



ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

 **Atena**
Editora
Ano 2020



ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

**Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 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, 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. 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
Profª Drª 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
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
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 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^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 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. 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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª 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. 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
Profª 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
Profª Drª 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
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
Profª Ma. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª 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 na prática: importância teórica e tecnológica

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia na prática [recurso eletrônico] : importância
teórica e tecnológica / Organizadora Franciele Braga
Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-308-8

DOI 10.22533/at.ed.088202408

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia –
Pesquisa – Brasil. 3. Prática de ensino. I. Tullio, Franciele
Braga Machado.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia na Prática: Importância Teórica e Tecnológica” contempla vinte e oito capítulos com pesquisas relacionadas a diversos temas da engenharia.

Os estudos refletem a teoria obtida em livros, normas, artigos na prática, verificando sua aplicabilidade.

O desenvolvimento de novos materiais e a utilização de novas tecnologias partem de estudos já realizados, o que garante desenvolvimento nas diversas áreas da engenharia, gerando novas alternativas.

O estudo sobre o comportamento de materiais permite o aperfeiçoamento de materiais já existentes e proporciona uma otimização na execução de novos projetos.

O uso de energia limpa também é um tema muito abordado, tendo em vista a necessidade de otimização de recursos naturais.

Esperamos que esta obra proporcione uma leitura agradável e contribua para a geração de novos estudos, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A CONTRIBUIÇÃO FÍSICA E MATEMÁTICA PARA O APERFEIÇOAMENTO DO TIRO COM ARCO

Eduardo Franzoi
Andrei Buse
Mateus Filipi Moresco Jorge

DOI 10.22533/at.ed.0882024081

CAPÍTULO 2..... 14

A INFLUÊNCIA DO NIÓBIO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ALUMÍNIO: UMA REVISÃO

Márcio Valério Rodrigues de Mattos
Gustavo Takehara Silva
Vinicius Torres dos Santos
Marcio Rodrigues da Silva
Antonio Augusto Couto
Givanildo Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0882024082

CAPÍTULO 3..... 21

ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA ENTRE A NORMA ISO 29110 E O MODELO MPS.BR NÍVEL G

Nilson Salvetti
André Rivas
Ivanir Costa

DOI 10.22533/at.ed.0882024083

CAPÍTULO 4..... 33

ANÁLISE DA ADERÊNCIA AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL: ABORDAGEM BASEADA EM REDES BAYESIANAS

Danilo de Souza Novaes
Roseno Nunes de Almeida Neto
Silvana Rossy de Brito
Aleksandra do Socorro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0882024084

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE PARAMÉTRICA DA INJEÇÃO DE POLÍMEROS EM UM CAMPO DE PETRÓLEO DA BACIA POTIGUAR

Beatriz Ferraz Martins
Jardel Dantas da Cunha
Andréa Francisca Fernandes Barbosa
Ricardo Henrique Rocha de Carvalho
Antonio Robson Gurgel

DOI 10.22533/at.ed.0882024085

CAPÍTULO 6.....	55
BIOSORPTION OF OXYTETRACYCLINE FROM WATER USING MORINGA OLEÍFERA SHELLS	
Agustina De Olivera	
Ramiro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.0882024086	
CAPÍTULO 7.....	64
COLETA SELETIVA NO UNIFOA – IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO PILOTO NO PRÉDIO 18: SENSIBILIZAÇÃO DA COMUNIDADE INTERNA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	
Pedro Saturno Braga	
Camila Duarte Silva	
Lucas Marques Correa Ignácio	
Sabrina de Jesus Oliveira Cozzolino	
Sabrina Pires Arantes	
Roberto Guião de Souza Lima Júnior	
Ana Carolina Callegario Pereira	
Denise Celeste Godoy de Andrade Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0882024087	
CAPÍTULO 8.....	74
DESEMPENHO TÉRMICO DOS TELHADOS VERDES EM RELAÇÃO AOS TELHADOS CONVENCIONAIS	
Sergio Quezada García	
Marco Antonio Polo Labarrios	
Heriberto Sánchez Mora	
Manuela Azucena Escobedo Izquierdo	
Ricardo Isaac Cázares Ramírez	
DOI 10.22533/at.ed.0882024088	
CAPÍTULO 9.....	88
DESENVOLVIMENTO DE UMA PRÓTESE AUTOMÁTICA POR COMANDO DE SINAL ELETROMIOGRAFICO	
Jefferson Rodrigo Moreira de Sousa	
Rafael Bastos Duarte	
André Luiz Patrício França	
Sara Carreiro Beloni	
José Wanderson Oliveira Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0882024089	
CAPÍTULO 10.....	99
EFEITOS DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA IONIZANTE EM EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS	
Alessandro Márcio Hakme Da Silva	
Marcelo Caetano Oliveira Alves	
Thiago Augusto Neiva Spironelli	
Eduardo Souza Sims	

Patrícia Garani Fernandes
Fernanda Florian
Fabiana Florian
Marcello Cláudio de Gouvea Duarte
DOI 10.22533/at.ed.08820240810

CAPÍTULO 11.....113

ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DO SINAL ATRIAL FIBRILATÓRIO NO ELETROCARDIOGRAMA

Miriam Ferraz de Paulo
Eduardo Guy Perpétuo Bock
Dalmo Antonio Ribeiro Moreira

DOI 10.22533/at.ed.08820240811

CAPÍTULO 12.....117

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA ADICIÓN DE GLICERINA COMO CO-SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS

María Isabel García Rodríguez
Marcos Vinícius Konopka
Matheus Vitor Diniz Gueri
Andreia Cristina Furtado

DOI 10.22533/at.ed.08820240812

CAPÍTULO 13..... 127

ESTUDO COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EXEGÉTICA DE UM PROCESSO SPRAY DRYER ALIMENTADO POR ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL

Antonio Rimaci Miguel Junior
Valmir da Cruz de Souza
Alex Alisson Bandeira Santos

DOI 10.22533/at.ed.08820240813

CAPÍTULO 14..... 136

ESTUDO DE APLICAÇÃO DA TURBINA DE TESLA COMO MICROGERADOR

Eloi Rufato Junior
Alison Baena de Oliveira Monteiro
Ricardo Ribeiro dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.08820240814

CAPÍTULO 15..... 158

ESTUDO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR DEJETOS BOVINOS

Marcos Vinícius Konopka
María Isabel Garcia Rodriguez
Denis Porfirio Viveros Rodas
Andreia Cristina Furtado

DOI 10.22533/at.ed.08820240815

CAPÍTULO 16.....	167
ESTUDO PARA CONTROLE DE EMPENAMENTO EM PEÇAS INDUSTRIAIS TEMPERADAS	
João Alfredo Scheidemantel Christian Doré Lucile Cecília Peruzzo	
DOI 10.22533/at.ed.08820240816	
CAPÍTULO 17.....	179
EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES DO TIPO TUBULÃO CONFORME ORIENTAÇÕES DA NOVA NR-18 DE 10 DE FEVEREIRO DE 2020	
José Henrique Maciel de Queiroz Fabíola Luana Maia Rocha Francisco Kléber Dantas Duarte Caio Guilherme Ferreira Abrantes	
DOI 10.22533/at.ed.08820240817	
CAPÍTULO 18.....	187
INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS LISAS E RUGOSAS NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL EM ESCALA INDUSTRIAL	
Teresa Cristina Vieira Viana Rafael Resende Maldonado Eliana Setsuko Kamimura	
DOI 10.22533/at.ed.08820240818	
CAPÍTULO 19.....	199
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DENDRÍTICO SECUNDÁRIO NA DUREZA DA LIGA CU-14AL-5NI-5FE OBTIDA POR SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL	
Rogério Teram Givanildo Alves dos Santos Maurício Silva Nascimento Antonio Augusto Couto Vinícius Torres dos Santos Márcio Rodrigues da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.08820240819	
CAPÍTULO 20.....	211
INTERFAZ PARA LA OPERACIÓN REMOTA DE UN MANIPULADOR MITSUBISHI MOVEMASTER RV-M1	
Luini Leonardo Hurtado Cortés John Alejandro Forero Casallas	
DOI 10.22533/at.ed.08820240820	
CAPÍTULO 21.....	221
LA EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SU INCIDENCIA EN REPROBACIÓN Y DESERCIÓN	
M. en C. Marcial Reyes Cázarez	

DOI 10.22533/at.ed.08820240821

CAPÍTULO 22..... 235

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE ESTIMAÇÃO DE CARGA EM BATERIAS DE SÓDIO UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS

Norah Nadia Sánchez Torres
Helton Fernando Scherer
Oswaldo Ando Hideo Junior
Jorge Javier Gimenez Ledesma

DOI 10.22533/at.ed.08820240822

CAPÍTULO 23..... 247

PROSPECÇÃO E ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A ENERGIA DO HIDROGÊNIO NO BRASIL

Gustavo Sigal Macedo
Jorge Alberto Alcalá Vela

DOI 10.22533/at.ed.08820240823

CAPÍTULO 24..... 262

PROTOTIPO DE DINÂMICA DE SISTEMAS APLICADO A LA GESTIÓN DE PROYECTOS ACADÉMICOS DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA EN CARRERAS DE INFORMÁTICA

Alice Raquel Rambo
Mariana Itatí Boari
Roberto Luis Sueldo
Ruben Urquijo
Hector Chripczuk
Ulises Ramirez

DOI 10.22533/at.ed.08820240824

CAPÍTULO 25..... 273

THE MAGNETIC PASSIVE AND SLIDING BEARING SYSTEM WITH AXIAL MAGNETIC REPULSION TO AVOID PIVOT WEAR

Carlos Frajuca

DOI 10.22533/at.ed.08820240825

CAPÍTULO 26..... 281

USO DA LAMA CIMENTICIA COMO SUBSTITUTO DE AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO

Bruno Matos de Farias
Érika Teles dos Santos
Larissa Barbosa Iulianello
Sheila Maria Ferreira Campos

DOI 10.22533/at.ed.08820240826

CAPÍTULO 27.....	301
UTILIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS NA RETIRADA DE PETRÓLEO DERRAMADO	
Ana Caroline Nasaro de Oliveira	
Júnia Ciriaco de Castro	
Rosana Aparecida Ferreira Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.08820240827	
CAPÍTULO 28.....	315
UTILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESPINHEIRA SANTA (<i>Maytenusilicifolia Martiusex Reissek</i>) COMO INIBIDOR DE CORROSÃO ORGÂNICO PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS PARA COMPLETAÇÃO	
Jardel Hugo Gonçalves Paiva	
Jardel Dantas da Cunha	
Andréa Francisca Fernandes Barbosa	
Antonio Robson Gurgel	
Keila Regina Santana Fagundes	
Rodrigo Cesar Santiago	
DOI 10.22533/at.ed.08820240828	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	328
ÍNDICE REMISSIVO.....	329

