

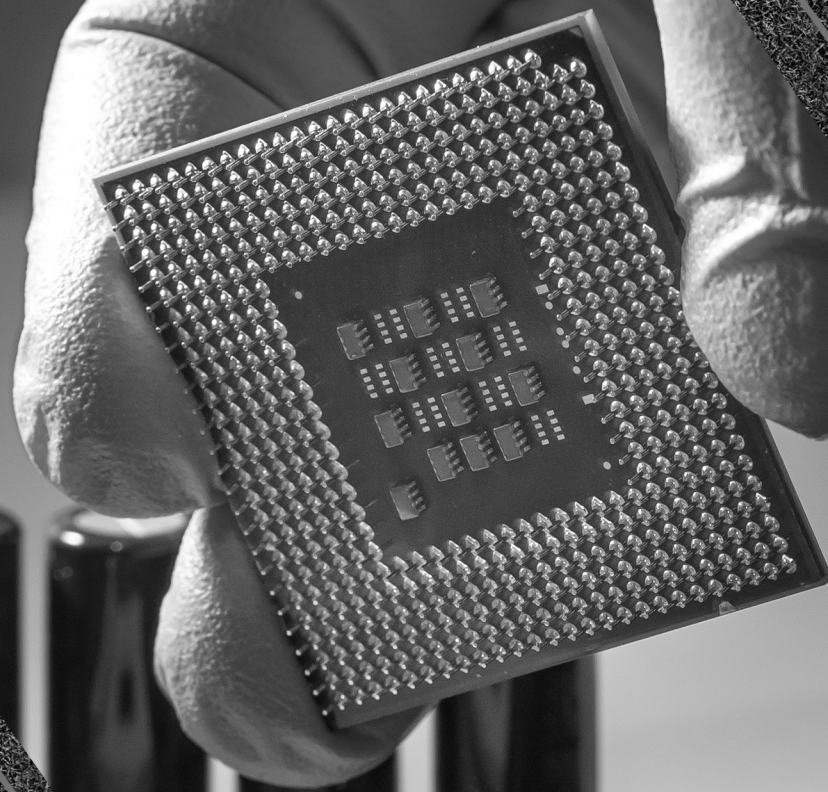
João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Marcelo Henrique Granza  
(Organizadores)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**



**Atena**  
Editora

Ano 2020



João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Marcelo Henrique Granza  
(Organizadores)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. 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  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
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  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 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  
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

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto



Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
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. 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. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |   |
|---|---|
| E57   | <p>Engenharia elétrica e de computação [recurso eletrônico] : atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 1 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Marcelo Henrique Granza. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF<br/>           Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br/>           Modo de acesso: World Wide Web<br/>           Inclui bibliografia<br/>           ISBN 978-65-5706-167-1<br/>           DOI 10.22533/at.ed.671200207</p> <p>1. Ciência da computação – Pesquisa – Brasil. 2. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Granza, Marcelo Henrique.</p> <p style="text-align: right;">CDD 623.3</p> |
| <b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>   |   |

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica e da computação é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Marcelo Henrique Granza

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE PARA ESTUDO EM CONTROLE DE UM ROBÔ MÓVEL DE EQUILÍBRIO DINÂMICO   |           |
| Alex Sandro Garefa<br>Guyllherme Emmanuel Tagliaferro de Queiroz<br>Luis Antonio Bassora<br>Flavio Eduardo Tapparo   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002071</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>17</b> |
| ROBÔ PARA INSTALAÇÃO DE SINALIZADORES AVIFAUNA   |           |
| Bruno Monteiro Costa<br>Máiquel Bruno de Andrade Rezende<br>Waldir Alves Diniz<br>Ricardo de Souza Marcelo<br>Clécio Paula da Silva  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002072</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>26</b> |
| PROSPECTOS PARA A EVOLUÇÃO DA INTERFACE HUMANO-COMPUTADOR EM CENTROS DE CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA   |           |
| Luiz Corrêa Lima   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002073</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>40</b> |
| PROJETO CANAÃ - IRRIGADOR AUTOMÁTICO PARA O AGRONEGÓCIO  |           |
| André Kroupa<br>Eldon Moura<br>Cláudio Matheus da Costa Comin<br>Rogério Luis Spagnolo da Silva  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002074</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>54</b> |
| PAINEL DE BORDO - UMA INÉDITA PLATAFORMA COMPUTACIONAL EM UTILIZAÇÃO NO NOVO CENTRO DE OPERAÇÃO DA CEMIG-D   |           |
| Tiago Vilela Menezes<br>Bruno Henrique da Silva<br>Carlos Jose de Andrade<br>Huliton Paz de Oliveira<br>Marco Aurélio da Silva Fereda<br>Odimar José Bezerra Lima<br>Rafael Carneiro Motta |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002075</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....  | <b>69</b> |
| PARADIGMAS DAS TECNOLOGIAS 5G NA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS VERTICAIS NA INDÚSTRIA 4.0  |           |
| Daniel Rodrigues Ferraz Izario<br>João Luiz Brancalhona Filho<br>Yuzo Iano<br>Karine Mendes Siqueira Rodrigues Ferraz Izario   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002076</b>   |           |



