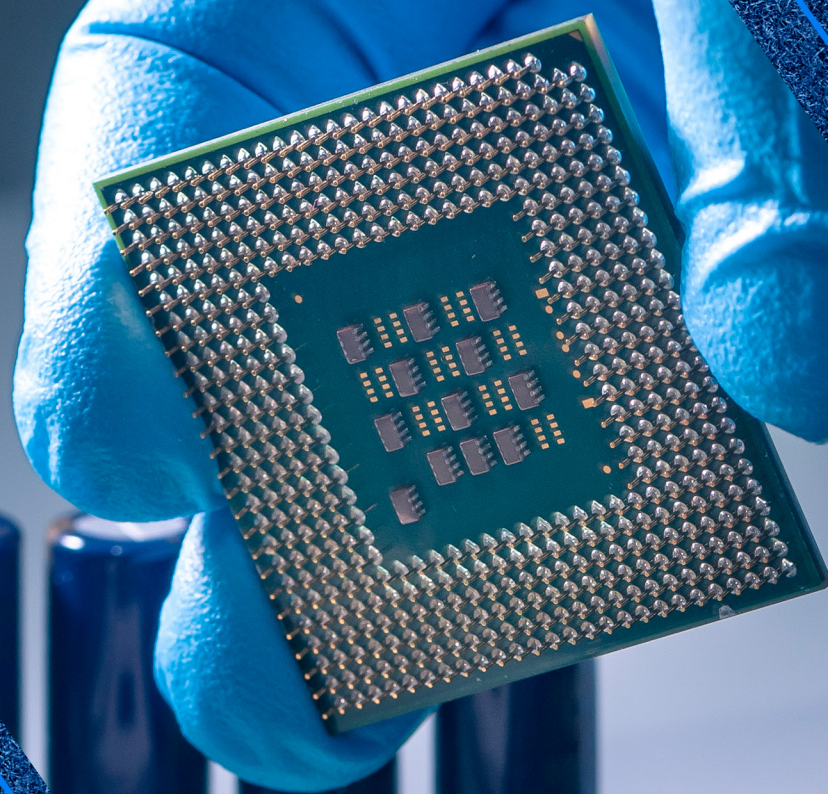


Atena
Editora

Ano 2020

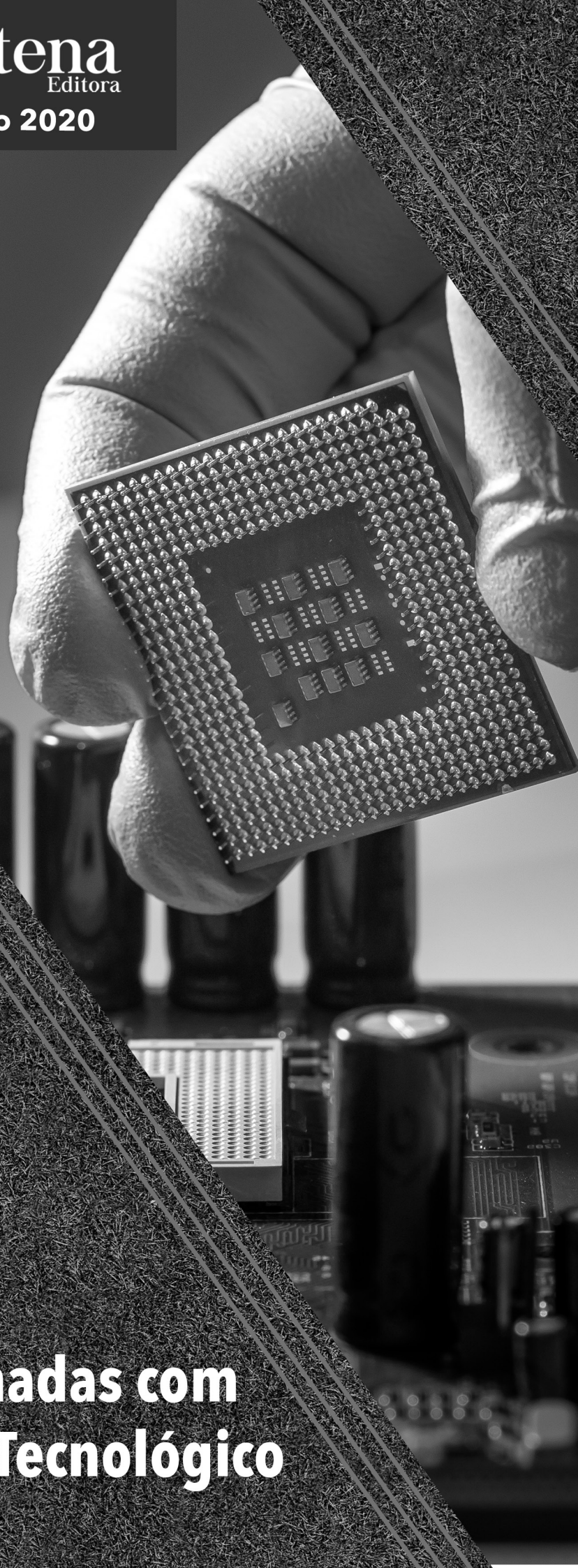


João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

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

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^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
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 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-167-1 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>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
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

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

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

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

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

PROJETO DE UMA ANTENA PATCH PLANAR UTILIZANDO A SUPER FÓRMULA DE GIELIS

Data de aceite: 01/06/2020

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Universidade Estadual da Paraíba

