

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia elétrica: comunicação integrada no universo da energia

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica: comunicação integrada no universo da energia / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-837-3

DOI 10.22533/at.ed.373212302

1. Energia. 2. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 621.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

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 é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de subáreas e especializações, 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

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL ESPECIALISTA EM RECONHECIMENTO DE TRANSTORNOS VOCAIS MODERADOS

Eduardo Henrique da Silva

Mateus Morikawa

Vinícius Baratieri Suterio

María Eugenia Dajer

DOI 10.22533/at.ed.3732123021

CAPÍTULO 2..... 11

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GROUNDING SYSTEMS MODELING ON THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES

Felipe Vasconcellos

Rafael Alípio

Fernando Moreira

DOI 10.22533/at.ed.3732123022

CAPÍTULO 3..... 25

ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE INTERNAÇÃO E DE CONSULTA MÉDICA EM HOSPITAIS PÚBLICOS E PRIVADOS DE ARAPIRACA-AL

Augusto César Lúcio de Oliveira

Gabriel dos Santos Alves

Hapitaglo Rian da Silva

Igor Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.3732123023

CAPÍTULO 4..... 36

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM BASE EM SENSORES DE PRESENÇA E BLUETOOTH

Wyctor Fogos da Rocha

Mário Mestria

DOI 10.22533/at.ed.3732123024

CAPÍTULO 5..... 50

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM FOTÔMETRO

Gabriela Dias Alba

Alberto Noboru Miyadaira

Oldair Donizeti Leite

Domingos Perego Junior

Eduardo Cezar Lenz

João Pedro de Araújo Nespolo

DOI 10.22533/at.ed.3732123025

CAPÍTULO 6..... 60

THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY-DEPENDENT BEHAVIOR OF GROUND

ELECTRICAL PARAMETERS ON THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES

Felipe Vasconcellos

Rafael Alípio

Fernando Moreira

DOI 10.22533/at.ed.3732123026

CAPÍTULO 7..... 77

BANCADA EXPERIMENTAL PARA TESTE DE CONTROLADORES PRIMÁRIOS EM MICRORREDES

João Pedro Magalhães Fernandes

Márcio Stefanello

DOI 10.22533/at.ed.3732123027

CAPÍTULO 8..... 89

ANÁLISE DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO PADRÃO COM ESTRATÉGIA DE CONTROLE DE TENSÃO NO MODO TENSÃO-POTÊNCIA ATIVA

Vitor Francisco Bassi de Franchi Siqueira

Romeu Reginatto

DOI 10.22533/at.ed.3732123028

CAPÍTULO 9..... 103

DESENVOLVIMENTO DE UM FOTOMETRO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS

Domingos Perego Junior

Alberto Noboru Miyadaira

Oldair Donizeti Leite

Gabriela Dias Alba

Eduardo Cezar Lenz

João Pedro de Araújo Nespolo

DOI 10.22533/at.ed.3732123029

CAPÍTULO 10..... 112

MORTE POR ELETROCUSSÃO NA REGIÃO NORDESTE ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2019

Daniela Asquidamini

Carlos A. C. Jousseph

Bruna Pontes Cechinel

DOI 10.22533/at.ed.37321230210

CAPÍTULO 11..... 119

PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA GERENCIAMENTO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA

Raphael de Aquino Gomes

Vinicius de Mello Lima

Amanda Beatriz Mendanha Fernandes

Charles Lucas Santana de Souza

DOI 10.22533/at.ed.37321230211

CAPÍTULO 12.....	131
ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DO ESTÁGIO DE SAÍDA DE UM GERADOR DE ONDAS ARBITRÁRIAS	
Daiany Besen	
Felipe Walter Dafico Pfrimer	
Alberto Yoshihiro Nakano	
DOI 10.22533/at.ed.37321230212	
CAPÍTULO 13.....	140
DESENVOLVIMENTO DE PLACA DE AQUISIÇÃO E ELETRODOS SECOS EM ELETROMIOGRAFIA	
Luiz Augusto Garonce Ferreira	
Felipe Walter Dafico Pfrimer	
Alberto Yoshihiro Nakano	
DOI 10.22533/at.ed.37321230213	
CAPÍTULO 14.....	148
PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE UM CURSO DE OPERADOR DE USINAS TERMELÉTRICAS ARTICULADO COM EMPRESAS DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM	
Marcel Ribeiro Mendonça	
Marcilia Maria Soares Barbosa Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.37321230214	
CAPÍTULO 15.....	159
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE ANÁLISE DE AZEITES E ÓLEO VEGETAL DE BAIXO CUSTO	
Matheus Bogo Polidorio	
Alexandre de Sousa Duarte	
Alberto Yoshihiro Nakano	
Ricardo Schneider	
Felipe Walter Dafico Pfrimer	
DOI 10.22533/at.ed.37321230215	
SOBRE OS ORGANIZADORES	170
ÍNDICE REMISSIVO.....	171