|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 7</b> .....  | <b>81</b>  |
| DATA REGENERATION 2R IN OPTICAL COMMUNICATION NETWORK BASED ON MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER WITH ACOUSTIC-OPTICAL FILTER AND HIGHLY NON-LINEAR PHOTONIC CRYSTAL FIBER   |            |
| <a href="#">Fabio Barros de Sousa</a><br><a href="#">Fiterlinge Martins de Sousa</a><br><a href="#">Jorge Everaldo de Oliveira</a><br><a href="#">Elizabeth Rego Sabino</a><br><a href="#">Marcos Benedito Caldas Costa</a>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002077</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 8</b> .....  | <b>95</b>  |
| PROJETO DE UMA ANTENA PATCH PLANAR UTILIZANDO A SUPER FÓRMULA DE GIELIS  |            |
| <a href="#">Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira</a><br><a href="#">Pedro Carlos de Assis Júnior</a>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002078</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 9</b> .....  | <b>108</b> |
| UMA CONTRIBUIÇÃO NA AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE PARA OS SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS COM EQUAÇÕES ESTRUTURAIS   |            |
| <a href="#">Gutembergue Soares da Silva</a><br><a href="#">André Pedro Fernandes Neto</a><br><a href="#">Fred Sizenando Rossiter Pinheiro</a><br><a href="#">Antonio Salvio de Abreu</a>   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.6712002079</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 10</b> .....   | <b>130</b> |
| ATAQUES E DESCOBERTA DE VULNERABILIDADES EM REDES CORPORATIVAS   |            |
| <a href="#">Roger Robson dos Santos</a><br><a href="#">Jackson Mallmann</a>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020710</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 11</b> .....   | <b>139</b> |
| MODELO MATEMÁTICO PARA CONSOLIDAÇÃO DE MÁQUINAS VIRTUAIS   |            |
| <a href="#">Alexandre Henrique Teixeira Dias</a><br><a href="#">Luiz Henrique Andrade Correia</a>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020711</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 12</b> .....   | <b>151</b> |
| CAPTURE THE FLAG: MÉTODO DE APRENDIZADO PARA A DISCIPLINA DE FORENSE COMPUTACIONAL EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA   |            |
| <a href="#">Carlos Eduardo de Barros Santos Júnior</a><br><a href="#">Ana Clara Nobre Mendes</a><br><a href="#">Jhonattan Carlos Barbosa Cabral</a><br><a href="#">Juliana Barbosa dos Santos</a><br><a href="#">Erick de Oliveira Silva</a><br><a href="#">Pedro Henrique Rodrigues Emerick</a> |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020712</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 13</b> .....   | <b>157</b> |
| A METODOLOGIA EPRI PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS CIBERNÉTICOS NAS INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS E SUA RELAÇÃO COM A NORMA IEC 62443-2-1  |            |
| <a href="#">Luiz Augusto Kawafune Campelo</a>  |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 14</b> .....   | <b>170</b> |
| ANÁLISE DA PERFORMANCE DO MRE E SEUS IMPACTOS COMERCIAIS – PROPOSTA DE REVISÃO DA REGULAÇÃO  |            |
| João Carlos Mello<br>Leonardo Calabro<br>Vinicius Ragazi David<br>Daniela Souza<br>Luiz Laércio Simões Machado Junior<br>Renato Mendes   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020714</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 15</b> .....   | <b>190</b> |
| DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA INCLUSÃO EDUCACIONAL DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA  |            |
| Felipe Massayuki Quiotoqui<br>Italo Rodrigues da Silva   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020715</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 16</b> .....   | <b>200</b> |
| SISTEMAS IMUNOLÓGICOS ARTIFICIAIS APLICADOS AO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA   |            |
| Gustavo da Silva Maciel<br>Wagner Kenhiti Nakamura Júnior<br>Luiz Francisco Granville Gonçalves<br>Leonardo Plaster Silva<br>Simone Silva Frutuoso de Souza<br>Fábio Roberto Chavarette<br>Fernando Parra dos Anjos Lima |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020716</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....   | <b>213</b> |
| AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS NÃO INVASIVAS DE MEDIÇÃO DE GLICOSE EM HUMANOS  |            |
| Leanderson André<br>Pedro Bertemes Filho   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020717</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>224</b> |
| ENTENDIMENTO DOS CONTROLES E POSSÍVEIS CONFLITOS DE PRIVACIDADE NAS REDES SOCIAIS ONLINE   |            |
| Talita de Souza Costa<br>Marbilia Possagnolo Sérgio<br>Regina Marin  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020718</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....   | <b>236</b> |
| MODELAGEM DE PROBLEMA ELETROSTÁTICO UTILIZANDO ELEMENTOS FINITOS   |            |
| Julia Grasiela Busarello Wolff<br>Pedro Bertemes Filho   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.67120020719</b>  |            |



|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 20 .....</b>   | <b>252</b> |
| SISTEMA DE MONITORAÇÃO DE CULTURA CELULAR <i>IN VITRO</i> VIA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA:<br>REGRAS DE PROJETO |            |
| Kaue Felipe Morcelles  |            |
| Pedro Bertemes Filho   |            |
| DOI 10.22533/at.ed.67120020720   |            |
| <b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>   | <b>265</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>  | <b>266</b> |

## SISTEMAS IMUNOLÓGICOS ARTIFICIAIS APLICADOS AO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA

*Data de aceite: 01/06/2020*

*Data de submissão: 04/03/2020*

### **Gustavo da Silva Maciel**

Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT),  
Departamento de Computação  
Tangará da Serra, Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/7302897367901637>

### **Wagner Kenhiti Nakamura Júnior**

Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT),  
Departamento de Computação  
Tangará da Serra, Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/2309825403628611>

### **Luiz Francisco Granville Gonçalves**

Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT),  
Departamento de Computação  
Tangará da Serra, Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/2683855357914347>

### **Leonardo Plaster Silva**

Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT),  
Departamento de Computação  
Tangará da Serra, Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/6197098601365748>

### **Simone Silva Frutuoso de Souza**

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Matemática  
Tangará da Serra, Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/1722951514394531>

### **Fábio Roberto Chavarette**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Departamento de Matemática  
Ilha Solteira, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5723359885365339>

### **Fernando Parra dos Anjos Lima**

Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT),  
Departamento de Computação  
Tangará da Serra, Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/7511905330795162>

**RESUMO:** Este capítulo apresenta uma aplicação dos sistemas imunológicos artificiais para o diagnóstico de amostras de câncer de mama. Utiliza-se o Algoritmo de Seleção Negativa para discriminar as amostras, obtendo uma classificação em casos benignos ou malignos. A principal aplicação para esta metodologia é auxiliar profissionais no processo de diagnóstico de câncer de mama, proporcionando rapidez na tomada de decisão, eficiência no planejamento de tratamentos, confiabilidade e a assistência necessária para salvar vidas. Para avaliar este método, utilizou-se a base de dados Wisconsin Breast Cancer Diagnosis (WBCD). Trata-se de uma base de dados real de câncer de mama. Os resultados obtidos pelo método, quando comparado com a



literatura especializada mostram precisão, robustez e eficiência no processo de diagnóstico de câncer de mama.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagnóstico, Câncer de mama, Sistemas Imunológicos Artificiais, Algoritmo de Seleção Negativa, WBCD.

## ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS APPLIED IN THE DIAGNOSIS OF THE BREAST CANCER SAMPLES

**ABSTRACT:** This chapter uses an artificial immune system applied for diagnosing breast cancer samples. The Negative Selection Algorithm was used to discriminate the samples, attaining a classification for benign or malignant cases. The main application of the methodology is to assist professionals in the breast cancer diagnostic process, thereby providing decision-making agility, efficient treatment planning, reliability and the necessary intervention to save lives. To evaluate this method, the Wisconsin Breast Cancer Diagnosis database (WBCD) was used. This is an actual breast cancer database. The results obtained using the method, when compared with the specialized literature, show accuracy, robustness and efficiency in the breast cancer diagnostic process.

**KEYWORDS:** Diagnosis, Breast Cancer, Artificial Immune System, Negative Selection Algorithm, WBCD.

### 1 | INTRODUÇÃO

Há algumas décadas observa-se um crescimento significativo na intensidade de novos casos de câncer de mama em todo o mundo, este fato se deve devido ao aumento da expectativa de vida da população (WANG; GEORGE LEE, 2002). O câncer é uma doença crônica que atinge milhões de pessoas em todo o mundo. Este tipo de câncer ocorre principalmente em países de médio e baixo desenvolvimento, onde a prevalência de câncer se torna um problema de saúde pública, e exige maior vigilância, condutas de prevenção, políticas de conscientização, e tratamentos efetivos.

Segundo um levantamento realizado pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA) no ano de 2012, evidenciou-se que o câncer de mama é o segundo mais frequente no mundo e o mais comum entre as mulheres, respondendo por 22% dos casos novos a cada ano. No ano de 2012 também foram diagnosticados 52.680 novos casos de câncer de mama no Brasil (INCA, 2012).

A taxa de mortalidade por câncer de mama é muito elevada no mundo todo, muito provavelmente porque a doença é diagnosticada em estágios avançados. No Brasil no ano de 2012 foram registradas 12.852 mortes por câncer de mama, sendo 147 homens e 12.705 mulheres (INCA, 2012). Em outra estatística apresentada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) observa-se que aproximadamente 39% das mulheres que lutam

contra o câncer de mama, vão a óbito (OMS, 2012).

Dados estes fatos, torna-se necessário adotar políticas de conscientização, prevenção e, principalmente, buscar realizar o diagnóstico do câncer de mama em estágio inicial. O diagnóstico correto em um estado prematuro da doença pode proporcionar decisões rápidas e auxiliar no planejamento de ações e, evidentemente, a eficiência no tratamento. Para um diagnóstico correto é necessária muita experiência por parte do profissional e, principalmente, que a classificação do estadiamento clínico do tumor (estágio do câncer) esteja correta.

Em Manikantan et al., (2009) destaca-se que os tradicionais sistemas de classificação utilizados pelos médicos são complexos, e normalmente de difícil utilização, oferecendo limitações aos patologistas, não permitindo rapidez na tomada de decisão. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas integrados que tenham capacidade de trabalhar com técnicas de processamento e análise de dados, e que, combinados com a experiência dos profissionais, proporcione a assistência necessária para realizar o diagnóstico e planejar o tratamento.

Neste sentido, a aplicação de sistemas inteligentes (SI) se torna uma possível solução para o problema de diagnóstico. Os métodos inteligentes são capazes de extrair informações e conhecimento de problemas complexos, e são de fácil aplicação. Na literatura encontram-se trabalhos relacionados onde se apresentam métodos inteligentes para auxiliar profissionais a realizar o diagnóstico de doenças, em especial profissionais com pouca experiência. Desta forma na sequência são apresentados alguns trabalhos sobre diagnóstico de câncer de mama que se destacam na literatura.

Na referência (PENA-REYES; SIPPER, 1999), os autores apresentam um método para diagnóstico de amostras de câncer utilizando a lógica fuzzy e o algoritmo genético. Em Wang; George Lee, (2002) foi usada uma rede ANFIS (JUNG,1993) para realizar o diagnóstico de câncer de mama, os resultados foram considerados satisfatórios (96,30% de acerto). No artigo (MEESAD; YEN, 2003) é proposto um sistema híbrido que utiliza uma rede neural em conjunto com um sistema especialista fuzzy. O sistema teve um bom desempenho quando aplicado na base de dados Wisconsin (WBCD, 2012).

Em Zhao; Davis, (2011) os autores apresentam um método baseado no algoritmo de seleção clonal, onde é adicionada uma modificação através da utilização de um modelo de base radial do tipo mínimos quadráticos parciais para auxiliar no processo de geração de anticorpos. Os autores fizeram uma série de testes e obtiveram bons resultados, com um índice de acerto de 99,58%. Porém, dependendo do valor dado à largura da base radial o processo de classificação se comporta de maneira desordenada.

Os sistemas imunológicos artificiais (SIA) foram inspirados nos sistemas imunológicos biológicos e visam reproduzir, computacionalmente, suas principais características, propriedades e habilidades (DASGUPTA, 1998). Os SIA são ferramentas adequadas para realizar diagnósticos, devido a habilidades de detecção de mudanças de comportamento



em padrões (CASTRO; TIMMIS, 2002).