Departamento de Computação

João Pessoa - PB

Pedro Carlos de Assis Júnior

Universidade Estadual da Paraíba

Departamento de Física

Patos - PB

RESUMO: Com o advento das tecnologias de comunicação sem fio (tecnologias 3G à 5G), buscaram-se soluções técnicas que atendam aos mais variados requisitos para aplicações práticas, tais como: serviços militares, aplicações médicas, telecomunicações, aplicações pessoais, etc. Para que isso seja possível se faz necessário à busca por dispositivos que atendam determinados requisitos, sem perda de desempenho e com um custo relativamente acessível. Nesse contexto devido às inúmeras características atrativas das antenas de microfita aliado a utilização de equações polares é possível conseguir diversas geometrias que atendam a diferentes requisitos de aplicações em comunicação sem fio, permitindo assim uma grande flexibilidade

nos projetos de antenas patches para a faixa de frequência das micro-ondas. Outro grande atrativo dessa tecnologia de antenas planares está relacionada à grande variedade de projetos e aplicações que as mesmas são capazes de oferecer, com isso, as pesquisas relacionadas ao campo do eletromagnetismo aplicado vem crescendo com projetos de antenas, fazendo uso além da geometria euclidiana, geometria fractal e mais recentemente de equações polares para projetos bioinspirados.

Esse artigo consiste no projeto e análise por meio de uma caracterização numérica de uma antena patch planar em tecnologia de microfita utilizando a super fórmula de Gielis, fazendo uso direto de equações polares que geram a curva matemática (curva em formato de travesseiro – “Pillow”) que será o elemento irradiante da antena. A estrutura será excitada pela técnica de probe coaxial e o projeto da antena é para a frequência de 2,44 GHz (banda ISM - *industrial, scientific and medical*). O projeto ainda será suportado pelo software *Ansys Designer™*, que implementa o método dos momentos e terá seus diversos parâmetros de espalhamento analisados, dentre os quais se destacam: a perda de retorno (RL), diagrama de radiação (3D), impedância de entrada, coeficiente de onda estacionária (VSWR) e sua largura de

banda (BW).

PALAVRAS-CHAVE: Antenas de microfita, Equação Polar, Super fórmula de Gielis, Comunicação Sem Fio.

ABSTRACT: With the advent of wireless communication technologies (3G to 5G technologies), technical solutions are being sought that meet the most varied requirements for practical applications, such as: military services, medical applications, telecommunications, personal applications, etc. For this to be possible, it is necessary to search for devices that meet certain requirements, without loss of performance and at a relatively affordable cost.

In this context, due to the countless attractive characteristics of the microwaves, combined with the use of polar equations, it is possible to achieve different geometries that meet different requirements of wireless communication applications, thus allowing great flexibility in the design of patches antennas for the frequency range of microwave. Another great attraction of this planar antenna technology is related to the wide variety of designs and applications that they are capable of offering, with this, research related to the field of applied electromagnetism has been growing with antenna designs, making use in addition to Euclidean geometry, fractal geometry and, more recently, polar equations for bioinspired projects.

This article consists of the design and analysis by means of a numerical characterization of a planar patch antenna in microstrip antenna technology using the Gielis super formula, making direct use of polar equations that generate the mathematical curve (pillow-shaped curve) that will be the radiating element of the antenna. The structure will be excited by the coaxial probe technique and the antenna design is for the 2.44 GHz frequency (ISM band - industrial, scientific and medical). The project will also be supported by the Ansys Designer™ software, which implements the method of moments and will have its various scattering parameters analyzed, among which the following stand out: return loss (S11), radiation diagram (3D), input impedance, voltage standing wave coefficient (VSWR) and its bandwidth (BW).

KEYWORDS: Microstrip antenna, Polar equation, Gielis' superformula, Wireless communication.

1 | INTRODUÇÃO

Sendo a antena um dispositivo eletromagnético capaz de receber e transmitir ondas eletromagnéticas em meios guiados pelo espaço livre, se faz necessária pesquisa envolvendo dispositivos dessa natureza nos mais variados serviços, sejam militares ou mesmo comerciais (BALANIS, 1997). O grande avanço da vida moderna em termos de comunicação, onde tudo ou quase tudo no universo das tecnologias se encontram conectados, aliado ao grande avanço nos sistemas modernos de comunicação sem fio (tecnologias 3G, 4G e 5G, internet das coisas, etc.) e as características como: baixo peso, baixo perfil, eficiência, boas características de radiação e principalmente o custo, tem motivado pesquisadores em centros de pesquisa mundo a fora a buscarem soluções e aplicações nos mais diversos serviços e setores de telecomunicações, dessa forma

alavancando as pesquisa envolvendo o eletromagnetismo aplicado (GARG, et al., 2001).

Uma grande tendência com relevância nas pesquisas atuais consiste no projeto de circuitos/dispositivos de micro-ondas por meio de transformações polares, onde é possível através de uma formulação matemática relativamente simples conseguir novas geometrias capazes de operar em diferentes faixas de frequência no espectro eletromagnético. Nesse contexto, esse artigo se propõe a projetar e analisar numericamente uma nova antena patch de microfita fazendo uso da super fórmula de Gielis por meio de uma equação polar que gerar a curva matemática que será o elemento patch irradiante da antena (GIELIS, 2003). Essa curva gerada pela super fórmula de Gielis apresenta o formato de um travesseiro (ver Figura 2), em virtude disso a antena foi denominada de antena “pillow”, termo em inglês para a palavra travesseiro.

A antena foi projetada para a frequência de Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) de comunicação sem fio em 2,44 GHz. A faixa de frequência de 2,44 GHz foi escolhida em virtude de pertencer a banda ISM (do inglês *industrial, scientific and medical*), o qual é não licenciada e livre para teste das mais diversas aplicações que envolvem sistemas de comunicação *wireless* (sem fio).

A seção II descreve o sistema de equações polares. Na seção III é descrito a metodologia e a estrutura da antena proposta. Os resultados simulados e experimentais são apresentados na Seção IV. A seção V apresenta as conclusões desse artigo.