CAPÍTULO 1

APLICAÇÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL ESPECIALISTA EM RECONHECIMENTO DE TRANSTORNOS VOCAIS MODERADOS

Data de aceite: 22/02/2021

Data de submissão: 05/01/2020

Eduardo Henrique da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/6756792943255152>

Mateus Morikawa

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/4261160874062010>

Vinícius Baratieri Suterio

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/0642452489289061>

María Eugenia Dajer

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/8423481649170942>

RESUMO: A voz é um elemento primordial para a realização de grande parte das atividades feitas pelos seres humanos, sejam elas do âmbito de lazer ou de trabalho. Distúrbios vocais ocorrem em um número elevado de pessoas, e podem ser causados por diversos motivos, sendo assim, tem-se como necessário um diagnóstico rápido e eficiente para o seu devido tratamento. O objetivo desse trabalho foi realizar o reconhecimento de desvios vocais de grau moderado por meio da aplicação de uma rede neural artificial especialista. Para a sua devida execução, foram

realizadas diferentes etapas, sendo elas: o tratamento do banco de dados utilizado; o pré-processamento dos sinais de voz; a extração das características da voz (energia e entropia) por meio da Transformada Wavelet Packet, e, por fim, a aplicação da rede neural artificial especialista, na qual foram realizados treinamentos e testes. Foi possível obter uma taxa de acerto total de 82,2% utilizando a energia extraída dos sinais de voz, ao mesmo tempo que, utilizando a entropia, foi obtida uma taxa de 99,5% de acerto.

PALAVRAS-CHAVE: Distúrbios da voz. Transformada Wavelet Packet. Perceptron Multicamadas.

APPLICATION OF AN ARTIFICIAL SPECIALIST NEURAL NETWORK FOR THE RECOGNITION OF MODERATE VOCAL DISORDERS

ABSTRACT: The voice is a key element for the accomplishment of most of the activities done by human beings, whether recreation or work. Vocal disorders occur in a large number of people and can be caused by several reasons, so a fast and efficient diagnosis is necessary for its proper treatment. The objective of this study was to recognize moderate vocal disorders by the application of a specialized artificial neural network. For its proper implementation, certain steps were required, namely: the database treatment used; preprocessing of voice signals; the extraction of voice characteristics (energy and entropy) using the Wavelet Packet Transform, and, finally, the application of the specialist artificial neural network. It was possible to achieve a total hit rate of 82.2% using the energy

extracted from the signals while using entropy, a 99.5% accuracy rate was obtained.

KEYWORDS: Voice disorders. Wavelet Packet Transform. Perceptron Multilayer.

1 | INTRODUÇÃO

A voz é um elemento primordial para grande maioria das atividades realizadas pelos seres humanos, seja durante o trabalho, ou durante as horas de lazer, utilizada em grandes e pequenas proporções no cotidiano das pessoas, sendo assim, o meio de comunicação mais utilizado do mundo. A voz é uma característica própria do indivíduo, que pode até mesmo informar as condições de saúde, de idade, de sexo, do estado emocional e de traços da personalidade do indivíduo [BEHLAU, 2001].

A produção da voz está relacionada a fatores biológicos e genéticos, mas também culturais e psicossociais. Além disso, a personalidade, o estado emocional e a forma de expressar as emoções também diferenciam a voz. De maneira geral pode-se dizer que a produção do som é consequência da força muscular das pregas vocais e da pressão que o ar sai do pulmão [GAYOTTO, 2006] [GOULART, 2002].

A partir do conceito de qualidade vocal, a voz pode ser classificada como eufonia ou como disfonia. Uma voz saudável é denominada eufônica, sendo aquela onde há o equilíbrio entre a força do ar e da musculatura das pregas vocais, quando falta esse equilíbrio, a voz é considerada disfônica. Pode-se entender como disfonia qualquer tipo de dificuldade na emissão vocal que impeça a voz de cumprir o seu papel básico de transmissão da mensagem verbal e emocional de um indivíduo [PENTEADO, 2006] [BATALLA, 2004].