Neste capítulo, apresenta-se um método para diagnóstico de câncer de mama baseado nos sistemas imunológicos artificiais. A partir das amostras cancerígenas, aplica-se o algoritmo de seleção negativa (ASN) para diferenciar as amostras entre próprias (benignos) e não-próprias (onde há evidência de malignidade). As amostras classificadas como próprias não representam riscos, isto é, não são prejudiciais ao organismo. As classificadas como não-próprias são amostras que necessitam de uma maior atenção, pois apresentam evidências de malignidade. Para avaliar o desempenho do método, foram realizados testes com uma base de dados real bem explorada na literatura. Sendo a base de dados Wisconsin Breast Cancer Diagnosis (WBCD, 2012).

## 2 | BASE DE DADOS WISCONSIN BREAST CANCER DIAGNOSIS (WBCD)

A base de dados WBCD foi criada pelo Dr. William H. Wolberg. Trata-se de um médico dos hospitais da Universidade de Wisconsin Madison, na cidade de Wisconsin nos Estados Unidos (WBCD, 2012). O Dr. Wolberg, em seu ofício, entre os anos de 1989 e 1991, recebeu diversos casos de tumores na mama para serem analisados. Nas análises realizadas, os tumores foram diagnosticados em benignos e malignos. Com referência a estas informações, foi montada uma base de dados com 9 instâncias representando as características do tumor e, evidentemente, a classificação para estas instâncias, totalizando 10 variáveis (WOLBERG; MANGASARIAN, 1990).

As características armazenadas na base de dados são as seguintes:

- I. espessura da massa celular (CT);
- II. uniformidade do tamanho da célula (CS);
- III. uniformidade do formato da célula (CH);
- IV. adesão marginal (AD);
- V. Tamanho de uma célula epitelial (EP);
- VI. núcleo vazio (BN);
- VII. cromatina branda (CO);
- VIII. nucléolo normal (NN);
- IX. mitose (MM);
- X. classificação (“benigno” ou “maligno”).

Esta base de dados possui 699 amostras, sendo que 65% representam tumores benignos e 35% representam tumores malignos (WOLBERG; MANGASARIAN, 1990). Neste problema, a classe 2 corresponde a um padrão normal (“benigno”) e a classe 4 corresponde a um padrão anormal (“maligno”).

### 3 | ALGORITMO DE SELEÇÃO NEGATIVA

O Algoritmo de Seleção Negativa (ASN) é inspirado na seleção negativa de linfócitos T que ocorre no timo, representando a análise que o organismo realiza para diferenciar as células entre próprias e não-próprias. Este algoritmo é executado em duas fases conforme descrito em (FORREST et al., 1994; LIMA et al., 2013):

#### 1. Censoriamento

- a) Definir o conjunto de cadeias próprias (S) que se deseja proteger;
- b) Gerar cadeias aleatórias e avaliar a afinidade (Match) entre cada uma delas e as cadeias próprias. Caso a afinidade seja superior a um limiar estipulado, deve-se rejeitar a cadeia. Caso contrário, deve-se armazenar em um conjunto de detectores (R).

#### 2. Monitoramento

- a) Dado o conjunto de cadeias que se deseja proteger (cadeias protegidas), avaliar a afinidade entre cada uma delas e o conjunto de detectores. Se a afinidade for superior a um limiar preestabelecido, então um elemento não-próprio é identificado.

Na figura 1 apresentam-se os fluxogramas do ASN, em 1 (a) a fase de censoriamento e 1 (b) a fase de monitoramento.

Na fase de censoriamento do ASN, são definidos, inicialmente, os de detectores próprios, que representam a condição normal do problema, sendo conhecido como cadeias próprias (S). O objetivo desta fase é gerar o conjunto de padrões detectores (R), que tenham a capacidade de reconhecer algum padrão não-próprio, na fase de monitoramento dos dados. Na fase de monitoramento, faz-se um monitoramento nos dados visando identificar mudanças no comportamento das amostras e, então, classificar estas mudanças utilizando o conjunto de detectores criados na fase de censoriamento. Assim, analisando-se as cadeias protegidas (S) e comparando-as com o conjunto de detectores (R), avalia-se a afinidade entre cada uma das cadeias. Caso a afinidade seja superior a um determinado limiar, então, o elemento não-próprio é detectado e classificado.

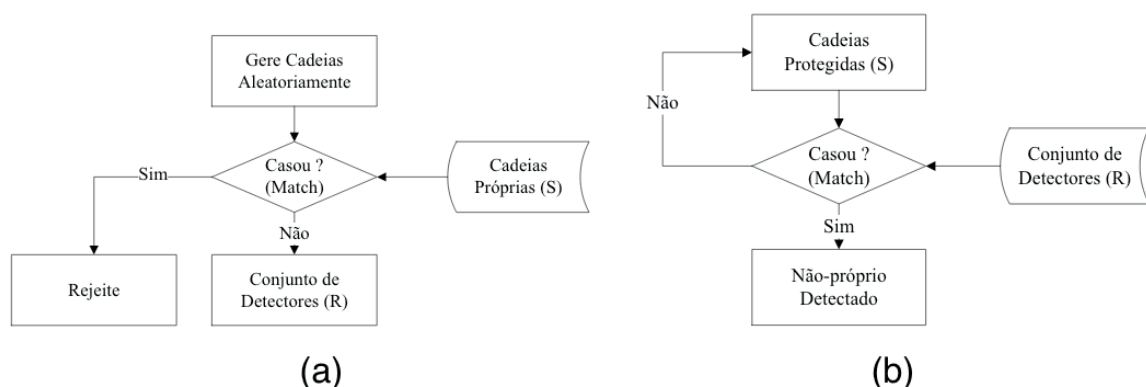


Figura 1 - Fluxogramas do ASN.

