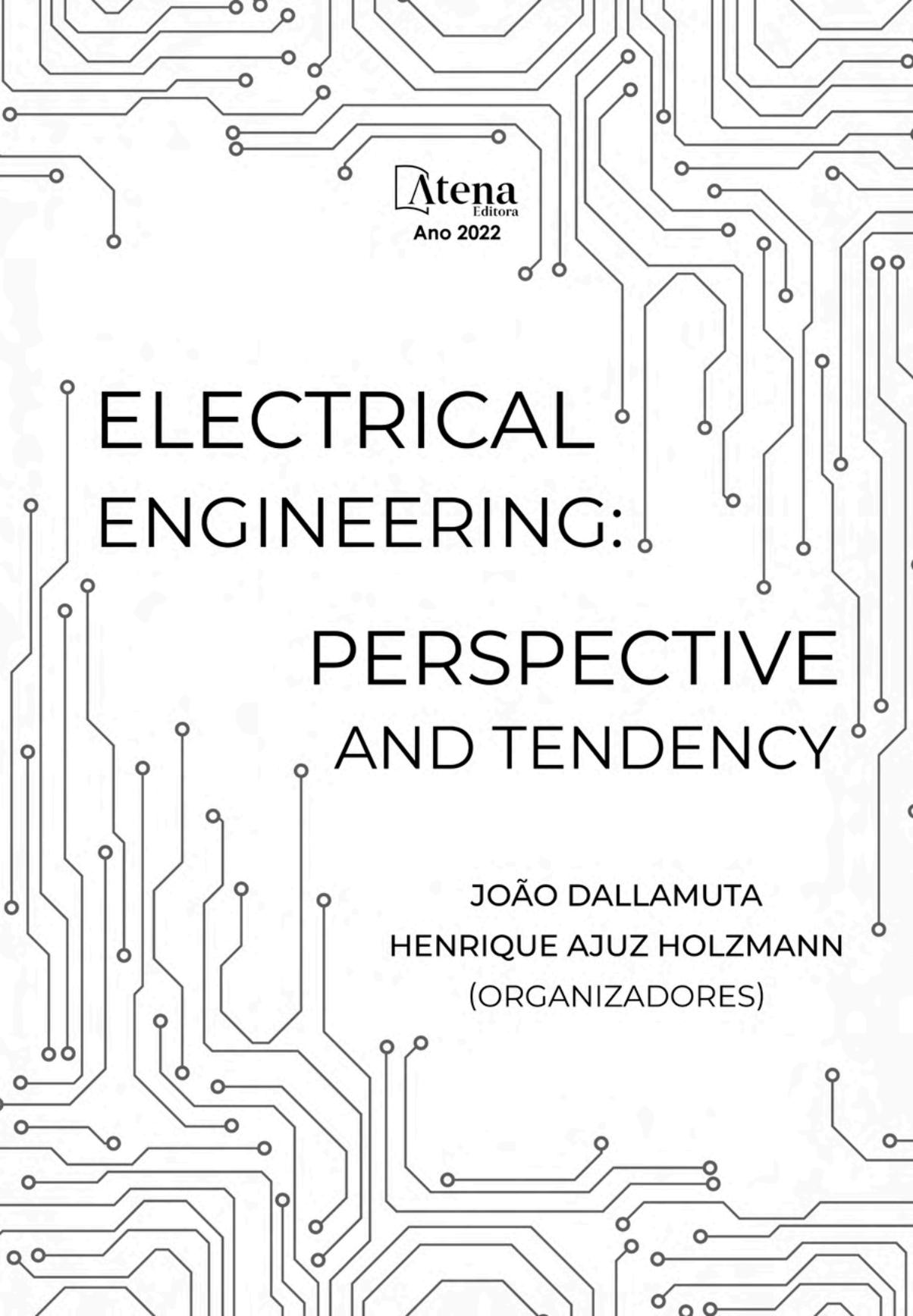


Atena
Editora
Ano 2022

ELECTRICAL ENGINEERING: PERSPECTIVE AND TENDENCY

JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)



Atena
Editora
Ano 2022

ELECTRICAL ENGINEERING: PERSPECTIVE AND TENDENCY

JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Electrical engineering: perspective and tendency

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E38 Electrical engineering: perspective and tendency /
Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz
Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0375-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.753222106>

1. Electrical engineering. I. Dallamuta, João
(Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III.
Título.

CDD 621.3

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



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

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 sub áreas 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

DETECÇÃO DE PATOLOGIAS VOCAIS POR MEIO DO USO DE MODELOS AUTO REGRESSIVOS E ALGORITMO KNN

Winnie de Lima Torres

Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo

Aldayr Dantas de Araújo

Allan de Medeiros Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221061>

CAPÍTULO 2..... 14

APRENDIZAGEM BASEADA EM METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA

Márcio Mendonça

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Carlos Renato Alves de Oliveira

Lucas Botoni de Souza

Kazuyochi Ota Junior

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Augusto Alberto Foggiato

Luiz Francisco Sanches Buzachero

Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

Luiz Henrique Geromel

Marcio Aurelio Furtado Montezuma

Emerson Ravazzi Pires da Silva

Fábio Rodrigo Milanez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221062>

CAPÍTULO 3..... 27

A VIRTUAL REALITY APPLICATION FOR TRAINING LOCOMOTIVE OPERATORS

Pablo Pereira e Silva

Rodrigo Varejão Andreão

Mário Mestría

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221063>

CAPÍTULO 4..... 40

OPEN LOOP CONTROL SYSTEM AND TOOLS FOR DATA ACQUISITION AND ESTIMATION OF THE WELD BEAD DEPTH IN GMAW PROCESS

Guillermo Alvarez Bestard

Renato Coral Sampaio

Sadek Crisostomo Absi Alfaro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221064>