2 | EQUAÇÕES POLARES

Em matemática, as coordenadas polares são um sistema de coordenadas bidimensional em que cada ponto no plano é determinado por uma distância e um ângulo em relação a um ponto fixo de referência. O ponto de referência (análogo a origem no sistema cartesiano) é chamado de polo (O), e a semirreta do polo na direção de referência é o eixo polar. A distância a partir do polo é chamada coordenada radial ou raio (r), e o ângulo (θ) é chamado coordenada angular, ângulo polar ou azimute.

Um sistema de coordenadas polares (O, r, θ) em um plano consiste de um ponto O, denominado polo, de uma semirreta OA, com origem em O, denominada eixo polar, e de um segmento de reta utilizada para medir a distância de O a um ponto qualquer do plano. Um ponto P do plano é representado em coordenadas polares, conforme indicado na Figura 1(a), através de dois valores, $P(r, \theta)$, em que, r é a distância de P a O; θ é o ângulo do eixo polar para a semirreta OP. Se $r > \theta$, o ponto (r, θ) situa-se no mesmo quadrante de θ , por outro lado se $r < \theta$, situa-se no quadrante oposto pelo polo, Figura 1(b) (LEITHOLD, 1994).

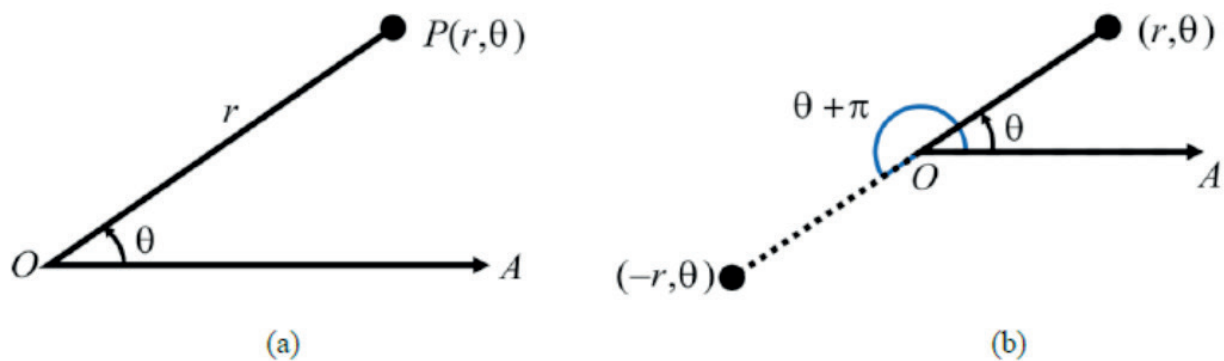


Figura 1 – Sistema de coordenadas polares.

A equação matemática de um ponto descrito como um par ordenado e (r, θ) é conhecido como notação polar, essa equação que gera uma curva polar, que é mais conhecida como equação polar, e um gráfico de uma curva em coordenadas polares é denominado de diagrama polar.

O gráfico de uma equação do tipo polar com $r = f(\theta)$, de uma forma mais geral $f(r, \theta) = 0$, onde f é uma função bem definida e contínua no sistema de coordenadas polares, na qual consiste que qualquer ponto P apresenta pelo menos uma representação polar em função dos pares (r, θ) , satisfazendo dessa forma a equação.

3 | METODOLOGIA EMPREGADA E ESTRUTURA DA ANTENA PATCH PROPOSTA

Por geometria bioinspiradas, podemos entender como toda as formas comumente encontradas na natureza que busca compreendem as mais diversas formas para posteriormente aplicá-los na resolução de problemas eletromagnéticos, por exemplo, projetos de antenas e superfícies seletivas em frequência, com aplicações práticas nas diversas faixas do espectro de frequência.

A curva polar usada para criar o elemento irradiante da antena bioinspiradas proposta (antena *Pillow*) foi gerada por meio da super fórmula de Gielis, do qual a parti dela é possível gerar diversas geometrias denominadas de supercírculos, superelipses e superquadráticos (GIELIS, 2003), segundo dado pela Equação 1:

$$r = f(\theta) = \frac{1}{\sqrt[n_1]{\left(\left|\frac{1}{a}\cos\left(\frac{m}{4}\theta\right)\right|\right)^{n_3} + \left(\left|\frac{1}{b}\sen\left(\frac{m}{4}\theta\right)\right|\right)^{n_3}}} \quad (1)$$

Na equação da super fórmula são considerados diversos valores distintos para as variáveis dos expoentes n_1, n_2, n_3 , além de ser acrescentado um fator divisor de $m/4$ do ângulo correspondente θ , que promove o uso de coordenadas polares em, m , setores

com simetria rotacional, dessa forma sendo proposta uma equação polar para $r(\theta)$, em que n e m pertence ao conjunto dos números reais positivos, com os parâmetros a e b sendo números reais positivos e diferentes de zero.

Para o caso deste artigo na geração da curva *Pillow*, as constantes com seus respectivos valores são: $m = n_1 = 4$, $n_2 = n_3 = 7$, $a = b = 1$. Após a geração da curva, a antena apresentou a seguinte estrutura mostrada na Figura 2 com $L = W = 39,9$ mm.

A análise numérica desse dispositivo foi suportada pelo *software* comercial simulador de onda completa, neste caso foi utilizado o *Ansys Designer™* que implementa o método dos momentos (MoM) na análise precisa dos mais diversos parâmetros espalhamentos associado a antena investigada.

O projeto da antena consistiu na análise de uma antena patch de microfita utilizando a super fórmula de Gielis para a frequência das micro-ondas em 2,44 GHz, com ampla largura de banda, boas características de radiação e sem perda de desempenho, que seja capaz de operar nessa faixa de frequência das micro-ondas, onde temos aplicações em redes de comunicação sem fio (*wireless*) na faixa 2,44 GHz, segundo os padrões: Wi-Fi (IEEE 802.11b/g/n) e Bluetooth (IEEE 802.15).