Analisar auditivamente a qualidade vocal de um indivíduo não é uma tarefa fácil, pois há muitas variações na voz em uma mesma emissão, o que torna complexa sua análise. Além disso, os indivíduos geralmente apresentam desvios vocais combinados, como rugosidade e sopro, rugosidade e tensão, ou esses três simultaneamente, o que confunde o avaliador e interfere na concordância do julgamento perceptivo [BELE, 2005] [OATES, 2009].

Portanto, para auxiliar os profissionais da área em questão, é possível utilizar ferramentas que possam auxiliar no reconhecimento de disfonias em indivíduos, por meio de processos computacionais desenvolvidos em base de um banco de dados confiável, fazendo uso assim da área da Engenharia Biomédica. A voz é um sinal biológico que pode ser representado como uma função que contém informações que são obtidas através de sensores ou transdutores. Essas informações evidenciam o comportamento ou natureza de um fenômeno e podem ser processadas ou transmitidas [WEEKS, 2012] [OPPENHEIM, 2010].

Uma das etapas essenciais para a extração de características dos sinais de voz é a aplicação da Transformada Wavelet Packet. Esta ferramenta permite analisar eventos irregularmente distribuídos e séries temporais que contenham potências não-estacionárias

em diferentes frequências, sendo assim de grande utilidade para a análise de sinais de voz [GUIMARÃES, 2003].

A representação da voz como um sinal é essencial para a realização do processamento digital dela, pois este sinal será aplicado posteriormente em uma ferramenta computacional (redes neurais artificiais), para a realização do reconhecimento de padrões. As RNAs são modelos computacionais inspirados no processo de aprendizagem do cérebro humano, emulando o seu funcionamento. Possuem neurônios artificiais que passam por um determinado processo de aprendizagem, sendo treinados e testados para realizar uma tarefa ou uma função específica. O processo de aprendizagem é realizado através do treinamento da RNA, na qual os pesos sinápticos acumulam o conhecimento adquirido durante o processo [HAYKIN, 2001].

As RNAs empregam uma interligação maciça de células computacionais simples denominadas “neurônios” ou “unidades de processamento”, sendo assim, o conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente por intermédio de um processo de aprendizagem, os pesos sinápticos são utilizados para armazenar o conhecimento adquirido [HAYKIN, 2001].

O resultado produzido por um neurônio artificial pode ser representado pelas equações (1) e (2):

$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta \quad (1)$$

$$y = g(u) \quad (2)$$

Sendo x_i os sinais de entrada, que representarão os valores assumidos pelas variáveis de entrada de uma aplicação em específico; w_i os pesos sinápticos, que serão ponderados de acordo com os valores de entrada e com a saída desejada da rede neural; θ o limiar de ativação, que especificará o patamar apropriado para gerar um valor de disparo na saída do neurônio; u o potencial de ativação, valor mínimo para que o neurônio produza um potencial excitatório; $g(u)$ a função de ativação, que limitará a saída do neurônio dentro de um intervalo de valores razoáveis a serem assumidos pela sua própria imagem funcional e, por fim, y o sinal saída, que consiste no valor final produzido pelo neurônio [SILVA, 2010].

Existem diversos tipos de arquiteturas de RNAs, neste trabalho foi utilizada a arquitetura *feedforward* de camadas múltiplas (Perceptron Multicamadas). Existem também diferentes tipos de redes neurais e processos de aprendizagem, no caso, foram utilizados uma RNA especialista, que é um tipo de RNA capacitada especificamente para reconhecimento de padrões, e o treinamento supervisionado, vistos como mais efetivos para este tipo de aplicação [SILVA, 2010].

O objetivo geral do trabalho é utilizar uma rede neural artificial especialista para o reconhecimento de disfonias de grau moderado. As etapas da execução da pesquisa foram as seguintes:

- Tratamento e verificação do banco de dados, a fim de garantir que os áudios necessários para a realização do trabalho estão presentes e em boas condições.
- Pré-processamento dos sinais de voz;
- Extração das características dos sinais de voz;
- Treinamento e teste da rede neural especialista;
- Validação da rede neural especialista aplicada para reconhecer transtornos vocais de nível moderado.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Banco de Dados

A realização do trabalho só foi possível em razão da obtenção do banco de dados de vozes, que foi cedido gentilmente pela Dra. Fabiana Zambon do Sindicato de Professores Privados de São Paulo SINPRO-SP. O banco de dados em questão continha um total de 75 áudios, com gravação da vogal /e/ sustentada, tendo uma diversidade de vozes eufônicas (saudáveis) e disfônicas de grau leve, moderado e intenso.

