
Avaliação de satisfação 1, 8  
Avaliação do ensino de engenharia 1

### B

Biomecânica óssea 52  
Bracelete eletrônico 161  
Building energy modelling 78, 91  
Building information modelling 78

### C

Cadeira de rodas 68, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 77  
Cartilha 196, 198, 199, 200, 203, 204, 205  
Ciclo de vida 81, 250, 252  
Commodities ambientais 13, 15, 17, 18, 24, 25, 26  
Composição dodecafônica 108, 118  
Conforto 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 200, 203  
Cosméticos 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25  
Crescimento econômico sustentável 13, 14, 15  
Criança 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204, 205

### D

Deficiência visual 161, 162, 163, 172, 174  
Discrete analysis 177

Dispositivo de fricção controlada 224, 226, 228, 229, 232, 233, 234, 236

## **E**

Efeito de bloqueio 92, 93, 107

Efficiency 51, 78, 94

Eletrotécnica 132, 133, 134, 135

Energía incorporada 250, 252, 253, 254, 255, 256

Energy sustainability 78

Engenharia elétrica 37, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 195

Ensino 1, 2, 3, 7, 11, 12, 24, 119, 120, 121, 122, 130, 131, 132, 134, 135, 137, 138, 142, 162, 167, 174

Estampagem profunda 260, 262, 263

Estudo ambiental 238, 241, 242

Extreme events 177, 183, 185, 187

## **F**

Fêmur 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61

Ferramentas da qualidade 206, 207, 208, 214, 217, 218, 220, 221

Fluxo de carga 190

## **G**

Gestão 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 121, 131, 188, 206, 207, 208, 209, 217, 220, 221, 222, 243, 246, 270

## **H**

Huella de carbono 250, 252, 253, 254, 255, 256

## **I**

IoT 245, 248

## **L**

Licenciamento ambiental 238, 240, 241, 243, 244

Limiar duro 37

Limiar suave 37

Lubrificante mineral 260

Lubrificante vegetal 260

## **M**

Mapeamento sistemático da literatura 132, 133

Mecânica dos fluidos computacional (CFD) 93

Metaheurísticas 108, 109, 118

Modelagem digital 119, 120, 122

Modelo de elementos finitos específico do paciente 52

Módulo de Young 52, 53, 59, 60, 62, 63, 64, 65

## **N**

Northeast coast of South America 177, 180, 187

## **O**

Otimização 75, 108, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 154, 157, 159, 191, 206, 241

## **P**

Polímeros termoplásticos 250, 255, 256, 257

Problema do caixeiro viajante 108, 109, 111, 117, 118

Processamento de imagens 52, 54

Processo industrial 206

## **Q**

Questionário on-line 132, 136

## **S**

Saúde 15, 29, 35, 74, 196, 198, 200, 201, 203, 205, 238, 239, 240, 261

Sensor de umidade 27, 28, 31, 35

Simulação numérica 61, 65, 260

Sinal de voz 37, 38, 42, 44, 45

Sistemas de distribuição 190, 191, 194, 195

Sistemas de potência 190

## **T**

Tecnologia assistiva 68

Têxteis esportivos 27, 29, 34, 35

Tomografia computadorizada 52, 53

Transformada Wavelet 37, 38, 39, 41

## **V**

VAACT 92, 93, 94

Vigas mistas semicontínuas 144, 160

## W


Wheelchair 68


---


# *A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a sociedade*

# 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) 




# A visão sistêmica e integrada das **engenharias** e sua **integração com a sociedade**

# 2

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

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

@atenaeditora 

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