CAPÍTULO 22

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE ESTIMAÇÃO DE CARGA EM BATERIAS DE SÓDIO UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 12/05/2020

Norah Nadia Sánchez Torres

Universidade Federal de Integração Latino-Americana (UNILA).
Foz do Iguaçu – Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/0240994718518017>

Helton Fernando Scherer

Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI).
Foz do Iguaçu – Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/2007107813806779>

Oswaldo Ando Hideo Junior

Universidade Federal de Integração Latino-Americana (UNILA).
Foz do Iguaçu – Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/3515465412634126>

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Universidade Federal de Integração Latino-Americana (UNILA).
Foz do Iguaçu – Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/9489296690332026>

RESUMO: Uma possível aplicação de redes neurais artificiais é operar como aproximador universal de funções, mapeando o relacionamento funcional entre as variáveis de um sistema a partir de um conjunto conhecido de valores amostrados. Neste contexto, este trabalho apresenta um método para estimação do estado de carga de baterias empregando técnicas de redes neurais artificiais através de um de banco de dados e modelos da curva de carga de baterias de sódio-cloreto de níquel. O método proposto utiliza rede neural artificial do

tipo *Perceptron* multicamada, uma arquitetura *feedforward* com algoritmo de treinamento do tipo *backpropagation*. São apresentados resultados indicando a capacidade do método em indicar o estado de carga da bateria, assim como, uma análise dos erros estipulados. Antecipando uma conclusão, foi verificado que para esta aplicação as configurações das redes neurais possuem maior impacto no erro de estimação do que o número de camadas utilizado no algoritmo.

PALAVRAS-CHAVE: Estado da carga; redes neurais artificiais; bateria de sódio; sistema de gerenciamento de bateria.

PERFORMANCE ANALYSIS OF CHARGE ESTIMATION IN SODIUM BATTERIES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT: A possible application of artificial neural networks is to operate as a universal approximator of functions, mapping the functional relationship between the variables of a system from a known set of sampled values. In this context, this work presents a method for estimating the state of charge of batteries using techniques of artificial neural networks through a database and models of the charge curve of sodium-nickel chloride batteries. The proposed method uses a multi-layer Perceptron artificial neural network, a feedforward architecture, and a backpropagation training algorithm. Results are presented indicating the capacity of the method to indicate the battery charge status, as well as an analysis of the errors obtained. Anticipating a conclusion, it was verified that for this application the configurations of the neural networks have a greater impact on the estimation error than the number of layers used

in the algorithm.

KEYWORDS: State of charge; artificial neural networks; sodium battery; battery management system.

1 | INTRODUÇÃO

A demanda energética no Brasil está em constante crescimento, tendo atingido em fevereiro de 2020 o consumo de 49.661 GWh, indicando um aumento de 2 % em relação a fevereiro de 2019. A participação das fontes renováveis em fevereiro de 2020 atingiu 88,2% da energia elétrica brasileira, entre as que constam a hidráulica, biomassa, eólica e solar (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020).

Nos últimos anos o Brasil, assim como outros países, adotou políticas que incentivam a participação de fontes renováveis de energia. Neste cenário, juntamente com os avanços tecnológicos e a expansão de diferentes tipos de geração de energia, cresce, de forma acentuada, a necessidade de utilizar sistemas de armazenamento de energia, preferivelmente com grande capacidade de armazenamento, baixo custo e de peso reduzido, além de auxiliar na redução de poluentes para o meio ambiente. Esses novos modelos de sistemas de armazenamento podem trazer grandes benefícios, tais como; (i) eliminar as variações de energia, (ii) aumentar a flexibilidade de interconexão dos sistemas elétricos, (iii) permitir o armazenamento de energia elétrica gerada por fontes renováveis, entre outras (PORTUGAL GONCALVES DA MOTTA *et al.*, 2019).

Um dos sistemas de armazenamento de energia mais empregados e aproveitados são as baterias, que convertem a energia química armazenada em energia elétrica. Este tipo de tecnologia é empregado tanto em aplicações veiculares quanto em sistemas de armazenamento estacionários (PLETT, 2015). Na atualidade, as baterias mais adequadas e com as melhores características do mercado são as de lítio. As baterias de chumbo, apesar de serem as mais poluentes, ainda são as mais econômicas do mercado. No entanto, outras tecnologias estão em constante desenvolvimento, dentre elas, as baterias de sódio-cloreto de níquel, ou simplesmente baterias de sódio. Este tipo de bateria é caracterizado por (i) possuir uma tecnologia verde, (ii) a possibilidade de trabalhar em altas temperaturas, (iii) o alto desempenho em relação aos ciclos de trabalho, entre outras características (ELECTRILABS, 2018).

Diversas tecnologias de baterias, inclusive a de sódio, necessitam de um dispositivo de operação e de segurança, sendo estes elementos conhecidos por seu acrônimo em inglês BMS (*Battery Management System*) (PLETT, 2015). O BMS é composta por uma parte de software e uma parte de hardware, em que as principais funcionalidades do BMS são de controlar a carga e descarga da bateria, garantindo uma operação confiável e segura, atuando principalmente na medição e controle da tensão e corrente, medição e controle de temperatura e medição do isolamento. No aspecto de proteção, o BMS pode possuir funções de estimar o estado de carga, mais conhecido por seu acrônimo em inglês como SOC (*State of Charge*), e o estado de saúde (SOH), utilizando essas informações para proteger a bateria contra danos (HAQ *et al.*, 2014).