Porém, os áudios não estavam classificados separadamente no banco de dados, portanto, foi necessário utilizar o método descrito por Yamasaki (2016) para a devida classificação dos áudios em eufônicos, disfônicos de grau leve, de grau moderado e de grau intenso.

Após a classificação dos áudios, foi possível observar a quantidade de áudios pertencentes à cada grupo, como descrito na Tabela 1.

	Saudáveis	Grau Leve	Grau Moderado	Grau Intenso
Quantidade de áudios	25	29	20	1

Tabela 1 – Representação da quantidade de áudios pertencentes à cada grupo.

Com os áudios devidamente separados, teve início a etapa de pré-processamento dos sinais de voz. Esta etapa, e todas as outras subsequentes, foram realizadas utilizando o software MATLAB®, assim como, exclusivamente para esta etapa, foi utilizado o software *Audacity*.

2.2 Pré-processamentos dos sinais de voz

Esta etapa do trabalho foi dividida em 3 tarefas consecutivas, são elas:

- Remoção de silêncio;
- Remoção de sinal DC *offset*;

- Remoção de artefatos.

Um detalhe importante nesta etapa do trabalho é o fato de que características relevantes para a classificação da qualidade vocal podem ser ruídos, o que praticamente impossibilita a aplicação de filtros [LIMA, 2018].

A remoção de silêncio consistiu em retirar todos os trechos nos áudios nos quais ocorre silêncio, mantendo assim somente os trechos nos quais ocorre a vogal /e/ sustentada. Esse processo foi realizado a partir da construção de uma rotina no software MATLAB®.

Logo após, foi removido o sinal DC *offset*, sinal contínuo e de baixa frequência, que se encontra presente nos áudios. Esse sinal é proveniente dos componentes eletrônicos utilizados para a gravação das vozes, e é prejudicial para o bom funcionamento da RNA se não for removido. Para detectar e remover este tipo de sinal foi utilizada a função *detrend* presente na biblioteca de funções do software MATLAB®.

As Figuras 1 e 2 mostram um dos áudios presentes no banco de dados antes e depois do processo de remoção de silêncio e de sinal DC *offset*, respectivamente.

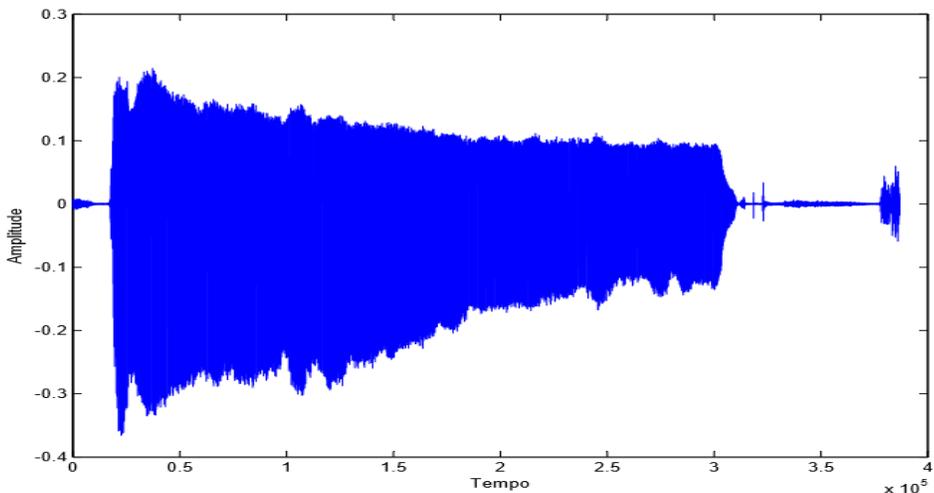


Figura 1 – Áudio antes do processo de remoção do silêncio e do sinal DC *offset*.