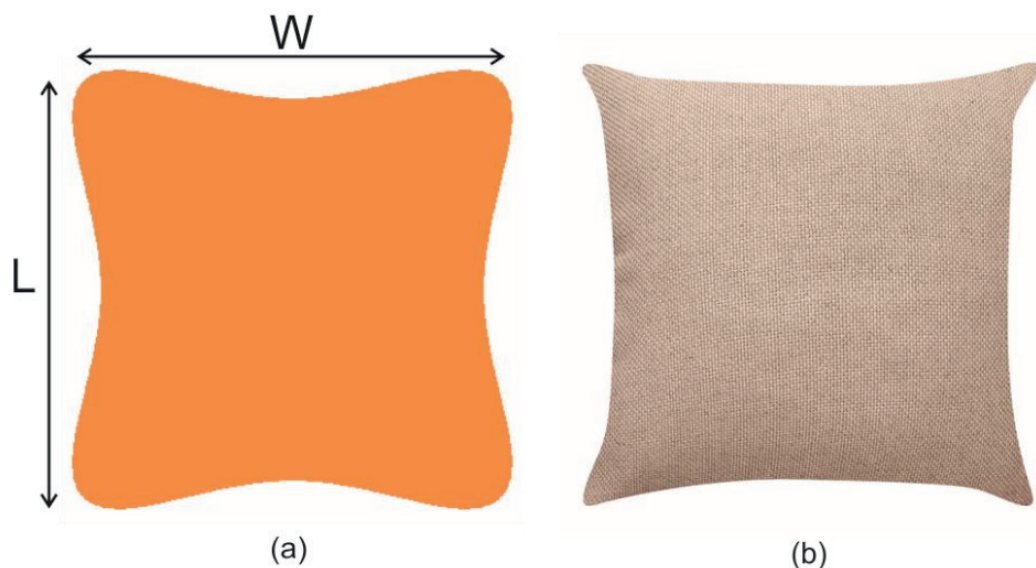


Figura 2 – (a) Antena *Pillow* bioinspiradas proposta; (b) Foto ilustrativa de um travesseiro.

Como parte da metodologia empregada no projeto da antena, foram realizadas uma série de simulações numéricas para o dispositivo proposto, por meio de um simulador de onda completa com a finalidade de investigar o comportamento dos seus diversos parâmetros de espalhamento associados (BALANIS, 1997), (GARG, 2001).

A Figura 3 apresenta a interface gráfica do simulador *Ansys Designer™* utilizado na modelagem da antena aqui proposta nesse projeto de pesquisa. Onde, por meio do simulador foi realizada uma série de simulações numéricas com a finalidade de compreender previamente o comportamento da antena, além de analisar a estabilidade

em frequência do dispositivo e sua viabilidade para aplicações e construção na faixa de frequência de interesse que é a faixa das micro-ondas em 2,44 GHz.

Após a fase de simulação numérica, o dispositivo proposto foi construído e medido em um analisador de rede vetorial modelo N523A da *Agilent Technologies*. A Figura 4 a seguir mostra a fotografia da antena construída e acoplada ao analisador de rede vetorial para caracterização experimental de seus parâmetros eletromagnéticos (parâmetros S) (GARG, 2001).

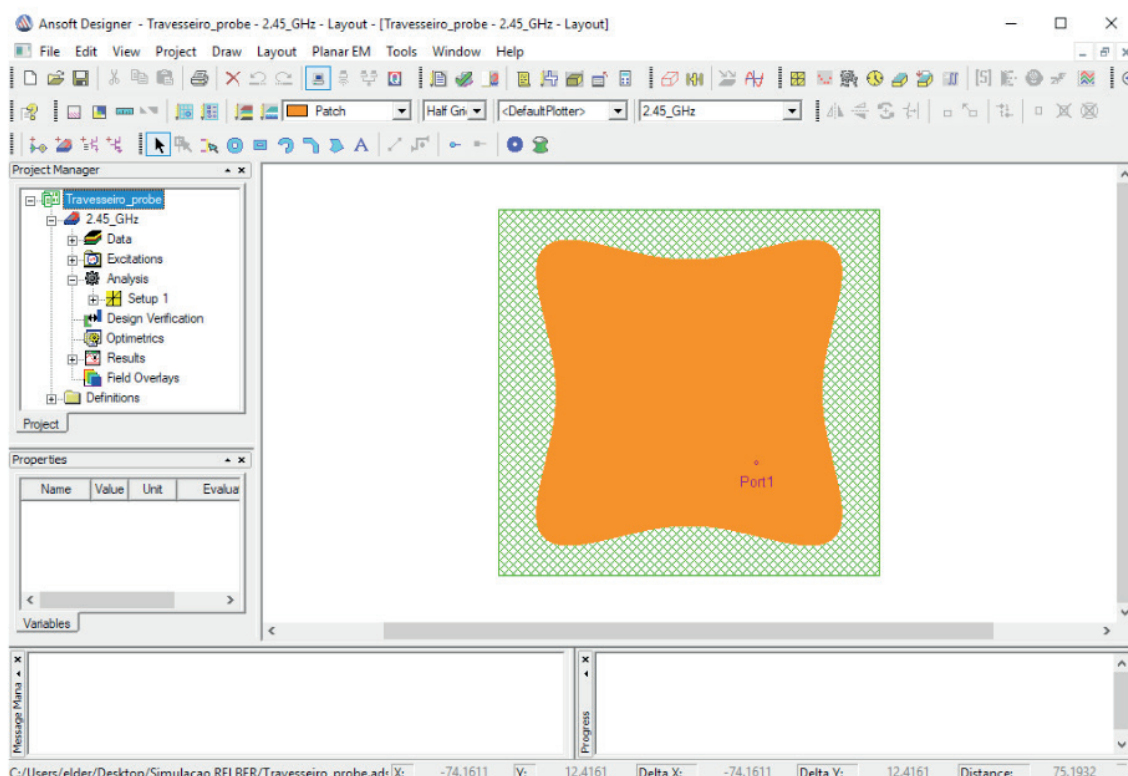


Figura 3 – Interface gráfica do simulado *Ansys Designer*TM utilizado na modelagem numérica da antena *Pillow* proposta.