Fonte: (LIMA et al., 2013).

Para avaliar a afinidade entre as cadeias e assegurar que são semelhantes, utiliza-se um critério denominado casamento. O casamento pode ser perfeito ou parcial. Neste capítulo, optou-se por utilizar o casamento parcial proposto em (BRADLEY, TYRRELL, 2002), onde a taxa de afinidade representa o grau de semelhança que deve ocorrer entre as duas cadeias em análise para que o casamento seja confirmado.

A taxa de afinidade é definida através da seguinte equação (BRADLEY, TYRRELL, 2002):

$$TAf = \left( \frac{An}{At} \right) * 100 \quad (1)$$

sendo:

$TAf$  : taxa de afinidade;

$An$  : número de cadeias próprias no problema;

$At$  : número total de cadeias no problema.

Através da equação (1), é possível calcular, de forma estatística, o valor da taxa de afinidade para o problema proposto. A expressão (2) representa a forma de quantificar a afinidade total entre os padrões em análise (BRADLEY, TYRRELL, 2002):

$$Af_T = \frac{\sum_{i=1}^L Pc}{L} * 100 \quad (2)$$

sendo:

$Af_T$  : % de afinidade entre os padrões;

$L$  : quantidade total de posições do padrão;

$Pc$  : posição casada;

$\sum_{i=1}^L Pc$  : quantidade de posições casadas.

Desta forma, se  $Af_T$  for maior ou igual a  $TAf$  ocorre o casamento entre os padrões, ou seja, eles são considerados semelhantes. Caso contrário, não ocorre o casamento entre os sinais.

#### 4 | METODOLOGIA PROPOSTA

O sistema de diagnóstico de câncer de mama apresentado nesta seção é baseado nos sistemas imunológicos artificiais, em especial no algoritmo de seleção negativa. O método proposto se divide em duas fases: sensoriamento e o monitoramento dos dados. Na sequência apresenta-se o conjunto de testes e as fases de sensoriamento e de monitoramento do sistema de diagnóstico de câncer de mama.



## 4.1 CONJUNTO DE TESTES

A base WBCD possui 10 atributos, no entanto, para este capítulo optou-se por utilizar uma quantidade menor de atributos para realizar o diagnóstico. Para escolher quais atributos utilizar foi feito um processo de escolha com base no cálculo do desvio padrão das amostras. Foram escolhidos os cinco atributos que apresentaram os índices mais baixos de desvio padrão, ou seja, os dados são mais homogêneos. Foi adotada esta escolha visando proporcionar maior confiabilidade para o sistema.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

As variáveis escolhidas são: a espessura da massa celular (CT), a uniformidade do tamanho da célula (CS), a uniformidade do formato da célula (CH), o núcleo vazio (BN) e o nucléolo normal (NN). Durante a separação destas variáveis observou-se que alguns dados não são aproveitáveis, portanto, na tabela 1 são apresentados os dados e características da base de dados WBCD que foram utilizados.

| Base de dados                 | UCI Wisconsin Breast Cancer Data |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Tipo                          | Classificação                    |
| Número de dados               | 699                              |
| Número de dados aproveitáveis | 683                              |
| Dados da classe “benigno”     | 444                              |
| Dados da classe “maligno”     | 239                              |
| Número de atributos           | 5                                |

Tabela 1 - Especificação da base de dados WBCD.

Fonte: Elaborados pelos Autores.

## 4.2 FASE DE CENSORIAMENTO

O módulo de aquisição de dados é constituído pelo aparato experimental responsável por capturar os sinais na estrutura do edifício, tais como sensores, acelerómetros, etc.

Nesta fase são gerados os detectores para serem utilizados pelo SIA durante o processo de monitoramento. Devido ao problema de diagnóstico clínico de câncer de mama ter duas classes de padrões, é necessário somente que o algoritmo tenha conhecimento das amostras normais (próprios), para com base nestas informações realizar a discriminação do que é próprio (benigno) e do que é não-próprio (maligno). Assim o funcionamento desta fase é apresentado na figura 2, onde se ilustra como é realizado o processo de geração dos detectores benignos (próprios).

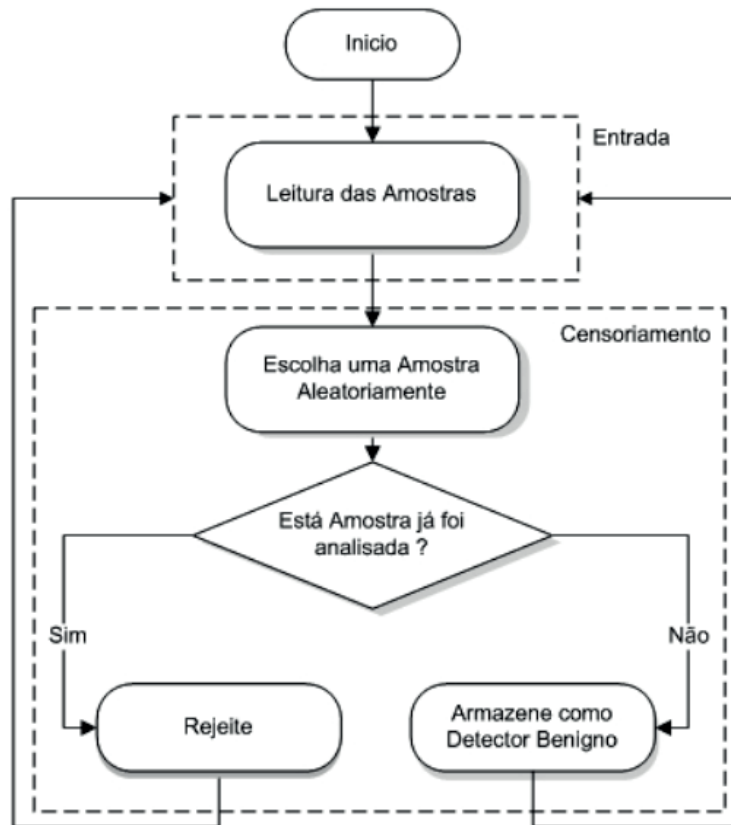


Figura 2 - Esquema do censuriamento do sistema de diagnóstico.