CAPÍTULO 5..... 56

PREMISSAS E PERSPECTIVAS DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA DO

SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Bruno Knevez Hammerschmitt
Felipe Cirolini Lucchese
Marcelo Bruno Capeletti
Leonardo Nogueira Fontoura da Silva
Fernando Guilherme Kaehler Guarda
Alzenira da Rosa Abaide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221065>

CAPÍTULO 6..... 68

SISTEMA RETIFICADOR/INVERSOR COM CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA APLICADO AO ACIONAMENTO DE MOTOR SÍNCRONO DE IMÃS PERMANENTES

Pedro Cerutti Bolsi
Edemar de Oliveira Prado
Hamiltom Confortin Sartori
José Renes Pinheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221066>

CAPÍTULO 7..... 84

UM MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DA MARGEM DE CARGA DE SISTEMAS DE POTÊNCIA NA REGIÃO DE SEGURANÇA DINÂMICA DEVIDO A BIFURCAÇÕES

Murilo Eduardo Casteroba Bento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221067>

CAPÍTULO 8..... 92

UM MÉTODO BASEADO EM OTIMIZAÇÃO PARA O PROJETO DE CONTROLADORES CENTRALIZADOS DE AMORTECIMENTO

Murilo Eduardo Casteroba Bento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221068>

CAPÍTULO 9..... 102

TRAÇADOR DE CURVAS PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO PARA PAINÉIS PV USANDO UM CONVERSOR CC-CC

Romário de J. Nazaré
Leandro L. O. Carralero
Fabiano F. Costa
André P. N. Tahim

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7532221069>

CAPÍTULO 10..... 117

METODOLOGIA AVALIATIVA REMOTA APLICADA À UMA DISCIPLINA DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA: RELATO DE CASO

Bruno Knevez Hammerschmitt
Felipe Cirolini Lucchese
Alzenira da Rosa Abaide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75322210610>

SOBRE OS ORGANIZADORES	127
ÍNDICE REMISSIVO.....	128

CAPÍTULO 1

DETECÇÃO DE PATOLOGIAS VOCAIS POR MEIO DO USO DE MODELOS AUTO REGRESSIVOS E ALGORITMO KNN

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 19/04/2022

Winnie de Lima Torres

Programa de pós-graduação em Engenharia
Elétrica e da Computação
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6185848538725635>

Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo

Instituto de Computação
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5668210125232252>

Aldayr Dantas de Araújo

Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3165031680223608>

Allan de Medeiros Martins

Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4402694969508077>

RESUMO: Existe na literatura indicações de que o processamento digital de sinais permite diagnosticar, de maneira não invasiva, patologias laríngeas, não existindo definição do método mais indicado e das características, ou parâmetros, mais adequados para detectar a presença de desvios. Nesse trabalho é realizado um estudo para detecção de desvios

vocais utilizando-se vozes do banco de dados *Disordered Voice Database*. Foram utilizados 166 sinais distribuídos entre vozes saudáveis e vozes patológicas afetadas por edema, por nódulo e por paralisia nas pregas vocais. A partir dos sinais de voz, foram gerados modelos Auto Regressivos (AR e ARMA) para representação desses sinais e, utilizando os parâmetros dos modelos obtidos, foi utilizado o algoritmo *K-Nearest Neighbors* para a classificação dos sinais analisados. Os resultados obtidos foram comparados com uma classificação apenas pela distância euclidiana entre os sinais e apontaram um bom resultado no estudo proposto, com uma taxa de acerto na classificação superior a 71%.

PALAVRAS-CHAVE: Detecção de desvios vocais, AR, ARMA, K-nearest neighbor.

DETECTION OF VOCAL PATHOLOGIES THROUGH THE USE OF AUTO REGRESSIVE MODELS AND KNN ALGORITHM

ABSTRACT: There are indications in the literature that digital signal processing allows non-invasive diagnosis of laryngeal pathologies, and there is no definition of the most indicated method and the characteristics or parameters best suited to detect the presence of deviations. In this work, a study is performed for the detection of vocal deviations using voices from the *Disordered Voice Database*. We used 166 signals distributed between healthy voices and pathological voices affected by edema, nodule and paralysis in the vocal folds. Auto-Regressive models (AR and ARMA) were generated for the representation of

these signals and, using the parameters of the obtained models, the K-Nearest Neighbors algorithm was used to classify the analyzed signals. The obtained results were compared with a classification only by the Euclidean distance between the signs and indicated a good result in the proposed study, with a rating rate in the classification superior to 71%.

KEYWORDS: Detection of vocal deviations, AR, ARMA, K-nearest neighbor.

1 | INTRODUÇÃO

A fala humana é o meio de comunicação e expressão mais importante para o ser humano, sendo um objeto de estudo atrativo em diferentes campos da ciência. As doenças no trato vocal provocam mudanças nos padrões de vibração da voz, além de afetarem significativamente a emissão e o entendimento da informação a ser transmitida.

Os problemas na produção da voz podem surgir devido a dois fatores: (i) uma desordem funcional causada pelo abuso, ou uso incorreto, do sistema vocal, podendo ser corrigidos por meio de terapia vocal; (ii) por patologias laríngeas, como nódulos nas pregas vocais, pólipos, úlceras, carcinomas e paralisia do nervo laríngeo, que podem ser corrigidos por meio de terapia vocal, cirurgia e, em alguns casos, radioterapia (Martinez e Rufiner, 2000).