A excitação da antena foi realizada pela técnica de ponta de prova coaxial (também conhecido por seu termo em inglês *probe coax*) usando um conector SMA de 50 Ω (BALANIS, 1997).

O protótipo foi construído, simulado e medido (ver Figura 4a e 4b), para isso foi utilizada uma placa de circuito impresso de fibra de vidro (FR4), com as seguintes características: espessura ($h = 1,5$ mm), permissividade elétrica ($\epsilon_r = 4,4$) e tangente de perda ($\tan\delta = 0,02$). O conector SMA foi soldado a placa em uma posição adequada, obtida empiricamente por meio de simulações com a finalidade de garantir um melhor casamento de impedância possível, o mais próximo dos 50 Ω desejados e assim maximizar a performance do dispositivo.

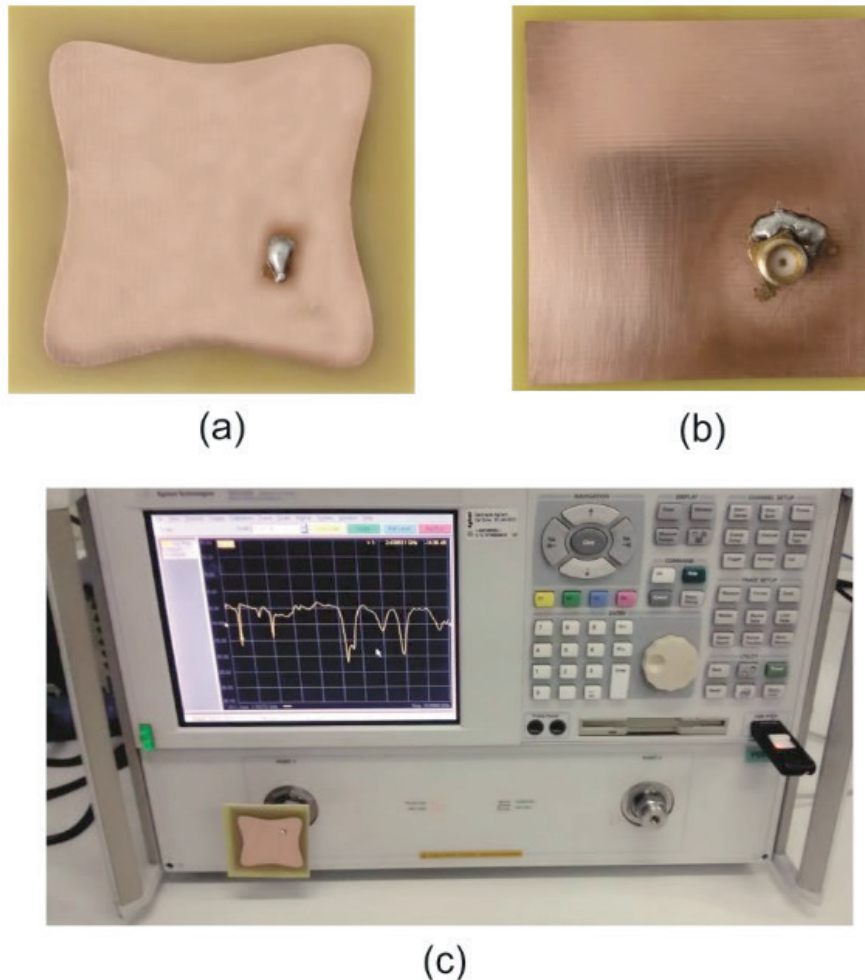


Figura 4 – (a) Vista superior do elemento patch irradiante; (b) vista traseira da antena onde se encontra o conector SMA; (c) antena acoplada ao analisador de rede vetorial.

4 | RESULTADOS SIMULADOS E MEDIDOS PARA A ANTENA PROPOSTA

A antena proposta (ver Figura 4a) foi analisada numericamente pelo simulador de onda completa *Ansys DesignTM* e com o intuito de validar o modelo proposto. A estrutura foi construída e caracterizada experimentalmente, onde teve seus mais diversos parâmetros de espalhamento investigados, que são os parâmetros S (BALANIS, 1997), dentre os quais se destacam: a Frequência de ressonância (F_r), Perda de retorno (RL), Largura de banda (BW), largura de banda percentual (BW%), coeficiente de onda estacionária (VSWR) e a Impedância de entrada, obtidos por meio de medições realizadas por um analisador de redes vetorial modelo N523A.

A perda de retorno (RL) no terminal de entrada da antena é definida como sendo a relação, em dB, entre as potências incidente e refletida nesse terminal, onde a mesma pode ser expressa em termos no coeficiente de reflexão (S_{11}), conforme Equação (2).

$$RL = -20 \log |S_{11}| \quad (2)$$

O primeiro resultado desse artigo é mostrado na Figura 5, que ilustra os resultados obtidos para a perda de retorno simulado e medido para a antena Pillow bioinspiradas proposta. É possível observar uma ótima concordância entre os resultados medido e simulado, com baixas perdas de retorno ($RL < -23$ dB) para o resultado medido, o que caracteriza um bom casamento de impedância para essa estrutura, conforme será mostrado e discutido na carta de Smith.