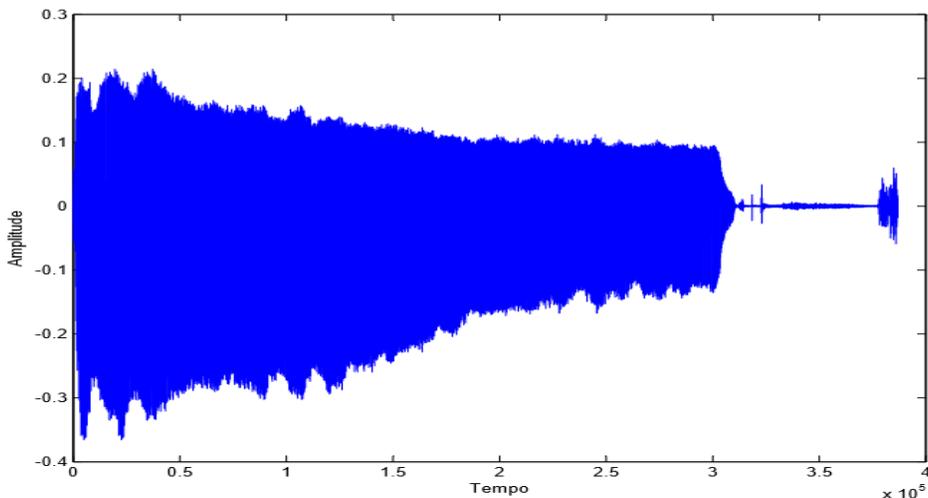


Figura 2 – Áudio depois do processo de remoção de silêncio e do sinal DC *offset*.

Para a remoção de possíveis artefatos presentes nos áudios foi utilizado o software *Audacity*. Um artefato pode ser definido como um trecho do áudio que possua qualquer tipo de som que não seja a vogal /e/ sustentada, como tosses, risadas, entre outros. Esta etapa é de extrema importância, pois, a não remoção deste tipo de elementos podem introduzir dados errôneos na RNA que podem causar a diminuição de assertividade no reconhecimento de padrões e classificação dos sinais. Os artefatos foram removidos manualmente.

Feitas todas as etapas citadas, o pré-processamento dos sinais de voz foi encerrado, começando assim a etapa de extração das características dos sinais de voz. Antes do início do processo de extração de características, foi realizada uma separação dos áudios a serem utilizados. Para isso, foram utilizados todos os áudios do grupo de disfonias de grau moderado e apenas 11 áudios do grupo saudável. Os áudios pertencentes ao grupo de disfonias de grau leve e ao grupo de disfonias de grau intenso não foram utilizados, por não serem o foco do trabalho.

2.3 Extração das características

Após a separação entre os áudios que foram utilizados nas etapas a seguir, foi iniciado o processo de extração de características, o qual teve como primeira tarefa a concatenação de todos os áudios, para que fosse realizada a normalização por meio da função *mapminmax*, presente na biblioteca do software MATLAB.

Com os áudios separados novamente, foi realizado um *overlap* (sobreposição) de 50% nos áudios, totalizando 7100 amostras e separando-as em uma porção para treinamento e outra para teste da RNA. Foram separadas aleatoriamente 5680 amostras para treinamento e 1420 para teste. Com as amostras já separadas para treinamento e

teste, e com sobreposição de 50% realizada, foi aplicada a TWP da Família Daubechies 2, com 5 níveis de decomposição e janelamento de 4096 amostras, escolhas feitas a partir da classificação feita por Lima (2018). A TWP foi aplicada para extrair a energia e a entropia das amostras, a partir das funções *wenergy* e *wentropy*, presentes na biblioteca do software MATLAB.

Em seguida, as matrizes de energia e entropia das amostras de treinamento e teste obtidas pela TWP foram normalizadas levando em conta a função de ativação a ser utilizada na RNA, que no caso foi a logística [SILVA, 2010].

2.4 Aplicação da rede neural especialista

Sendo assim, foi possível iniciar o processo de treinamento e teste da RNA especialista. A saída da RNA foi construída com a resposta à disfonia de grau moderado representada pelo vetor [1 0], enquanto a resposta ao grupo saudável pelo vetor [0 1]. As características fixadas da RNA especialista estão descritas na Tabela 2.

Taxa de Aprendizagem	0.2
Épocas	200
Algoritmo de Aprendizagem	Levenberg-Marquardt
Função de Ativação (intermediária)	Logística
Função de Ativação (saída)	Rampa Linear

Tabela 2 – Características da rede neural especialista utilizada.