A detecção de patologias na laringe tem ocorrido, basicamente, por meio de diagnósticos médicos, apoiados em exames clínicos invasivos e que causam desconforto ao paciente (Souza, 2010). Comumente, é realizado um exame inicial de audição da voz pelos otorrinolaringologistas, juntamente com a anamnese e, posteriormente, exames físicos e visuais da laringe, tais como: a videolaringoscopia direta e a videoestroboscopia (Parraga, 2002). Esses exames são realizados por meio de solicitação médica e, na maioria das vezes, só ocorrem quando as alterações na fala já são marcantes ou estão causando dor ao indivíduo. Nesse ponto, a doença já está em um grau avançado, dificultando o tratamento (Souza, 2010).

Diversos métodos têm sido propostos para avaliar a presença de desvios vocais e quantificar o grau dos distúrbios. Entretanto, a definição do melhor método e das características, ou parâmetros adequados para detectar a existência, bem como o grau dos desvios, ou a presença de patologias laríngeas, ainda é objeto de estudo (Pinho, 2017).

O conceito principal para a análise de sinais de voz evidencia a dependência da estrutura do sistema vocálico, ou seja, qualquer distúrbio que ocorra na laringe é refletido no sinal. Diversas técnicas de processamento digital de sinais têm sido utilizadas ao longo dos anos como uma eficiente ferramenta não invasiva para diagnosticar as alterações na produção dos sons provocados por patologias da laringe, classificação de doenças da voz e sua pré-deteção, auxiliando, dessa forma, no desenvolvimento do processo terapêutico (Costa et al., 2007). A maioria das pesquisas realizadas até o momento baseiam-se em três metodologias: acústica, paramétrica e não paramétrica ou em métodos estatísticos.

O desenvolvimento de instrumentos para monitorar e auxiliar em diagnósticos

médicos inclui ferramentas interdisciplinares das áreas de matemática, física e engenharia. A abordagem de sistemas biomédicos como sistemas dinâmicos tem se constituído uma linha de pesquisa de grande relevância, onde alguns autores defendem a ideia de que muitas doenças humanas podem ser determinadas por meio de técnicas de modelagem e de análise de sistemas não lineares (Glass; Mackey, 1988).

2 | IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS

De acordo com Mathias (1998), o campo de abrangência do problema de identificação de sistemas engloba diferentes ramos da ciência e, conseqüentemente, a terminologia utilizada na literatura não é única. No contexto geral, as aplicações no campo da identificação podem ser divididas como um processo ao longo do tempo, em que informações do passado são aplicadas na análise de comportamento e interpretação de operação; informações do presente são aplicadas na análise de comportamento e monitoramento; e informações do futuro são aplicadas à análise de comportamento e predição.

Coelho e Coelho (2015) discorre que em controle de processos, denota-se um sistema como um objeto, ou uma coleção de objetos, que realiza determinada função, cujas propriedades pretende-se estudar. Uma das alternativas existentes para representar o comportamento dinâmico de um sistema é o uso de modelos matemáticos.

Assim, o modelo matemático é uma aproximação das características biológicas, químicas e físicas de um sistema dinâmico. Sendo assim, não existe um modelo exato para descrever o comportamento dinâmico e sim um conjunto de modelos que podem atender as especificações necessárias para a modelagem do sistema.

De acordo com Ljung (1987) existem diversas alternativas no processo de construção de estruturas para os modelos matemáticos com o objetivo de representar o comportamento dinâmico de um sistema ou planta da melhor forma possível. Uma destas maneiras, é a representação da dinâmica do processo a partir de equações a diferenças.

2.1 Modelos Auto Regressivos

Para Jacobs e Costa (2011) a análise por meio de séries temporais é um método que mapeia uma determinada variável ao longo do tempo, removendo as variações com causas assinaláveis e utilizando a extrapolação para previsão do comportamento futuro. Tais modelos tentam prever o futuro com base em dados passados. É uma importante área da previsão de demanda onde dados passados de determinada variável são coletados e analisados para o desenvolvimento de um modelo que descreva a relação não descoberta desta variável.

Conforme descrito em Ljung (1998), um modelo discreto linear invariante no tempo, que relaciona a saída, $y(k)$, com a entrada, $u(k)$, e um ruído gaussiano, $v(k)$, conforme equação abaixo:

$$A(z^{-1})y(k) = \frac{B(z^{-1})}{F(z^{-1})}u(k) + \frac{C(z^{-1})}{D(z^{-1})}v(k) \quad (1)$$

em que $A(z^{-1})$, $B(z^{-1})$, $C(z^{-1})$, $D(z^{-1})$ e $F(z^{-1})$ são polinômios com ordens na , nb , nc , nd e nf , respectivamente.

A partir da Equação 1, é possível classificar os modelos formados por estes polinômios, conforme mostra a Tabela 1.

Polinômios	Modelo
A	AR
A, B	ARX
A, B, C	ARMAX
A, C	ARMA
A, B, D	ARARX
A, B, C, D	ARARMAX
B, F	<i>Output Error</i>
B, F, C, D	<i>Box-Jenkins</i>

Tabela 1. Modelos discretos conforme polinômios.

Fonte: A autoria própria, 2018.

Da Equação 1, observa-se que em situações em que a série temporal da componente de excitação não é observada, ela se reduz aos modelos AR e ARMA.

O modelo estrutural ARMA é denominado paramétrico baseado na hipótese que seus parâmetros guardam informações relativas à dinâmica do sistema, uma vez que esses são relacionados com a covariância equivalente do sistema e ao processo de excitação.

Uma vez escolhido o modelo matemático para representar o fenômeno a ser analisado, torna-se interessante a estimação dos parâmetros de tal modelo.

2.2 Estimador dos Mínimos Quadrados

Uma variedade de métodos para a estimação de parâmetros de modelos pode ser encontrada na literatura, mas, dá-se um destaque ao estimador dos mínimos quadrados, visto que ele é o pilar de desdobramento de outros métodos.

O estimador dos mínimos quadrados realiza o ajuste de curva para um determinado conjunto de dados obtidos experimentalmente, estimando assim, os coeficientes do modelo matemático para o sistema em estudo.