A estrutura apresentou ainda uma frequência de ressonância medida igual a 2,44 GHz, exatamente igual a inicialmente projetada, dessa forma propícia a aplicações em sistemas de comunicação sem fio (*Wireless*). A antena *Pillow* apresentou também um resultado medido para a largura de banda igual a 70 MHz. O resultado simulado apresentou uma perda de retorno ainda mais baixa e igual a -41 dB, porém apresentou também uma largura de banda estreita em relação ao resultado medido, obtendo o valor de 40 MHz.

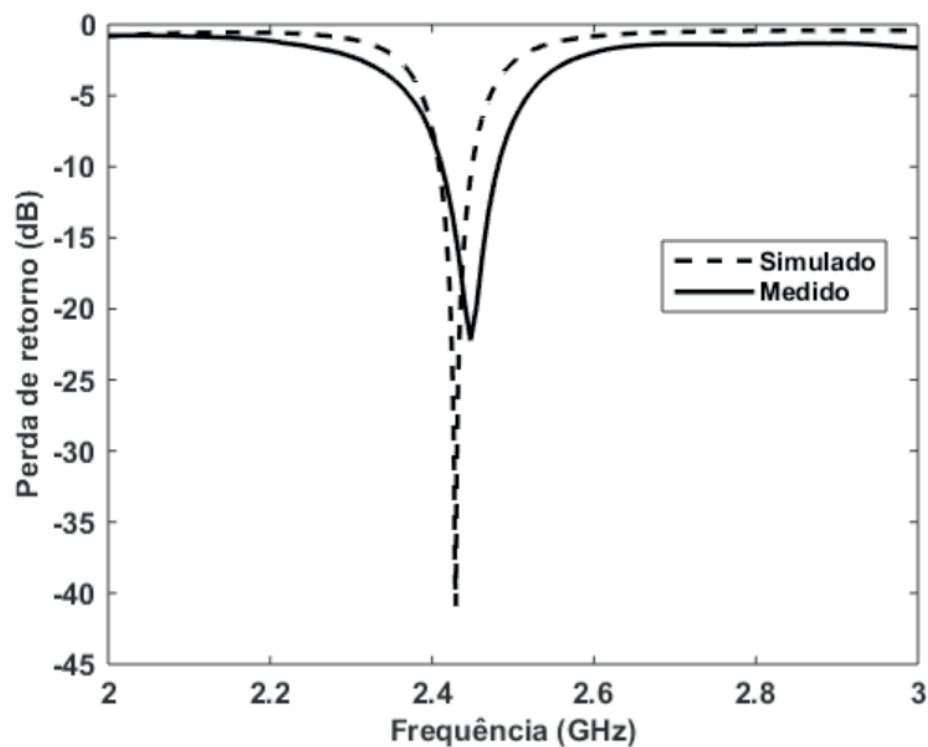


Figura 5 - Comparação entre simulação e medição da perda de retorno para a antena Pillow proposta.

Outro resultado de grande importância em projeto de antenas é o de VSWR. O coeficiente de onda estacionária (VSWR) é um parâmetro que mede o quanto de energia está voltando na linha de transmissão sob a forma de onda estacionária, e a mesma pode ser dada como sendo a relação entre os coeficientes de reflexão das ondas incidentes e refletidas sobre um terminal, conforme mostra a Equação (3).

$$VSWR = \frac{1+|S_{11}|}{1-|S_{11}|} \quad (3)$$

A Figura 6 mostra o resultado medido do coeficiente de onda estacionária (VSWR) para a antena *Pillow*, onde podemos constatar um valor medido de 1,18. Este valor se encontra abaixo da condição limite de funcionamento da antena, que corresponde a um valor de VSWR igual a 2,0 para uma perda de retorno igual a -10 dB.

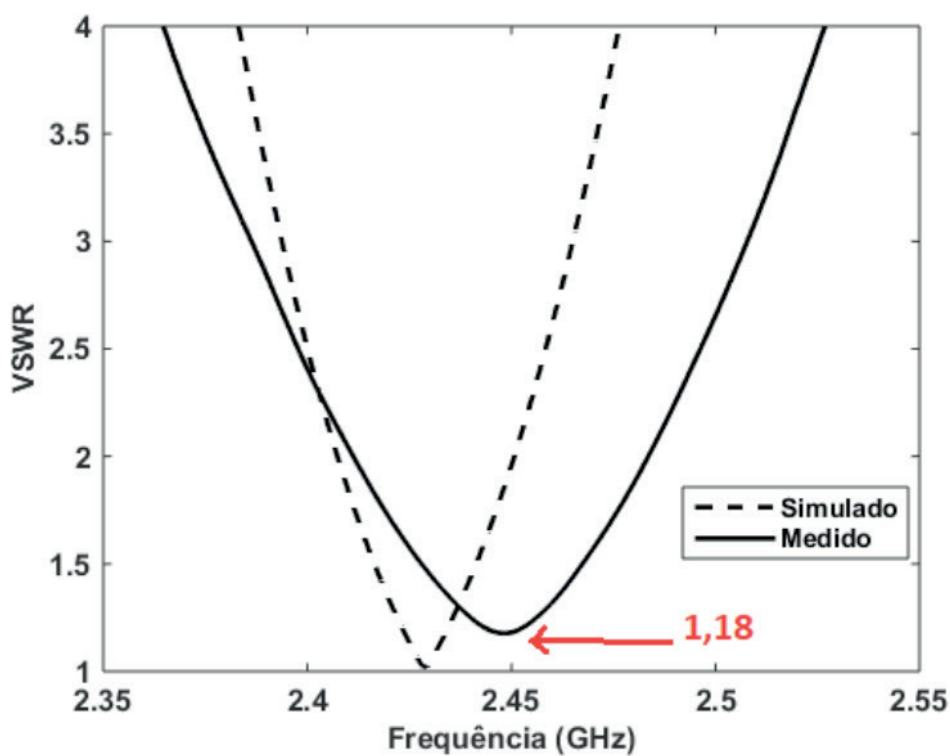


Figura 6 - Curva de VSWR medido e simulado para a antena *Pillow* proposta.