Neste contexto, este trabalho se relaciona com uma das funções do BMS, em verificar o comportamento da bateria indicando seu estado de carga, que é uma variável importante no intuito de sustentar a bateria em uma faixa operacional aceitável e verificar o seu *status* real. Destacando que vários tipos de bateria apresentam um comportamento não linear durante as cargas e descargas.

Atualmente, existem diferentes modelos para estimar o SOC, é importante ressaltar que estes não podem ser obtidos diretamente dos terminais da bateria. À vista disso, é necessário desenvolver algoritmos de estimativa que empreguem as variáveis disponíveis, como tensão, corrente e temperatura (JULIÁN *et al.*, 2015). Vale ressaltar que os métodos clássicos necessitariam de parâmetros variáveis, exigência de equilíbrio no estado da bateria, acesso ao eletrólito, entre outras dificuldades.

À vista disso, sistemas inteligentes como as redes neurais artificiais (RNA), pode ser uma importante ferramenta para determinar uma correlação existente entre as variáveis medidas e o SOC, permitindo seu monitoramento ao longo do processo de carga/descarga. É importante indicar que uma das limitações do método é a necessidade de uma grande massa de dados de baterias semelhantes (MARTÍNEZ-BERTRAN, 2017).

Em resumo, a presente pesquisa apresenta um método que emprega RNA para estimar o SOC de baterias, apresentando os resultados obtidos e os ajustes empregados no decorrer da investigação para chegar às curvas de saída apresentadas.

2 | PROPOSTA DE MÉTODO

O SOC da bateria de acordo com Zong-You Hou (2017) pode ser definido como a capacidade residual na bateria em relação à capacidade nominal, expresso na equação (1).

$$SOC(t) = \left(\frac{Q(t)_{CAPACIDADE_RESIDUAL}}{Q_{CAPACIDADE_NOMINAL}} \right) \quad (1)$$

Para esta medição, em geral são utilizados os métodos chamados de convencionais, que se apoiam na medição direta, na medição específica da gravidade, na medição da intensidade (*Coulomb Counting*), e na medição da tensão de circuito aberto (OCV) (CHAOUÍ; IBE-EKEOCHA, 2017) a nonlinear autoregressive with exogenous inputs (NARX).

Neste trabalho, este processo será indicado pelo método de inteligência artificial de RNA. Devido à fácil inserção das RNAs na grande maioria das tecnologias disponíveis, este tipo de inteligência artificial pode ser uma opção interessante para determinar o SOC das baterias. A Figura 1 representa o fluxograma do método proposta, e as descrições dos passos.

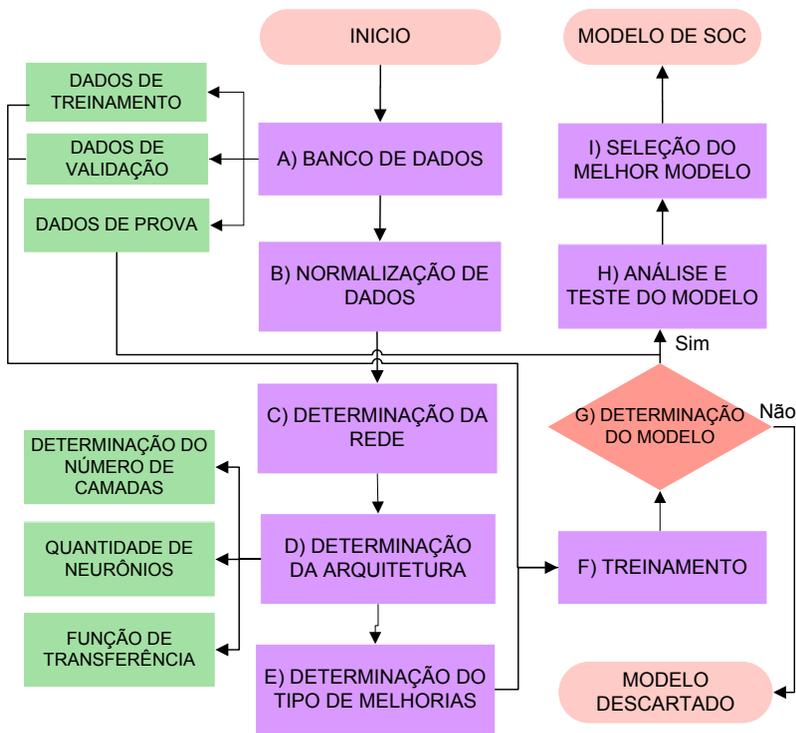


Figura 1: Fluxograma do método proposto.

- a. **Banco de Dados:** Foi adquirido a partir de uma bateria de sódio de 10 células e uma bateria de lítio comercial. Os dados representam cinco conjuntos, aproximadamente 11.000 amostras de corrente, tensão e temperatura por conjunto. Este banco de dados será utilizado para treinamento, validação e teste.
- b. **Normalização de Dados:** Os dados são normalizados convertendo em PU, sendo necessários os valores nominais da bateria de sódio e lítio. Para a bateria de sódio foi utilizada uma corrente nominal de 9,5 A, tensão nominal de 25,8 V; capacidade nominal de 38 Ah, e a temperatura de 270 °C. Para o lítio foi empregada a corrente nominal de 520 mA, tensão nominal de 3,7 V, a capacidade nominal de 2,34 Ah, temperatura de 60 °C. Para ambos os casos é considerado o %SOC a 100%.
- c. **Determinação da Rede:** É definida a rede *Perceptron* multicamada (MLP), por ser a mais indicada para resolução de problemas de padronização (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).
- d. **Determinação da Arquitetura:** Para a aprendizagem foi definida a ar-

quitetura *Feedforward* de várias camadas. Isto faz com que os pesos e limiares sinápticos dos neurônios se ajustem automaticamente em cada interação. Nesta etapa ainda se define o número de camadas, número de neurônios e a função de transferência a ser empregada.