A saída do sistema em estudo pode ser representada pela Equação 2,

$$\mathbf{y} = \mathbf{\Psi}\boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{\xi} \quad (2)$$

em que \mathbf{y} é o vetor de dados de saída do sistema, $\boldsymbol{\psi}$ é a matriz de regressores, $\boldsymbol{\theta}$ é o vetor dos parâmetros estimados do sistema e $\boldsymbol{\xi}$ é o vetor de erro de estimação.

A partir da Equação 2, o objetivo é, portanto, definir os valores da matriz $\boldsymbol{\theta}$. Para isto, é utilizado o estimador dos mínimos quadrados, definido na Equação 3.

$$\boldsymbol{\theta} = (\mathbf{\Psi}^T \mathbf{\Psi})^{-1} \mathbf{\Psi}^T \mathbf{y} \quad (3)$$

Na Equação 3, a expressão $(\boldsymbol{\psi}^T \boldsymbol{\psi})^{-1} \boldsymbol{\psi}^T$, é chamada de pseudoinversa de $\boldsymbol{\psi}$, e é utilizada, pois, em muitos casos, $\boldsymbol{\psi}$ é uma matriz não inversível. Com a utilização da Equação 3, é possível estimar um modelo para os sinais de voz em estudo. Porém, ainda é necessário a utilização de um algoritmo de classificação de tais modelos, baseado nos parâmetros estimados.

3 | CLASSIFICADOR KNN

O algoritmo *K-Nearest Neighbor* (KNN) é um método de aprendizagem supervisionado. A metodologia de classificação consiste na identificação de grupos de indivíduos com características similares e seu posterior agrupamento (*clustering*) (Rosa, 2003). A ideia geral consiste em encontrar o número (K) de exemplos rotulados mais próximos do exemplo não classificado e, com base no rótulo desses exemplos mais próximos, é tomada a decisão relativa à classe do exemplo não rotulado (Ferrero, 2009). O valor de K (o número de vizinhos mais próximos que serão considerados pelo algoritmo) é definido pelo usuário, sendo recomendada a escolha de um número ímpar para evitar um empate na classificação.

Se duas classes A e B possuem vários pontos em seus domínios, dado um ponto desconhecido x , este ponto será classificado em função da quantidade de pontos cujas distâncias forem as menores possíveis em relação às classes A e B (Rosa, 2003).

O cálculo da distância da amostra desconhecida em relação às amostras conhecidas é realizado pela raiz quadrada do somatório do quadrado da diferença de cada uma das m variáveis (colunas) da amostra desconhecida (vd) em relação às m variáveis (colunas) de cada uma das i ($i = 1 \dots n$) amostras conhecidas (vc):

$$dist_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (vd_j - vc_{ij})^2} \quad (4)$$

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção é feita a descrição da base de dados e da metodologia empregada no

trabalho.

4.1 Base de Dados

O banco de dados *Disordered Voice Database* utilizado para esse trabalho foi desenvolvido pelo *Massachusetts Eye and Ear Infirmary* (MEEI).

A base contém pronúncias da vogal sustentada /a/, sendo 53 arquivos de falantes com voz saudável e 657 arquivos de falantes com vozes afetadas por patologias laringeas. Para esse trabalho foram utilizados 166 sinais contidos nesta base de dados, dos quais 53 sinais são de vozes saudáveis e 113 sinais são de vozes patológicas, sendo 43 sinais de vozes afetadas por edema, 18 sinais afetados por nódulo e 52 sinais afetados por paralisia nas pregas vocais.

Todos os sinais usados têm a duração de 1 a 3 segundos e foram amostrados na frequência de 25 kHz, preservando o tamanho do segmento em amostras. Esses sinais são previamente processados, não contendo intervalos de silêncio antes ou depois da locução.

4.2 Análise Inicial do Sinal de Voz

A aplicação de análises estatísticas básicas para a investigação da presença de um padrão de união baseado nas características extraídas de cada amostra segue as etapas do procedimento básico de avaliação de um sinal, de tal forma que pode ser descrito nos seguintes passos:

- Separar os sinais em grupos equivalentes;
- Calcular a média de cada sinal de voz;
- Subtrair a média calculada de cada amostra do seu respectivo sinal original.
- Normalizar os dados;
- Delimitar cinco sinais de cada categoria para composição do grupo de controle;
- Criar 10 janelas aleatórias em cada sinal de controle;
- Encontrar a menor distância euclidiana;
- Calcular os valores de média e de desvio padrão dos resultados encontrados;
- Calcular a matriz de confusão.

4.3 Algoritmos de Identificação

Após a análise inicial dos sinais de voz, procedeu-se para a etapa de identificação. Os dados utilizados foram obtidos de condições experimentais controladas. O procedimento de identificação adotado consistiu em estimar modelos paramétricos AR e ARMA, de 1ª a 5ª ordem, para representar os sinais de voz normalizados.

Para verificar se era possível perceber visualmente um padrão de separação nos sinais de voz analisados através dos resultados da identificação, foi plotada a dispersão

dos modelos AR de cento e quarenta e seis sinais estimados, excluindo os vinte sinais do grupo de controle, de 2ª e 3ª ordem em relação aos parâmetros a , considerando as características: normal, edema, nódulo e paralisia.