Fonte:Elaborados pelos Autores.

Foi utilizado o critério de casamento parcial (Bradley e Tyrrell, 2002). Utilizando a equação (1) nas especificações da base de dados do problema, calcula-se a taxa de afinidade. Assim tem-se um total de 683 amostras, sendo 444 amostras normais, isto é, sem câncer, e o cálculo é dado da seguinte forma:

$$TAf = \left( \frac{444}{683} \right) * 100 = 65\% \quad (4)$$

O valor da taxa de afinidade é de 65%, e isto significa que para confirmar um casamento entre duas amostras de câncer é necessário que no mínimo 65% das variáveis se casem, desta forma pode-se garantir que as amostras são semelhantes.

### 4.3 FASE DE MONITORAMENTO

O módulo de aquisição de dados é constituído pelo aparato experimental responsável por capturar os sinais na estrutura do edifício, tais como sensores, acelerómetros, etc. A fase de monitoramento é dividida em dois módulos, os quais são responsáveis por fazer a leitura do conjunto de testes e realizar a discriminação próprio/não-próprio. Na fase de monitoramento faz-se a leitura das amostras que se deseja analisar (conjunto de testes). Essas amostras são comparadas aos detectores benignos (próprios) gerados

previamente na fase de sensoriamento. Realizando a comparação da amostra com o conjunto de detectores, avalia-se o casamento e a afinidade entre a amostra e o conjunto de detectores. Caso a afinidade seja satisfeita, ou seja, se existir semelhança entre as amostras analisadas é considerado um casamento e, então, a amostra é diagnosticada como “benigna”, por ter características próprias. Caso contrário, não existe o casamento entre as amostras em análise, assim a amostra é diagnosticada como “maligna”. Este processo é repetido em cada amostra, e assim é realizado o monitoramento dos dados.

A figura 3 ilustra o funcionamento do processo de monitoramento do sistema de diagnóstico.

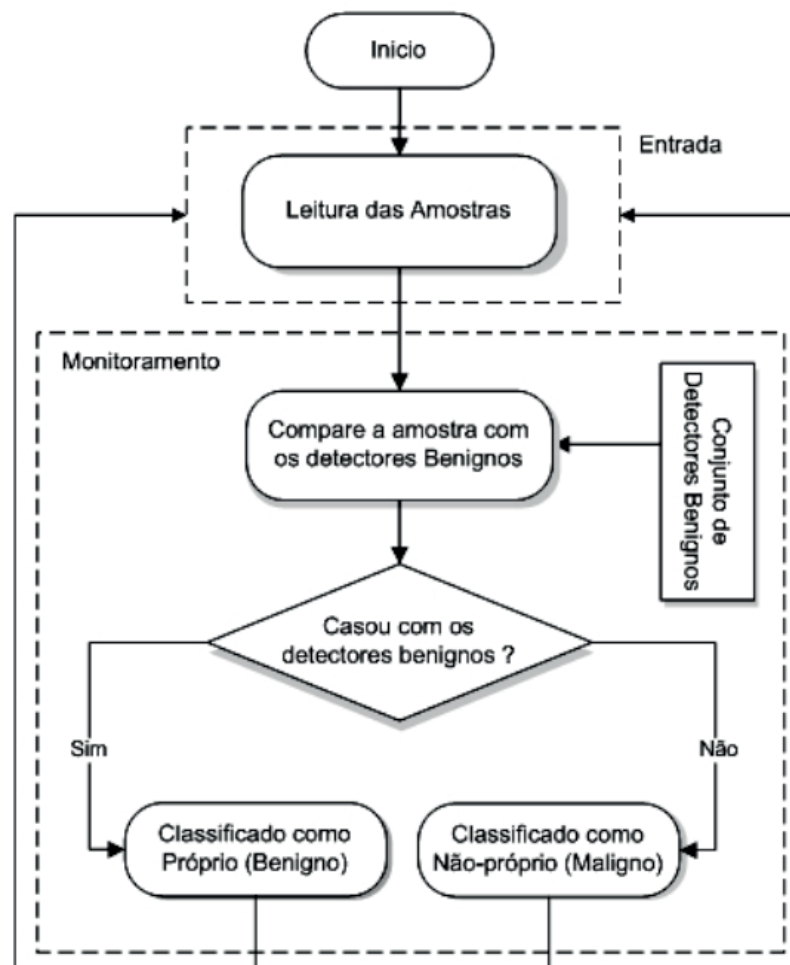


Figura 3 - Esquema do monitoramento do sistema de diagnóstico.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

## 5 | RESULTADOS

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos com a aplicação do método proposto na base de dados WBCD. O algoritmo foi desenvolvido em MATLAB (MATLAB, 2011).

No teste realizado o objetivo foi avaliar o método proposto, verificando a eficiência,



precisão e o tempo computacional em relação a diferentes conjuntos de detectores benignos. Utilizou-se como parâmetro uma taxa com um valor fixo de 65%. Foram gerados três conjuntos de detectores benignos, sendo os conjuntos *I*, *II* e *III* que possuem 5, 10 e 20 padrões detectores, respectivamente. Os conjuntos de detectores gerados utilizam 1,12%, 2,25% e 4,50% das amostras benignas, que tem um total de 444 amostras. Vale ressaltar que como o processo é aleatório o conjunto de detectores uma vez gerado, provavelmente não será gerado novamente.