- e. **Determinação do Tipo de Melhoria:** Será utilizada a melhoria *Levenberg – Marquardt* (BENATTI, 2017; GAVIN, 2019; SINGH, 2012), que ajuda na velocidade de convergência, pois o algoritmo original, responsável por ajustar os valores das matrizes de peso das MLP em relação à direção oposta do erro quadrático da função gradiente, possui uma convergência lenta.
- f. **Treinamento:** Foi utilizado o *backpropagation*, para tornar o processo de convergência mais eficiente (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010). Três parâmetros foram escolhidos, corrente, tensão e temperatura. Maiores detalhes serão apresentados nos resultados.
- g. **Determinação do Modelo:** O modelo é avaliado para que seja consistente com o resultado, do contrário, é descartado até que a melhor representação do modelo do estado da carga seja determinada.
- h. **Análise e Teste do Modelo:** Logo após ser determinado, é analisado e testado com dados de entrada que não fizeram parte do treinamento, para determinar a curva de saída mais consistente.
- i. **Seleção do Melhor Modelo:** É selecionado o melhor modelo, as saídas são representadas através de gráficos (comparadas e analisadas) e os erros são calculados.

3 I IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO

Para a realização do algoritmo foi utilizado o MATLAB®, com o *Toolbox Neural Network/Data Manager (nntool)*. Os dados utilizados foram obtidos em bancadas de ensaio de ciclagem de baterias, sendo um conjunto de pontos de corrente, tensão e temperatura medidos a partir de uma bateria de sódio.

Para esta etapa foram utilizados os dados da bateria operada com 3,8 A como referência. Os dados de entrada e saída são adicionados ao Toolbox, a rede é criada e a arquitetura *feedforward* é escolhida com o algoritmo *backpropagation* para um processo de convergência mais eficiente. Na sequência, é definido o tipo de melhoria (Levenberg – Marquardt), número de camadas, número de neurônios e o tipo de função de transferência (linear ou tangente hiperbólica). Finalmente, a rede inicia o treinamento. Um exemplo do modelo utilizado para o treinamento é dado na Figura 2.

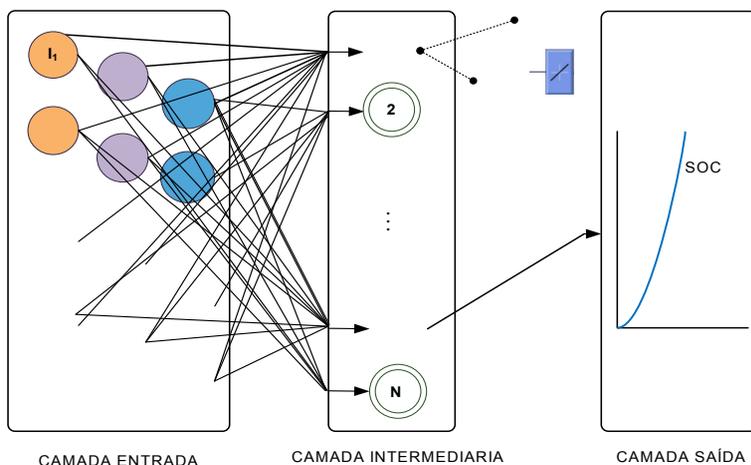


Figura 2: Representação da rede neural utilizada.

Para os testes realizados, foram avaliadas redes com duas camadas, variando o número de neurônios de 7, 10 e 28. Os dados de entrada da bateria de sódio (cargas em 3 A, 7,6 A e 11,4 A) e lítio (carga em 0,520 A) foram introduzidos na RNA e, em seguida, as saídas do SOC estimado foram apresentadas.

4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com modificações dos os parâmetros de entrada, ajustes da função de transferência, variações de temperatura, além dos erros encontrados. Em cada caso, a RNA é treinada com um conjunto de parâmetros referente a 3,8 A e a estimação do SOC é verificada com dados correntes de 3 A; 7,6 A e 11,4 A para a bateria de sódio, e 0,52 A para a bateria de lítio.

4.1 Análise 1: Condições Nominais

Para o primeiro estudo de caso, o número de neurônios é 10, com uma única função de transferência, tangente hiperbólica, tanto na camada oculta quanto na saída. Os resultados da utilização da rede treinada com os dados de baterias de sódio e lítio são dados na Figura 3.

Foram observados comportamentos irregulares nas curvas, tais como picos de carga nas curvas da bateria de sódio. Este comportamento pode ser reflexo da característica não linear de seu carregamento, que passa por um processo de carga do material ativo de ferro antes de iniciar as reações com o níquel em sua composição. Para o caso do lítio, foram observadas igualmente irregularidades, como pequenas oscilações, destacadas na figura.