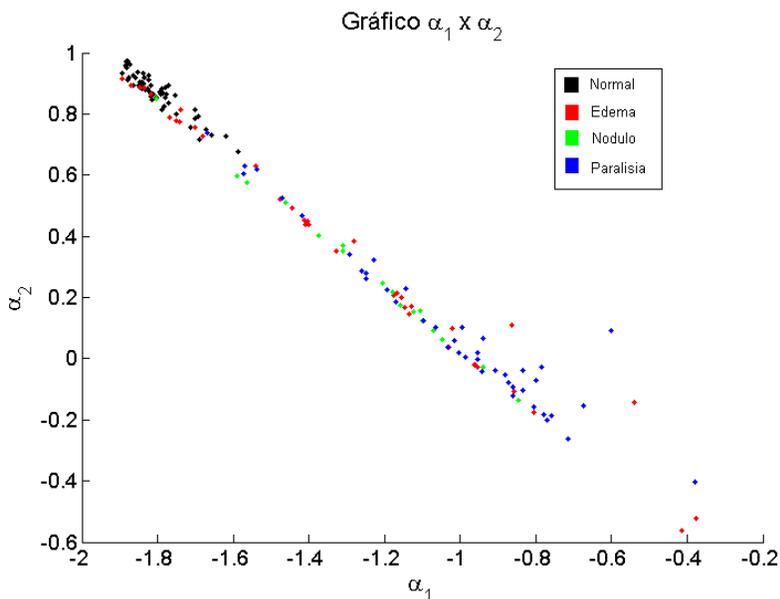


Figura 1. Gráfico de dispersão dos modelos de sinais no plano $\alpha_1 \times \alpha_2$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

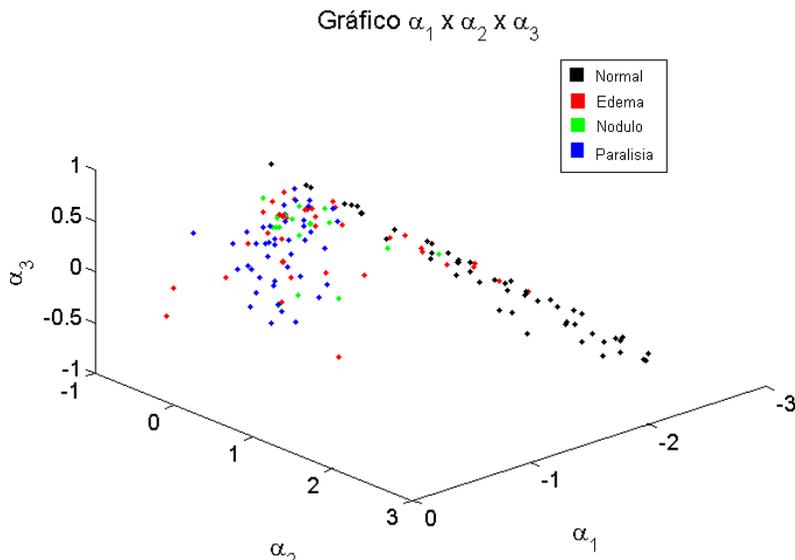


Figura 2. Gráfico de dispersão dos modelos de sinais no plano $\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Através da representação gráfica dos resultados dos parâmetros estimados do modelo AR, observados nas Figuras 1 e 2, tomou-se a decisão da utilização de um classificador de dados, sendo escolhido o classificador KNN para os fins desse trabalho.

O método dos K vizinhos mais próximos tem sido aplicado na solução de problemas de classificação desde o início das pesquisas nessa área e, apesar de simples, tem se mostrado um dos métodos mais eficazes já propostos.

5 I RESULTADOS

Os sinais de voz foram normalizados, a fim de minimizar os problemas oriundos do uso de unidades e dispersões distintas, e divididos em grupos de controle contendo cinco amostras aleatórias de cada característica (normal, edema, nódulo e paralisia). Foi utilizado um índice quantitativo representado pelo cálculo da menor distância euclidiana na convolução das janelas aleatórias para comparar as amostras.

A matriz de confusão ilustrada na Tabela 1 foi calculada para distribuição dos registros nos termos de suas classes reais (R) e suas classes previstas (P), o que indica a qualidade do modelo atual frente a análise inicial dos sinais de voz.

R \ P	P			
	Normal	Edema	Nódulo	Paralisia
Normal	48 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Edema	29 (76,3%)	3 (7,9%)	1 (2,6%)	5 (13,2%)
Nódulo	11 (84,6%)	1 (7,7%)	0 (0%)	1 (7,7%)
Paralisia	41 (87,2%)	3 (6,4%)	0 (0%)	3 (6,4%)

Tabela 2. Matriz de confusão dos sinais analisados pela distância euclidiana.

Fonte: Autoria própria, 2018.

O acerto percentual foi calculado baseado no resultado da diagonal principal da matriz de confusão apresentada na Tabela 2, em que foram analisados os resultados de agrupamento do total de sinais analisados daquela característica em relação ao resultado real encontrado para a característica analisada. A precisão encontrada foi de 36,98% em relação à análise utilizando apenas a distância euclidiana entre os sinais de voz, ou seja, dos cento e quarenta e seis sinais analisados, excluindo os sinais do grupo de controle, apenas cinquenta e quatro foram associados ao grupo real ao qual pertencem.

O algoritmo de classificação do KNN foi empregado no reconhecimento de padrões dos sinais de voz. O KNN classificou um dado elemento de acordo com as respectivas

classes dos K ($K \geq 1$) vizinhos mais próximos pertencentes à base de treinamento dada.

Em modelos AR de 1ª a 5ª ordem foi realizada a análise da matriz de confusão com base nos valores de $K = 1; 3$ e 5 , visto que valores de K pares poderiam resultar em empates indesejados no processo de classificação.

Na Tabela 3 é apresentada a matriz de confusão de um modelo AR de 2ª ordem com $K=1$, onde o acerto percentual é de 71,69%, resultado bem superior quando comparado à análise inicial e corrobora para comprovação da qualidade da proposta apresentada no trabalho.