Na tabela 2 apresentam-se os resultados obtidos pelo sistema de diagnóstico, quando aplicado à base de dados WBCD (WOLBERG; MANGASARIAN, 1990).

Neste teste foi possível observar que o sistema de diagnóstico apresenta um bom desempenho (índice de acerto superior a 93%), e que a quantidade de detectores benignos influencia diretamente no diagnóstico final. Comumente utiliza-se até 30% das informações da base de dados para gerar detectores, porém, neste caso, a proposta é utilizar no máximo 5% dos dados, visando proporcionar robustez ao diagnóstico. À medida que a quantidade de detectores aumenta, o diagnóstico se torna mais preciso, isto porque quanto mais conhecimento, mais eficiente é o processo de diagnóstico.

| Diagnóstico             | Conjunto de detectores |           |            |
|-------------------------|------------------------|-----------|------------|
|                         | <i>I</i>               | <i>II</i> | <i>III</i> |
| Amostras testadas       | 683                    | 683       | 683        |
| Classificações Benignos | 413                    | 434       | 443        |
| Classificações Malignos | 270                    | 249       | 240        |
| Acerto (%)              | 93,01%                 | 97,74%    | 99,77%     |
| Erro (%)                | 6,99%                  | 2,26%     | 0,23%      |
| Tempo (ms)              | 84,60                  | 81,20     | 84,41      |

Tabela 2 - Resultados obtidos pelo método.

Fonte: Elaborados pelos Autores.

A sensibilidade (*S*) e a especificidade (*E*) do método são dadas pelas seguintes equações:

$$S = \frac{VP}{VP + FP} \quad (5)$$

$$E = \frac{VN}{FN + VN} \quad (6)$$

em que *VP* é verdadeiro positivo, *VN* é verdadeiro negativo, *FP* é falso positivo e *FN* é falso negativo.

Portanto a sensibilidade do método para este problema é de 100%, e isto significa

que nenhum indivíduo doente ficaria sem tratamento. E a especificidade é de 99,77 % o que significa que 0,23% (1 indivíduos) receberia o tratamento sem necessidade.

## 5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

A melhor configuração do sistema de diagnóstico proposto neste trabalho obteve um índice de acerto de 99,7%, isto comprova que o algoritmo de seleção negativa é eficaz no processo de diagnóstico. Vale ressaltar que para este capítulo utilizou-se apenas 5% da informação das amostras para gerar os detectores benignos, o que é uma quantidade muito reduzida de informação. Isto evidencia que o método é robusto e preciso no processo de diagnóstico. O tempo de execução é bem reduzido, o que proporciona rapidez no diagnóstico.

Na tabela 3 apresenta-se um estudo comparativo entre o método proposto e os principais métodos disponibilizados na literatura que utilizam a base de dados WBCD para avaliar o processo de diagnóstico de câncer de mama.

| Referência               | Técnica Utilizada                | Acerto (%) |
|--------------------------|----------------------------------|------------|
| (MEESAD; YEN, 2003)      | Fuzzy                            | 96,71      |
| (WANG; GEORGE LEE, 2002) | ANFIS                            | 96,30      |
| (CAMASTRA, 2006)         | Kohonen                          | 96,70      |
| (WANG; GEORGE LEE, 2002) | <i>Backpropagation</i>           | 95,16      |
| (ZHAO; DAVIS, 2011)      | SIA e rede neural de base radial | 99,58      |
| (SILVA et al., 2014)     | ARTMAP-Fuzzy                     | 94,43      |
| Este trabalho            | Algoritmo de seleção negativa    | 99,70      |

Tabela 3 - Análise comparativa de resultados.

Fonte: Elaborados pelos Autores.

Conforme tabela 3, o método apresenta acerto superior as outras técnicas.

## 6 | CONCLUSÕES

Neste capítulo foi apresentado um método de diagnóstico de câncer de mama baseado nos sistemas imunológicos artificiais. Foram descritas as principais etapas e características do ASN e sua aplicação no problema proposto. Como dados de entrada do sistema, o algoritmo precisa apenas de cinco atributos das amostras de câncer de mama. O algoritmo proposto apresentou excelentes resultados obtendo um índice de acerto de 99,77% em todas as amostras testadas. A fase de geração de detectores é a que demanda maior tempo computacional, porém é executada de forma off-line não acarretando prejuízo ao algoritmo. Deve-se ressaltar que com uma quantidade mínima de informações, isto é, com um conjunto de detectores bem reduzido, o método foi capaz

de realizar o diagnóstico com muita precisão e segurança. A fase de monitoramento do sistema, a partir da leitura dos dados, é realizada rapidamente, com tempo inferior a 90 milésimos de segundo, o que credencia o algoritmo a ser uma ferramenta utilizada em tempo real, já que as decisões precisam ser tomadas rapidamente.

Desta forma conclui-se que o sistema de diagnóstico proposto com base nos sistemas imunológicos é bastante eficiente, confiável, robusto e seguro quando aplicado no diagnóstico de amostras de câncer de mama.

## REFERÊNCIAS

BRADLEY, D.W.; TYRRELL, A.M. Immunotronics - Novel Finite-State-Machine Architectures with Built-In Self-Test Using Self-Nonself Differentiation. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, Vol. 6, pp. 227–238, 2002.

CAMASTRA, F. Kernel Methods For Clustering. In **WIRN/NAIS**, volume 3931 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 1–9, 2006.

DASGUPTA, D. **Artificial Immune Systems and Their Applications**. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 1998.

CASTRO, L. N. **Engenharia Imunológica: Desenvolvimento e Aplicação de Ferramentas Computacionais Inspiradas em Sistemas Imunológicos Artificiais**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2001.

CASTRO, L. N.; TIMMIS, J. **Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach**, Springer. 1st edition, 2002.

FORREST, S. A.; PERELSON, A. L.; CHERUKURI, R. Self-Nonself Discrimination in a computer. In: **Proc. do IEEE Symposium on Research in Security and Privacy**, pp. 202-212, 1994.