O resultado medido na carta de Smith da impedância de entrada para a antena *Pillow* é mostrado na Figura 7, onde o valor obtido foi de 58,72 Ω , caracterizando assim um bom casamento de impedância para essa estrutura.

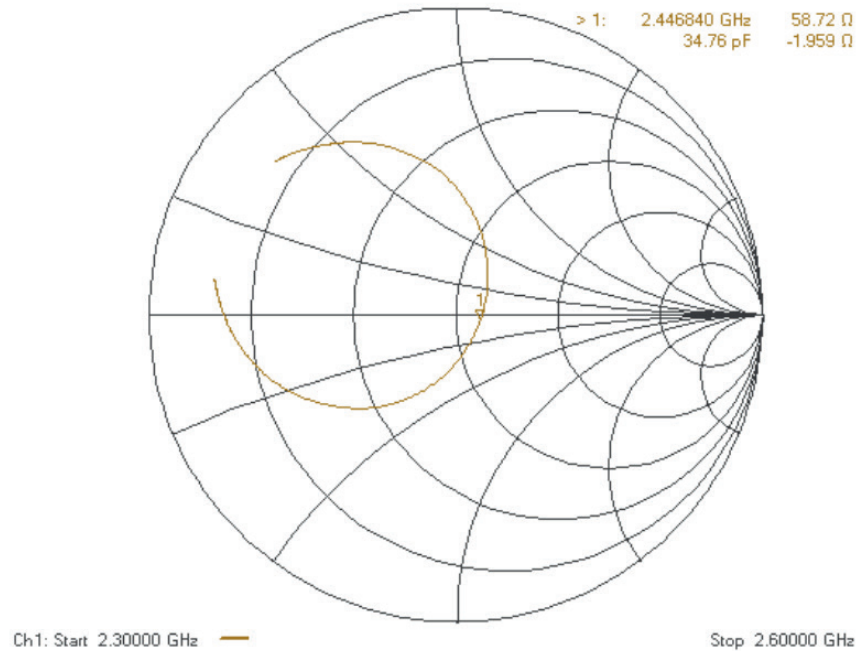


Figura 7 - Impedância de entrada medida na carta de Smith para a antena Pillow proposta.

O diagrama de radiação 3D é mostrado da Figura 8, onde é possível observar um diagrama sem deformações e com características diretivas, apresentando um ganho diretivo de 4,0 dB para a antena na região de campo distante (região de Fraunhofer). O diagrama se apresentou bem-comportado e a priori sem deformações ou algum aspecto que caracterize radiação espúrias em seu formato.

A Figura 9 mostra a distribuição de corrente no patch irradiante da antena *Pillow* proposta. Observa-se uma maior concentração de energia nas 4 (quatro) margens do elemento patch irradiante, o que nos permite concluir que toda a margem da estrutura é responsável igualmente pelo efeito de irradiação da antena, com a energia se distribuindo uniformemente pelo elemento irradiador (patch).

Todos os resultados obtidos para essa antena se encontram resumidos na Tabela 1.

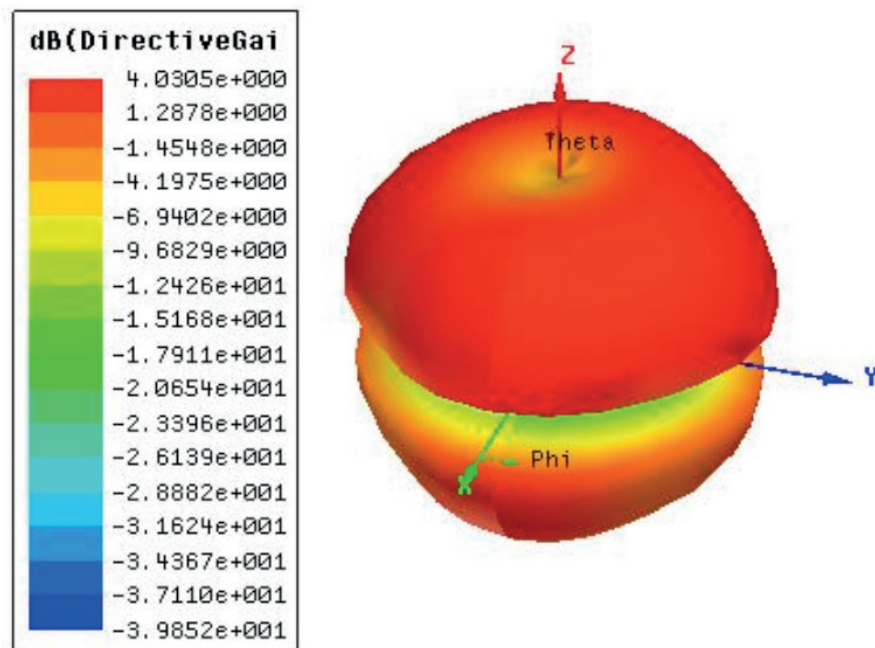


Figura 8 - Diagrama de radiação 3D e Ganho da antena *Pillow*.