P \ R	Normal	Edema	Nódulo	Paralisia
Normal	51 96,2%	2 3,8%	0 0%	0 0%
Edema	8 18,6%	18 41,9%	5 11,6%	12 27,9%
Nódulo	1 5,6%	2 11,1%	12 66,7%	3 16,6%
Paralisia	1 1,9%	6 11,5%	7 13,5%	38 73,1%

Tabela 3. Matriz de confusão do KNN com $K=1$ para modelos AR 2ª ordem.

Fonte: Autorial própria, 2018.

A precisão encontrada para o modelo AR de 3ª, 4ª e 5ª ordem, considerando $K = 1$ foi de 59,04%, 56,63% e 56,02%, respectivamente.

Para modelos ARMA de 1ª a 5ª ordem com $K=1$, a precisão encontrada variou de 43,37%, em um modelo ARMA de 3ª ordem, a 53,01% em um modelo ARMA de 1ª ordem.

Para modelos AR de 1ª a 5ª ordem com $K=3$, a precisão encontrada variou de 32,53%, em um modelo AR de 1ª ordem a 65,66% em um modelo AR de 2ª ordem.

Para modelos ARMA de 1ª a 5ª ordem com $K=3$, a precisão encontrada variou de 32,16%, em um modelo AR de 3ª ordem, a 59,04% em um modelo AR de 2ª ordem.

Para modelos AR de 1ª a 5ª ordem com $K=5$, a precisão encontrada variou de 23,49%, em um modelo AR de 1ª ordem a 63,86% em um modelo AR de 2ª ordem.

Para modelos ARMA de 1ª a 5ª ordem com $K=5$, a precisão encontrada variou de 37,35%, em um modelo ARMA de 2ª ordem, a 60,24% em um modelo ARMA de 1ª ordem.

Foram analisados também os resultados da classificação de sinais normais versus patológicos, a fim de verificar a viabilidade do estudo proposto em detectar apenas a presença de distúrbios vocais.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise dos sinais utilizando apenas a distância euclidiana para verificar o acerto na classificação entre vozes normais e patológicas. Os resultados mostram um acerto de 100% na classificação das vozes normais, mas apenas

um acerto de 28,3% em relação a classificação das vozes patológicas.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	53 100%	0 0%
Patológico	81 71,7%	32 28,3%

Tabela 4. Classificação de sinais Normais versus Patológicos utilizando a distância euclidiana.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Os melhores resultados da classificação de sinais normais versus patológicos utilizando os modelos AR e ARMA de 1ª a 5ª ordem associados ao classificador KNN com $K=1, 3$ e 5 são apresentados detalhadamente nas Tabelas 5 a 10.

Os resultados encontrados mostram que a metodologia proposta apresenta altas taxas de acerto na classificação entre vozes normais e patológicas, e, resultados superiores na discriminação de patologias, quando comparados à análise inicial.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	51 96,2%	2 3,8%
Patológico	10 8,8%	103 91,2%

Tabela 5. Classificação de sinais Normais *versus* Patológicos para o modelo AR de ordem 2 com $K=1$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	41 77,4%	12 22,6%
Patológico	8 7,1%	105 92,9%

Tabela 6. Classificação de sinais Normais *versus* Patológicos para o modelo ARMA de ordem 1 com $K=1$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	53 100%	0 0%
Patológico	14 12,4%	99 87,6%

Tabela 7. Classificação de sinais Normais *versus* Patológicos para o modelo AR de ordem 2 com $K=3$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	52 98,1%	1 1,9%
Patológico	21 18,6%	92 81,4%

Tabela 8. Classificação de sinais Normais *versus* Patológicos para o modelo ARMA de ordem 1 com $K=3$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	52 98,1%	1 1,9%
Patológico	14 12,4%	99 87,6%

Tabela 9. Classificação de sinais Normais *versus* Patológicos para o modelo AR de ordem 2 com $K=5$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

R \ P	Normal	Patológico
Normal	50 94,3%	3 5,7%
Patológico	15 13,3%	98 86,7%

Tabela 10. Classificação de sinais Normais *versus* Patológicos para o modelo ARMA de ordem 1 com $K=5$.

Fonte: Autoria própria, 2018.

6 | CONCLUSÃO

Os resultados encontrados apontam que o método proposto neste trabalho apresenta um resultado satisfatório, gerando uma taxa de acerto na classificação de vozes patológicas acima de 71% (maior que os 36% a partir do uso da distância euclidiana). Em relação a classificação entre vozes normais e patológicas os resultados ficaram entre 98% e 100% para vozes normais e 87% a 92% para vozes patológicas utilizando modelos AR e ARMA associados ao KNN.

Além disto, o método utilizado é de fácil implementação, podendo ser utilizado em hardwares mais simples. Logo, essa pesquisa tem potencial para gerar um classificador barato e acessível para utilização em larga escala por profissionais de saúde como uma alternativa de pré análise não invasiva para detecção de patologias otorrinolaringológicas que afetem a voz.

REFERÊNCIAS

Coelho, A. A. R. and Coelho, L. S (2015). **Identificação de sistemas dinâmicos lineares**. Editora da UFSC, 2015. ISBN 978.85.328.0730-4.

Costa, S. C. *et al.* (2007). **Uso da entropia na discriminação de vozes patológicas**. // Congresso de Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa, Paraíba.

Ferrero, C. A (2009). **Algoritmo KNN para previsão de dados temporais: funções de previsão e critérios de seleção de vizinhos próximos aplicados a variáveis ambientais em limnologia**. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, ICMC-USP, São Carlos, SP.

Glass, L. and Mackey, M. C (1988). **From clocks to chaos: the rhythms of life**. : Princeton University Press. ISBN 9780691084961.

Ljung, L (1987). **System Identification: Theory for the User**. New Jersey: Pearson Education. ISBN 9780132440530.

Ljung, L (1998). **System Identification: Theory for the User**. 2 ed. New Jersey: Pearson Education.