INCA - Instituto Nacional do Câncer (Brasil), disponível em: <[www.inca.gov.br](http://www.inca.gov.br)>, acessado em: 01/09/2012.

JUNG, J-S. R. ANFIS: Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System, **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Vol. 23, No. 3, p. 665-685, 1993.

LIMA, F.P.A.; LOTUFO, A.D.P.; MINUSSI, C.R. Artificial Immune Systems Applied to Voltage Disturbance Diagnosis in Distribution Electrical Systems. In: **PowerTech-2013**, Grenoble, France, June-2013, 2013, 6 pp.

MANIKANTAN, K.; SAYED, S.I.; SYRIGOS, K.N.; RHYS-EVANS, P.; NUTTING, C.M. HARRINGTON, K.J.; KAZI, R. Challenges for the Future Modifications of the TNM: Staging System for Head and Neck Cancer. **Cancer Treatment Reviews**, pg. 35-44, 2009.

Matlab (2011). 7.8 Version, Mathworks Company.

MEESAD, P.; YEN, G. G. Combined Numerical and Linguistic Knowledge Representation and Its Application to Medical Diagnosis, **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**. 2003.

OMS - Organização Mundial da Saúde, Disponível em: <<http://www.who.int/en/>>, acessado em: 01/09/2012.

PENA-REYES, C. A.; SIPPER, M. Designing Breast Cancer Diagnostic System via Hybrid Fuzzy-Genetic Methodology, **IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceeding**, 1999.



SILVA, J. C.; LIMA, F.P.A.; LOPES, M. L. M.; MINUSSI, C. R. (2014). Utilizando uma Rede Neural Artificial ARTMAP-Fuzzy para Realizar o Diagnóstico Clínico de Amostras de Câncer de Mama, in: **CMAC-Sul (Congresso de Matemática Aplicada e Computacional)**, Curitiba, pp. 1-6.

WANG, J.; GEORGE LEE, C. S. Self-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems for Classification Applications, **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, pp. 790-802, 2002.

WBCD, (2012). Wisconsin Breast Cancer Data – UCI Machine Learning Repository, disponível em: <<http://www.archives.ics.uci.edu/ml/>>.

WOLBERG, W. H.; MANGASARIAN, O. L. Multisurface Method of Pattern Separation for Medical Diagnosis Applied to Breast Cytology, In: **Proceedings da Academia Nacional de Ciências dos EUA**, Volume 87, p. 9.193-9.196, 1990.

ZHAO, W.; DAVIS, C. E. A Modified Artificial Immune System Based Pattern Recognition Approach – An Application to Clinical Diagnostics. **Artificial Intelligence in medicine**, Elsevier, n° 52, pp. 1-9, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### SÍMBOLOS

5G 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 95, 96

### A

Antenas de microfita 95, 96, 107

Ataques de rede 130

Automação 2, 40, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 159, 163, 167, 168, 260

### C

Chave 2, 17, 26, 37, 40, 54, 69, 74, 75, 82, 96, 108, 130, 139, 151, 157, 170, 190, 201, 213, 216, 224, 236, 253

Computação 95, 129, 139, 140, 141, 152, 153, 156, 190, 192, 198, 200, 211, 260

Comunicação 1, 4, 5, 14, 22, 23, 24, 28, 36, 57, 69, 70, 71, 74, 76, 77, 81, 95, 96, 97, 99, 102, 106, 111, 112, 121, 122, 124, 130, 132, 133, 226, 260

Controle 1, 2, 3, 4, 5, 9, 15, 16, 23, 24, 26, 27, 29, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 41, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 58, 64, 65, 73, 75, 77, 133, 158, 159, 163, 165, 166, 167, 168, 225, 227, 228, 234, 253, 256, 261, 264

CyberSegurança 130

### D

Desempenho 4, 34, 57, 58, 68, 69, 75, 82, 95, 99, 106, 109, 112, 113, 114, 117, 120, 122, 123, 125, 139, 142, 144, 145, 149, 153, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 188, 202, 203, 209, 215, 261

Dinâmico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 252

### E

Equação polar 96, 97, 98, 99

Equilíbrio 1, 2, 3, 4, 5, 142, 171, 172, 173, 175

### F

Fauna 17, 18, 25

Filtro de Kalman 1, 2, 5, 10, 12, 14, 15

### I

Indicadores 18, 37, 55, 69, 76, 77, 117, 141, 199

Informação 27, 28, 29, 32, 36, 58, 62, 67, 77, 111, 121, 130, 131, 133, 135, 151, 152, 153, 154, 156, 193, 199, 210, 222, 224, 225, 227, 235, 254, 255

Irrigação 40, 41, 45, 46, 47, 50, 52, 53

## L

LQR 1, 2, 5, 10, 13, 14, 15

## M

Máquinas virtuais 139, 141, 142, 143, 144

Migração 139, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 252

## N

Nuvem 139, 140, 141, 142, 145

## O

Osmose 40, 41, 43, 44, 45, 49, 51, 52

## P

Pentest 130, 134, 135, 137

Programação linear inteira mista  
139

Proteção 17, 134, 135, 172, 173, 179, 187

## R

Redes corporativas 130, 131

Robô 1, 3, 4, 5, 6, 9, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24

## S

Segurança 21, 22, 24, 25, 30, 34, 60, 64, 72, 73, 75, 130, 131, 132, 133, 135, 137, 151, 152, 153,  
156, 158, 159, 160, 161, 164, 167, 168, 175, 177, 188, 193, 211, 235

Sem fio 41, 70, 71, 79, 95, 96, 97, 99, 102, 106

Simulink 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16

Sinalizador avifauna 17, 18

Sistemas verticais 69, 70

Super fórmula de Gielis 95, 96

## T

Topologia distribuída 69, 77

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**