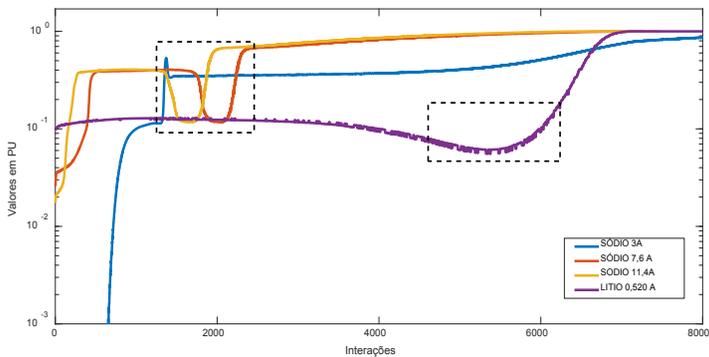


Figura 3: SOCs determinado para o Caso 1.

4.2 Análise 2: Variação do Número de Neurônios

Para o segundo caso, o número de neurônios é alterado para 28, mantendo as mesmas condições que o caso anterior. Nesta situação ainda foram observadas irregularidades na estimação do SOC, conforme mostrado na Figura 4, com quedas bruscas nos valores para a corrente de 3 A. Para as correntes mais altas é observada uma separação da curva. Para o lítio, as oscilações continuam e uma linha paralela ao eixo “y” aparece no final da carga.

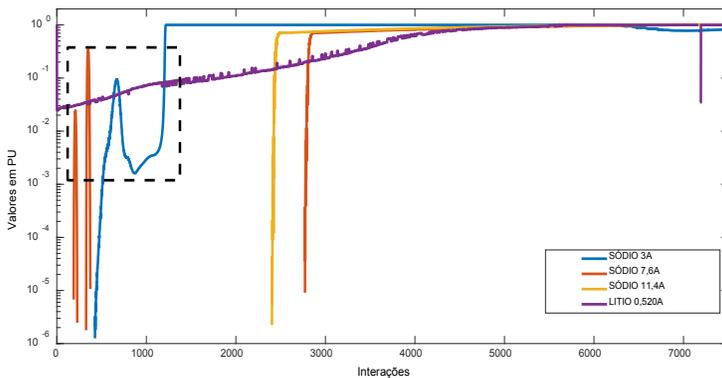


Figura 4: SOCs determinado para o Caso 2.

4.3 Análise 3: Variação do Número de Neurônios e da Função de Transferência

Neste caso, o número de neurônios é reduzido para 7 e a função de transferência na camada oculta foi alterada para linear. Nestas curvas representadas na Figura 5, observa-se que os picos não são muito acentuados como nos casos anteriores e representam corretamente a alteração no modo de carga da bateria, que inicia com seguimento de corrente e muda para seguimento de tensão. O lítio para este modelo de rede não apresenta oscilações ou picos.

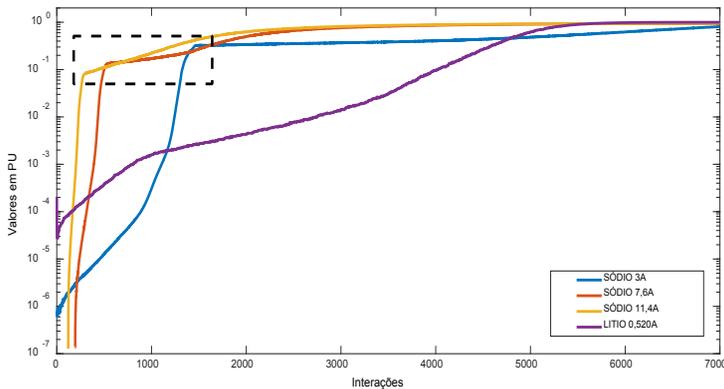


Figura 5: SOC's determinado para o caso 4.

4.4 Análise 4: Variação da Temperatura

Nesta análise, mostrado na Figura 6, foram comparadas curvas em que as correntes sofrem uma diferença de temperatura de forma proposital (aumentado de 10%, 25% e 40%), visando verificar a sensibilidade da RNA para este tipo de variação dentro da bateria.

Os parâmetros adotados no caso anterior foram preservados (7 neurônios). Os quadros indicam os pontos com maior diferença por causa das variações nos dados de entrada, mas foi possível observar um comportamento satisfatório na representação do SOC.

Analisando a curva da corrente de 3 A, é razoável verificar que o comportamento da SOC é similar, com o aumento da temperatura o comportamento no início da curva tende a ser de menor valor.

No caso da corrente de 7,6 A é possível observar o aumento na distância entre as curvas, condizente com o comportamento real da bateria.

Para corrente de 11,4 A, uma diferença é percebida apenas quando começa a carregar a uma tensão constante, pode-se observar que a temperatura não afeta o início, e isso ocorre, porque em correntes mais altas, a carga é mais rápida, enquanto em tensão constante mais lenta e a influência da temperatura pode ser apreciada.

Vale ressaltar que o caso do lítio foi um experimento bem-sucedido, pois a estimação do SOC é realizada em uma RNA treinada com dados da bateria de sódio. O objetivo era demonstrar a capacidade da rede em interpretar os dados de outro tipo de bateria, uma vez que os dados são normalizados pelos seus respectivos valores nominais. Foi observado um comportamento adequado na indicação do SOC, representando inclusive as variações sofridas com as temperaturas mais altas, especialmente nos primeiros 60% da carga total.