Martinez, C. E. and Rufiner, H. L (2000). **Acoustic analysis of speech for detection of laryngeal pathologies**. Proceedings of the 22th Annual EMBS Conference, pp. 2369 – 2372.

Mathias, M. H (1998). **Aplicação da técnica paramétrica ARMA de processamento de sinais na caracterização de estruturas metálicas**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, São Paulo.

Parraga, A (2002). **Aplicação da transformada wavelet packet na análise e classificação de sinais de vozes patológicas**. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - UFRGS, Porto Alegre, RS.

Pinho, P. H. U (2017). **Avaliação de desordens vocais por meio de características do espaço de fase reconstruído**. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - IFPB, João Pessoa, PB.

Rosa, J. L. A (2003). **Classificação de dados através da otimização do método KNN-Fuzzy em ambiente de computação paralela**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

Souza, L. M (2010). **Detecção inteligente de patologias na laringe baseada em máquinas vetores de suporte e na transformada wavelet**. Dissertação (Mestrado) — Programa de PósGraduação em Física - USP, São Carlos, SP.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adquisição de dados 41
Amortecimento 84, 85, 87, 89, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100
Ar 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 60
Arma 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11, 12
Avaliação 6, 13, 27, 59, 67, 84, 89, 95, 119, 120, 123, 124

C

Controladores 80, 92, 93, 100
Controle 3, 6, 7, 8, 21, 24, 25, 40, 59, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 95, 99, 101, 118
Conversor CC-CC Cuk 102, 104, 106, 111, 114
Curso de graduação 117, 119

D

Desvios vocais 1, 2
Detecção 1, 2, 12, 13

E

Emulador 102, 104, 105, 114
Energias renováveis 57, 61, 65
Ensino remoto 117, 118, 119, 120, 124, 126
Estabilidade 65, 84, 85, 92, 105
Expansão da geração de energia 56, 57, 65

F

Fator de potência 68, 69, 73, 77, 80, 82

I

Ímãs permanentes 68, 74, 78, 81, 82, 83

J

Jogos digitais 15, 16, 18, 19, 25

K

K-nearest neighbor 1, 2, 5

M

Margem de carga 84, 85, 89, 90, 91

Metodologia avaliativa 117, 119

Metodologias ativas 15

Métodos diretos 84, 85

Modelagem computacional 27

Motor síncrono 68, 78, 82

O

Otimização 13, 39, 58, 65, 84, 85, 86, 88, 91, 92, 93, 95, 96, 97

P

Pandemia 59, 60, 117, 118, 120, 124, 126

Penetração do cordão de solda 40, 41

Pequenos sinais 68, 69, 72, 73, 82, 84, 92

Procesamento de imagen 41

Prototipagem virtual 27

R

Realidade virtual 16, 27

Resistência 110, 121, 122

Robótica móvel 15

S

Scratch 14, 15, 19, 20, 24, 25

Segurança dinâmica 84, 87, 89

Sistema elétrico brasileiro 56, 57, 58, 62

Sistemas multienergia 57, 65

T

Tensão 68, 69, 70, 71, 73, 76, 78, 80, 81, 82, 84, 89, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 118