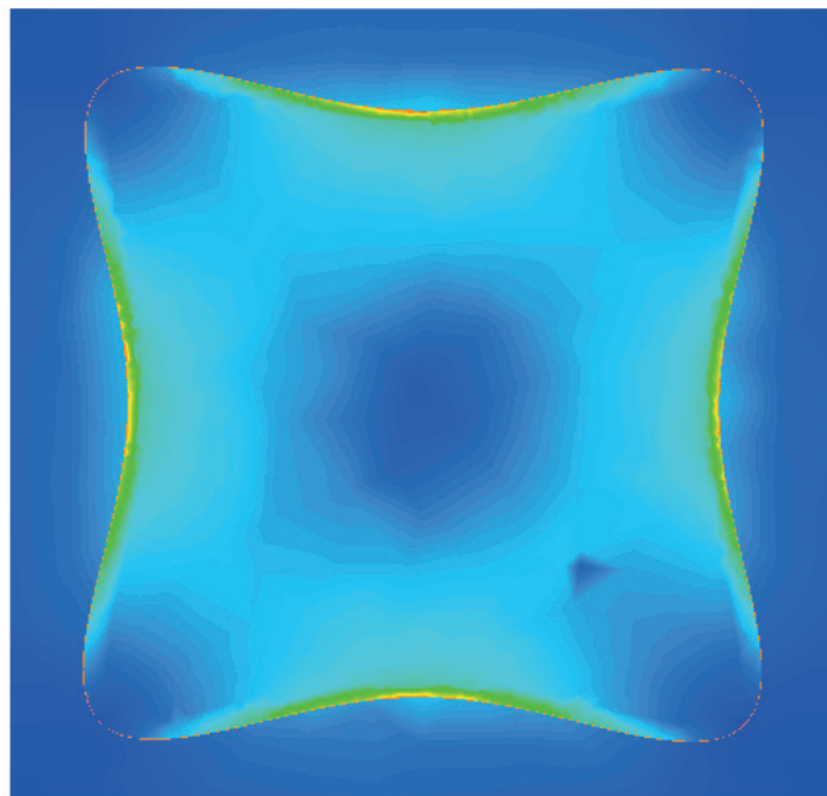


Figura 9 - Distribuição de corrente para a antena patch *Pillow*.

Resultados	Antena Patch Pillow	
	Simulado	Medido
Frequência de ressonância (Fr)	2,43 GHz	2,44 GHz
Perda de retorno (RL)	-41,0 dB	-23,0 dB
VSWR	1,02	1,18
Largura de banda (BW)	40 MHz	70 MHz
Largura de banda percentual (BW%)	1,64%	2,87%
Impedância de Entrada	–	58,72 Ω

Tabela 1 – Resultados simulados e medidos para a antena *Pillow* bioinspiradas proposta.

5 | CONCLUSÃO

Este artigo propôs uma nova antena denominada de antena *Pillow*, gerada por meio da super fórmula de Gielis, onde a mesma foi cuidadosamente projetada para operar na faixa de frequência de 2,44 GHz, onde temos aplicações IEEE 802.11 b/g/n, mais conhecido pela denominação de *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) e aplicações *Bluetooth* (IEEE 802.15). Essa nova estrutura baseada em uma geometria muito próxima a um traveseiro para o projeto do elemento irradiante, foi visando maximizar e potencializar as aplicações desse tipo de estrutura sem perda de desempenho nas faixas de frequências desejadas a aplicações em comunicações sem fio.

A estrutura apresentou boas características de radiação na frequência de 2,44 GHz, com baixas perdas de retorno, a priori sem deformação e com características direcionais, conforme observado pelo diagrama de radiação da estrutura analisada. Uma boa concordância entre os resultados de perda de retorno foi observada assim como o resultado de VSWR para a antena, dessa forma evidenciando um bom casamento de impedância para a estrutura, onde a mesma foi comprovada por medição na carta de Smith na qual foi obtido o valor de 58,72 Ω . Uma boa concordância entre os resultados simulados e medidos foi verificada, validando assim o projeto o projeto da antena proposta.

O ponto negativo observado na execução desse projeto de antena, ficou por conta da largura de banda (BW) da antena, na qual era esperado uma largura de banda mínima de 83,5 MHz necessária a aplicações em sistemas de comunicação sem fio. Diante disso, esperamos evoluir nesse quesito, melhorando esse parâmetro sem degradar a performance da antena.

Como sugestão para trabalhos futuros, os pesquisadores pretendem realizar outros projetos dessa natureza agora agregando dois ou mais elementos irradiantes, formando assim um arranjo de antenas patches *Pillow*, e dessa forma tentar melhorar sua largura de banda e demais parâmetros associados a essa estrutura.

REFERÊNCIAS

LEITHOLD, L. O Cálculo com Geometria Analítica, São Paulo: Harbra, 1994.

BALANIS, C. A. **Antenna theory-analysis and design**, 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, 1997.

GARG, R.; BHARTIA, P.; BAHL, I.; ITTIPIBOON, A. **Microstrip Antenna Design Handbook**, Boston, USA: Artech House, Inc., 2001.

Ansoft Designer (part of ANSYS Inc.) [Online]. Available: www.ansoft.com.

GIELIS, Johan. **A Generic Geometric Transformation that Unifies a Wide Range of Natural and Abstract Shapes**, American Journal of Botany, vol. 3, n° 90, pp. 333-338, 2003.

PUENTE, C.; ROMEU, J.; POUS, R; CARDAMA, A. **On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna**, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, pp. 517-524, 1998.

OLIVEIRA, M. A. Projeto de Antenas e Superfícies Seletivas em Frequência a Partir de Transformações Polares. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2017.

OLIVEIRA, E. E. C. **Antenas de Microfita com Patch Quase-Fractal para Aplicações em Redes WPAN/WLAN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, 2008.

MORETTI, Isabella. “Regras da ABNT para TCC: conheça as principais normas”. 2017. Disponível em: <<https://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas>>. Acesso em: 26/02/2020.

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