O número de camadas intermediárias da rede neural, assim como a quantidade de neurônios em cada camada foram valores não fixados, a fim de poder alcançar a maior taxa de acerto possível utilizando diferentes combinações dos mesmos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram utilizadas 720 amostras do grupo disfônico de grau moderado e 700 amostras do grupo eufônico (saudável), totalizando 1420 amostras de teste. Após a realização de 20 testes com diferentes topologias da RNA, utilizando um grau de confiabilidade de 98%, foi possível identificar o tipo de topologia mais efetivo, a utilização de apenas uma camada intermediária, contendo 2 neurônios artificiais.

A partir da topologia citada acima, foram coletados os resultados da RNA após realizar o treinamento e teste por 10 vezes, utilizando tanto os valores de energia, mostrados na Tabela 3, como os de entropia, mostrados na Tabela 4. Pode-se observar pela tabela 4, que foi obtida uma taxa de acerto total maior quando utilizada a entropia, extraída dos sinais de áudio pela TWP, com o resultado “Média” sendo a média entre os 10 resultados obtidos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
93,03 %	81,83 %	88,38 %	84,51 %	77,89 %	81,34 %	79,08 %	77,05 %	79,08 %	80,64 %	82,28 %

Tabela 3 – Resultados obtidos com a energia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
99,86 %	99,65 %	99,85 %	99,86 %	99,86 %	97,11 %	99,85 %	99,86 %	99,86 %	99,8 %	99,56 %

Tabela 4 – Resultados obtidos com a entropia.

As Tabelas 5 e 6 mostram as matrizes de confusão obtidas a partir do valor médio de acerto, da entropia e da energia, respectivamente.

	Disfonias de Grau Moderado	Vozes Saudáveis	Incerteza
Disfonias de Grau Moderado	98,90%	0,04%	1,06%
Vozes Saudáveis	31,38%	65,22%	3,40%

Tabela 5 – Matriz confusão da média dos resultados obtidos com a energia.

	Disfonias de Grau Moderado	Vozes Saudáveis	Incerteza
Disfonias de Grau Moderado	99,58%	0,10%	0,32%
Vozes Saudáveis	0%	99,54%	0,46%

Tabela 6 - Matriz confusão da média dos resultados obtidos com a entropia.

É possível analisar, a partir da matriz confusão dos valores obtidos com a energia, que a RNA obteve um rendimento satisfatório na identificação das amostras pertencentes ao grupo disfônico de grau moderado, porém, teve rendimento um pouco menor na identificação das amostras do grupo saudável, obtendo um erro maior na classificação desse grupo. Este fato pode ser justificado por uma adaptação não tão boa ao grupo em questão, que pode ser explicado pela menor quantidade de áudios do grupo em questão presente no banco de dados, para treinamento da RNA.

Ao mesmo tempo que, pela matriz de confusão dos valores obtidos com a entropia, percebe-se um rendimento satisfatório tanto na identificação das amostras do grupo disfônico de grau moderado, como das amostras do grupo saudável, mostrando assim uma melhor adaptação da RNA, e comprovando um melhor rendimento desta, em geral, quando

é utilizada a entropia.

4 | CONCLUSÃO

Com os resultados da RNA especialista, foi possível notar que o método de pré-processamento dos sinais de voz em conjunto à extração das características desses sinais a partir da TWP, mostraram-se efetivos para essa aplicação. Nota-se também a eficiência da RNA como uma ferramenta de reconhecimento de transtornos vocais de grau moderado, pois os resultados obtidos após o treinamento e o teste foram satisfatórios, tendo um grau de confiabilidade alto para a aplicação. Confiabilidade, necessária para ferramentas de auxílio diagnóstico.

Portanto, após todos os procedimentos realizados, desde a verificação e tratamento do banco de dados utilizado, até o treinamento e teste da RNA especialista, os objetivos relacionados à execução do trabalho puderam ser cumpridos satisfatoriamente.