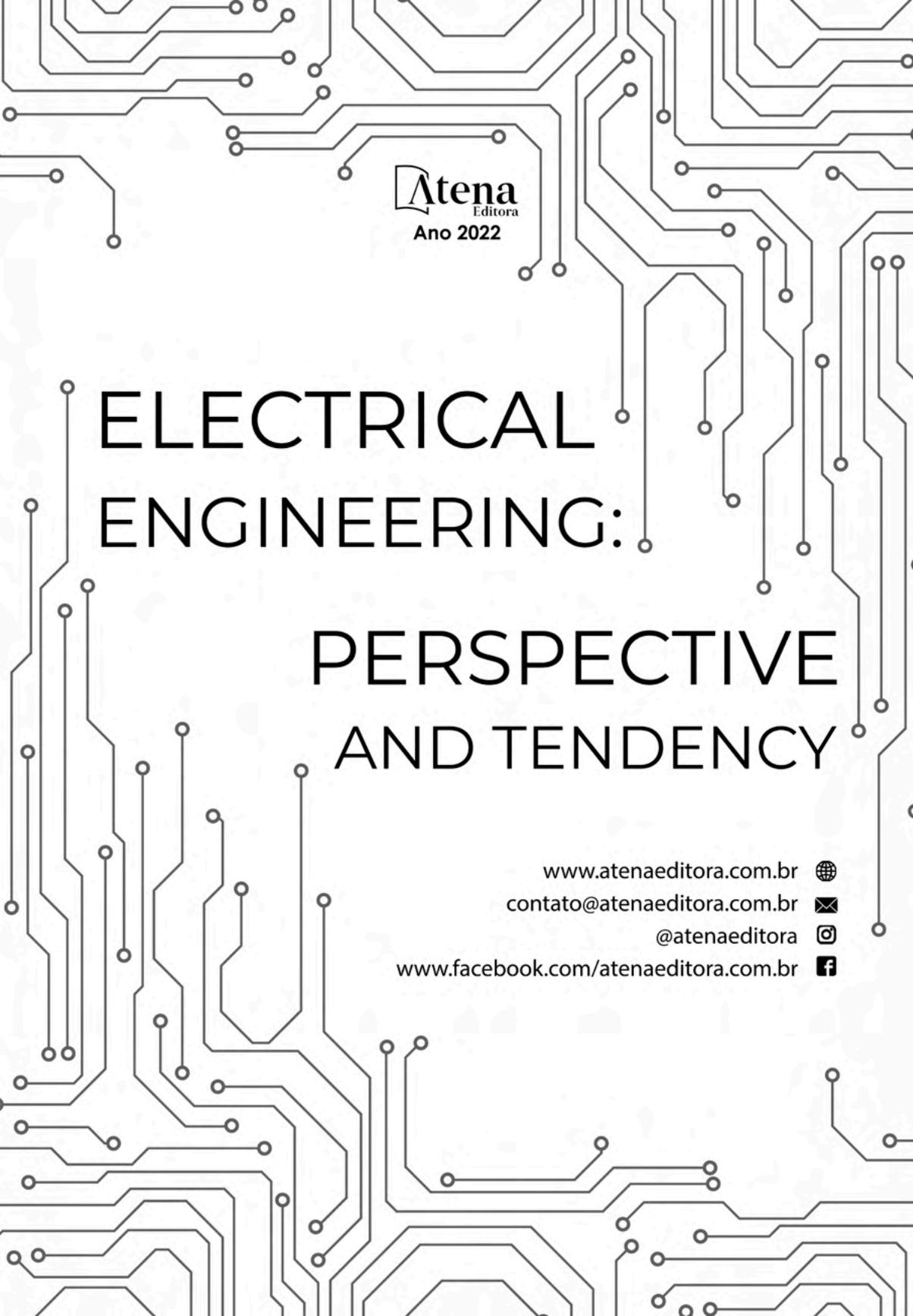
Termografia infravermelha 41

Traçador de curvas 102, 104, 108, 109, 110, 111, 114

Treinamento 9, 17, 27

U

Unidade de medição fasorial 92



Atena
Editora
Ano 2022

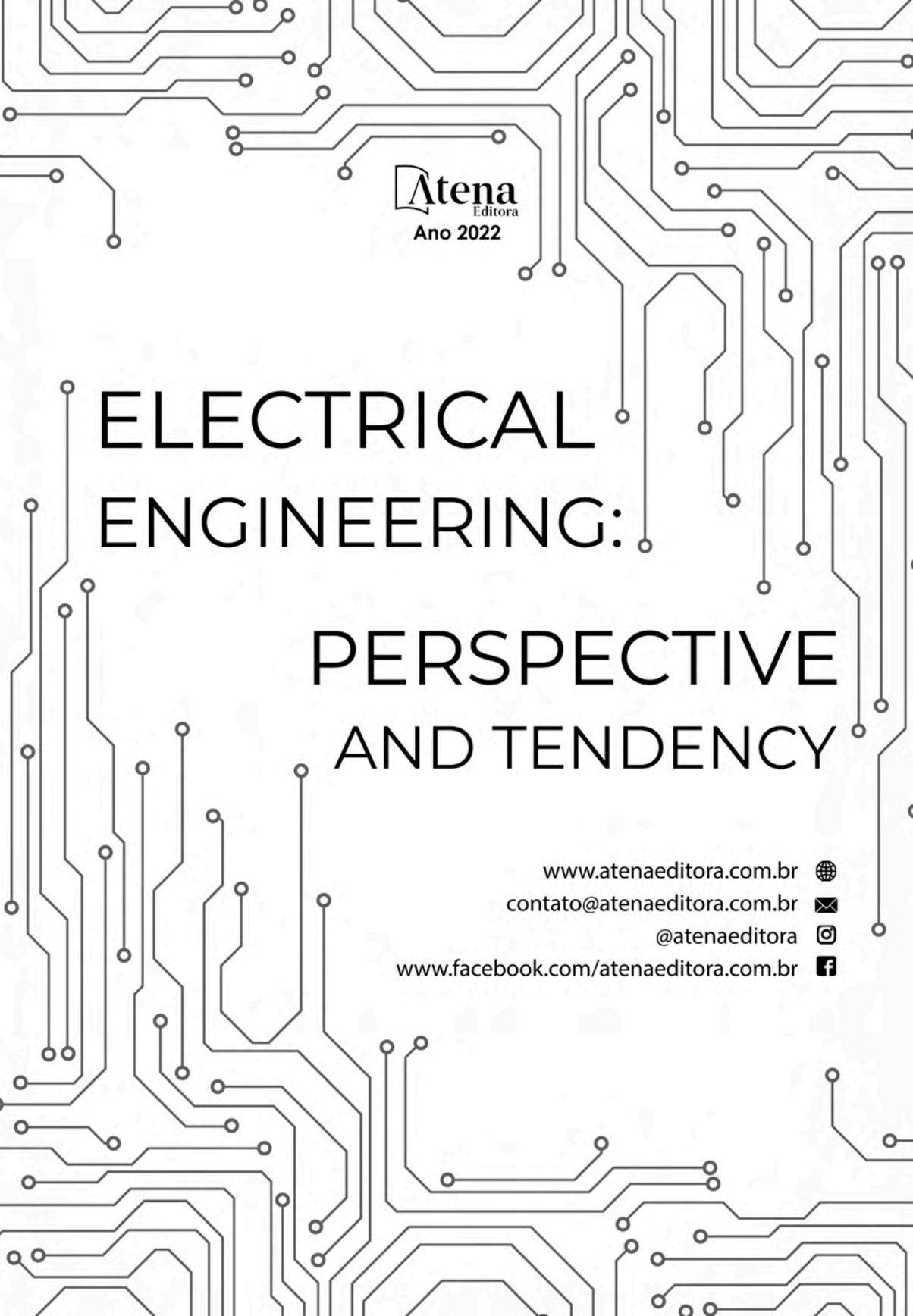
ELECTRICAL ENGINEERING: PERSPECTIVE AND TENDENCY

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

The background of the entire page is a white-to-light gray gradient with a complex, black line-art pattern of a circuit board. The lines represent traces, pads, and vias, creating a dense, interconnected network of paths.

Atena
Editora
Ano 2022

ELECTRICAL ENGINEERING: PERSPECTIVE AND TENDENCY

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 