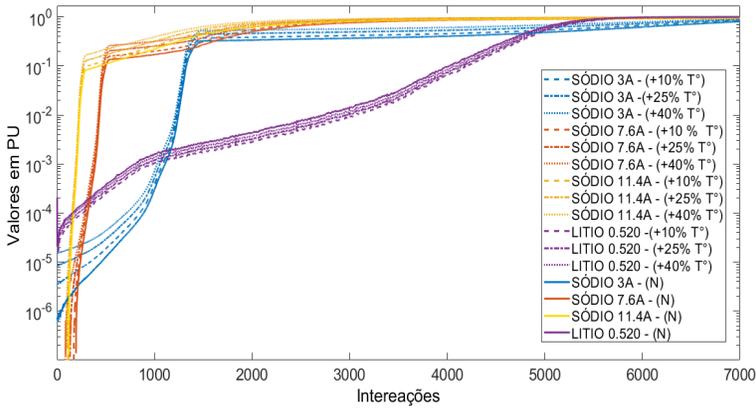


Figura 6: Influência da Temperatura no SOC.

4.5 Erros do Modelo Proposto

Após a realização das análises, os erros são determinados conforme a equação (2) (CABRAL, 2004). É destacado que a rede neural artificial é treinada com um conjunto de parâmetros de 3,8 A e a saída é testada com dados correntes de 3 A; 7,6 A, 11,4 A e a de Lítio. O conjunto de resultados é mostrado na Tabela 1 para cada análise feita

$$E_{ABSOLUTO} = \left| (Saída_{Testada} - Saída_{Treinada}) \right| * 100 \quad (2)$$

Comparando primeiramente os três primeiros casos, é visto que o para um número menor de neurônios com a função hiperbólica (caso 3) foi obtido o menor erro de estimação, indicando que outros ajustes podem ter impacto maior na sensibilidade do estimador. Para os casos seguintes (ΔT), o erro do lítio aumento à medida que aumenta a temperatura, isso se deve ao fato de ele não dispor de um melhor desempenho em altas temperaturas. Para o sódio, causa uma ligeira melhoria nos erros ao aumentar a temperatura.

ERROS	Sódio_3 A	Sódio_7,6 A	Sódio_11,4 A	Lítio_0,52 A
Caso 1	0,8164%	5,0724%	3,4543%	2,7193%
Caso 2	0,8141%	2,6171%	2,8793%	2,5679%
Caso 3	0,7732%	1,6037%	2,7438%	0,4881%
Caso 4 (+10% T°)	1,8727%	1,9941%	2,4379%	0,2436%
Caso 4 (+25% T°)	1,4855%	1,3948%	1,5083%	0,3261%
Caso 4 (+40% T°)	0,2269%	0,0618%	1,3789%	0,4769%

Tabela 1: Erros de estimação do SOC.

Com o objetivo de corroborar os resultados, assim como de verificar a sensibilidade da rede neural artificial foram realizadas novas análises para cada caso estudado. Para estas condições, a rede neural é treinada e testada com os mesmo dados de corrente. Por exemplo, para o caso 1 referente à Sódio_3A, a rede neural é treinada com dados de corrente de 3 A e testada com dados de corrente de 3 A mantendo as mesmas condições que o caso 1 (número de neurônios igual a 10 e função de transferência tangente hiperbólica). Isto foi realizado para todos os casos estudados, e é importante destacar que a diferença só ocorre na etapa de treinamento. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

ERROS	Sódio_3 A	Sódio_7,6 A	Sódio_11,4 A	Lítio_0,52 A
Caso 1	0,0746%	0,1292%	0,0339%	0,2542%
Caso 2	0,1984%	0,1338%	0,0591%	0,2948%
Caso 3	0,0411%	0,0129%	0,0349%	0,1415%
Caso 4 (+10% T°)	0,0669%	0,3833%	0,0779%	0,0662%
Caso 4 (+25% T°)	0,2246%	0,0643%	0,0411%	0,0798%
Caso 4 (+40% T°)	0,0606%	0,0728%	0,0864%	0,0929%

Tabela 2: Erros de estimação do SOC. Modificação no treinamento.

Algumas conclusões podem ser corroboradas. Entre o caso 1 e 2 existe um leve aumento nos erros, isso indica que com o aumento da quantidade de neurônios dentro da camada oculta o erro inicialmente tende a aumentar. Na seguinte análise, pode se perceber que com modificação da função de transferência e a diminuição da quantidade de neurônios os erros diminuem, sendo indicado o uso da função linear para esta tipo de análise. Para o caso 4 (ΔT°) o erro do lítio aumento à medida que aumenta a temperatura como já explicado anteriormente.

Apesar das variações observadas, acredita-se pelos resultados que a técnica empregada pode ser promissora. Vale ressaltar que ainda existe uma ampla gama de ajustes que podem ser testados para conseguir uma RNA adequada para estimação do SOC das baterias de sódio. Possíveis ajustes a serem testados incluem maior quantidade de dados, outros ajustes na curva de treinamento, variações no número de vezes que a rede é treinada, entre outros aspectos.

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho tratou da implementação e análise de resultados de uma rede neural artificial para a estimação do estado de carga de baterias, com a aplicação em curvas de carga de uma bateria de sódio.

Os resultados se mostraram promissores para alguns casos, principalmente quando a carga era realizada em valores mais próximos dos dados utilizados para o treinamento da RNA. Com isso, ficou evidente a necessidade de adquirir mais dados de entrada para o treinamento da rede, para que esta possa responder melhor às variações de corrente e temperatura ao longo da carga da bateria.

Outro ponto importante de ser destacado é o funcionamento mais eficiente de uma rede com menor número de neurônios em sua camada oculta. Este fato pode indicar uma maior sensibilidade aos parâmetros de ajuste do que ao número de neurônios para esta aplicação da RNA.