REFERÊNCIAS

- Batalla, F, N; Santos, P, C; Nieto, C, S; González, B, S; Sequeiros, G. **Evaluación perceptual de la disfonía: correlación con los parámetros acústicos y fi nalidad**. Acta Otorrinolaringol. Espanha, 55(6), 2004, p:282-7.
- Behlau, M; Azevedo, R; Pontes, P. **Conceito de voz normal e classificação das disfonias**. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter, v.1, 2001. p.53-79.
- Bele, I. **Reliability in Perceptual analysis of voice quality**. J Voice, 19(4), 2005, p:55-73.
- Gayotto, L, C. **Dinâmicas de Movimento da Voz**. Revista Distúrbios da Comunicação, v. 17, n. 3, 2006, p.41-49.
- Goulart, D; Cooper, M. **Por todo o canto**. São Paulo: G4, v.1, 2002.
- Guimarães, C, A, S; Freire, P, K, M; Torrence, C. **A Transformada Wavelet e sua Aplicação na Análise de Séries Hidrológicas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.18, n.3, 2003, p. 271-280.
- Haykin, Simon. **Redes Neurais: Princípios e Prática**. 2ª. ed. Hamilton, Ontario, Canadá. Goodman, 2001.
- Lima, A. A. M. **Classificação de Disfonias Utilizando Redes Neurais Artificiais e Transformadas Wavelet Packet**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, PR, 2018.
- Oates J. **Auditory-perceptual evaluation of disordered vocal quality – pros, cons and future directions**. Folia Phoniatr Logop, 61(1), 2009, p.49-56.

Oppenheim, A, V; Schafer, R, W. **Discrete-Time Signal Processing**. 3. ed. Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc., 2010.

Penteado, R, Z; Pereira, I, M, T, B. **Avaliação do impacto da voz na qualidade de vida de professores**. Revista Soc. Bras. Fonoaudiol, 2(2), 2006, p.19-28.

Silva, I. Spatti, D. H. Flauzino, R. A. **Redes Neurais Artificiais Para Engenharia e Ciências Aplicadas**. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 2010.

Weeks, M. **Processamento Digital de Sinais: Utilizando Matlab e Wavelets**. 2^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Yamasaki, R; Madazio, G; Leão, S, H, S; Padovani, M; Azevedo, R; Behlau, M. **Auditory-perceptual Evaluation of Normal and Dysphonic Voices Using the Voice Deviation Scale**. Journal of Voice. Auckland, v.31, n.1, 2016, p.67-71.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes fatais 112, 113, 117

AD633 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138

Análise luminotécnica 25

Arduino 37, 39, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 59, 111, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 128, 129, 130

Automação 9, 22, 36, 38, 47, 48, 59, 119, 121, 123, 127, 128, 150, 154, 155

Azeite 159, 160, 161, 163, 168

B

Backflashover 11, 12, 19, 20, 21, 22, 60, 61, 62, 70, 71, 72, 73

Bancada experimental 77, 78, 84, 85, 88

Bluetooth 36, 37, 39, 46, 47, 48, 49, 122

Boxplot 112, 113, 114, 115, 116

C

Classificadores 159, 160

Controle volt-watt 89

Costs 21, 36

D

DAC 131, 132, 134, 135, 137, 138

Descargas atmosféricas 11, 12, 60, 61

Design automation 36, 141

Distúrbios da voz 1

E

Eletricidade 45, 112, 113, 118, 120, 121, 129

Eletrodo de superfície 140

Eletromiografia 140, 143, 147

EMG 140, 141, 142, 143, 145

Espectrofotometria 50

Estágio de saída 131, 132, 133, 134, 136, 138

Estudo de cores 25

Extensão 148, 157

F

Fotometria 103, 104, 105

G

Geração solar 89, 90, 101

Gerador de ondas arbitrárias 131, 132, 138, 139

I

Iluminação no ambiente hospitalar 25

Infrared sensors 36

Instrumentos de medição 103

Internet das coisas 119, 120, 122, 130

L

Lighting control 36, 49

Linhas de transmissão 11, 12, 60, 61, 117

M

Microcontroladores 103

Microprocessador 36

Microrrede 77, 78, 79, 87

O

Óleo vegetal 159, 161

P

Perceptron multicamadas 1, 3

Processamento de imagem 159

Q

Qualificação profissional 148, 149, 155, 156

R

Raspberry Pi 46, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 159, 160, 163

Reconhecimento de padrão 159, 160

Recursos distribuídos de energia 77, 78

S

Sistemas de aterramento 11, 12, 61

Sobretensão 89, 91, 98, 100, 101

Software de controle 50

T

Transformada Wavelet Packet 1, 2

U

Usinas termelétricas 148, 149, 152, 155

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021