Trabalhos futuros vão seguir incrementando o banco de dados, acrescentado curvas de carga que representem outras situações de variação de correntes e temperatura. Também serão investigados com mais profundidade os impactos de cada ajuste, visando deixar clara a contribuição de cada parâmetro na sensibilidade em estimar o SOC. Uma proposta futura é a implementação da metodologia para operação em tempo real em uma bateria de sódio.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa conta com o apoio e fomento do Programa Institucional Agenda Tríplice (Edital PRPPG 137/2018) da Universidade Federal de Integração da América Latina (UNILA), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Nº 307223/2017-5 e Nº 407531/2018-1), ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI) e do projeto de pesquisa P&D COPEL 2866-0452/2016. Os autores, em nome do Grupo de Pesquisa em Energia e Sustentabilidade Energética - GPEnSE, agradecem pelo apoio e fomento.

REFERÊNCIAS

BENATTI, K. A. **O Método de Levenberg-Marquardt para o Problema de Quadrados Mínimos não Linear**. Simpósio de Métodos Numéricos em Engenharia, n. 4, 2017.

CAMARILLO-PEÑARANDA, J.; SAAVEDRA-MONTES, J.; RAMOS-PAJA, C. **Recomendaciones para Seleccionar Índices para la Validación de Modelos**. Tecnológicas, p. 109, 2013.

CABRAL, P. **Erros e Incertezas nas Medições**. Técnico, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2004.

CHAQUI, H.; IBE-EKEOCHA, Chinemerem C.. **State of Charge and State of Health Estimation for Lithium Batteries Using Recurrent Neural Networks**. IEEE Transactions on Vehicular Technology, v. 66, n. 10, p. 8773–8783, 2017.

ELECTRILABS. **Sodium Nickel Batteries**. 2018. Relatório Técnico, Sudáfrica. Disponível em: <<https://www.electrilabs.co.za>>.

GAVIN, H. P. **The Levenburg-Marquardt Algorithm For Nonlinear Least Squares Curve-Fitting Problems**. Duke University, p. 1–19, 2019.

HAQ, I. N.; LEKSONO, E.; IQBAL, M.; **Development of battery management system for cell monitoring and protection**. International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS), p. 203–208, 2014.

RODRÍGUEZ P., J. D., Gómez P., R. A., Campos F., A. F. **Sistemas de gestión de baterías (BMS) y su importancia para los sistemas de almacenamiento de baterías (BESS)**. Tecnura, v. 19, p. 51–56, 2015.

MARTÍNEZ-BERTRAN, J. Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas. Abr. 2017. Trabajo de Final de Grado, Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. Brasil: SECRETARIA DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020.

PLETT, G. L. **Battery Management Systems, Volume II: Equivalent-Circuit Methods**: Artech House, 2015. (Artech House power engineering series). *E-book*.

PORTUGAL GONCALVES DA MOTTA, H.; MAKISHI, A.; PEREIRA DE ARAÚJO, M. C. **Inserção de Novas Tecnologias**. 2019.

SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes Neurais Artificiais Para Engenharia e Ciências Aplicadas**. São Paulo: Artliber, 2010.

SINGH, S. **Backpropagation Learning Algorithm Based on Levenberg Marquardt Algorithm**. v. 2 *E-book*.

ZONG-YOU H.; PANG-YEN L.; WANG, C. **State of charge, state of health, and state of function monitoring for EV BMS**. In: 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). Las Vegas, NV, USA: IEEE, 2017. p. 310–311.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumínio 29, 31, 32, 34, 35, 215, 216, 225
Arco 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28
Arduino 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112

C

Coleta Seletiva 79, 80, 81, 83, 86, 87, 88
Conhecimento Organizacional 48, 50, 52

D

Desempenho Térmico 89

E

Educação Ambiental 79, 80, 83, 86, 87, 88
Eletrônica 103, 112, 192, 314, 339
EMG 103, 104, 106, 107, 108, 111, 112, 113
Energia 16, 17, 18, 126, 141, 142, 149, 151, 172, 260, 262, 265, 270, 271, 272, 274, 276
Energia Cinética 16, 17, 18

F

Fator 61, 67, 68
Fator de Recuperação 61, 63, 65, 67, 68

G

Gestão do Conhecimento 36, 48, 49, 50, 51, 59, 60
Gestão do Conhecimento em IFES 48

I

Injeção de Polímeros 61, 62, 67
ISO/IEC 29110 36, 37, 40, 41

M

Mão Mecânica 103, 107, 110
MPS.Br 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 46, 47

N

Nióbio 29, 30, 31, 32, 34, 35

P

Planejamento Desenvolvimento Institucional 48
Planejamento Estratégico 48, 49, 51, 59, 60, 267
Potencial 16, 17, 18, 37, 104, 111, 112, 135, 136, 151, 170, 172, 173, 174, 181, 227, 262, 263, 269, 284, 330, 332, 333, 336, 337, 338

Propriedades Mecânicas 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 188, 193, 215, 216, 217, 224, 296, 300

Prótese 103, 104, 107, 108, 110, 111, 112, 113

R

Reciclagem 80, 84, 87, 88, 298, 315

Refino de Grão 29

Resíduos Sólidos 79, 80, 81, 88, 298, 313, 314

Resistência Térmica Equivalente 89

S

Simulação Numérica 61

Solidificação Unidirecional 29, 32, 33, 214, 218

Sustentabilidade 80, 181, 260, 298, 316

T

Telhados Verdes 89

Tiro 16, 17, 22, 24, 26, 27, 28

V

Variáveis Térmicas 29, 32, 33, 35, 214, 215, 217, 224, 225

ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora
Ano 2020

ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 