

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

 **Atena**
Editora
Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Desenvolvimento e Inovação Tecnológica

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 Gírlene 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 Alfnas

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: desenvolvimento e inovação tecnológica

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
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: desenvolvimento e inovação tecnológica / 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 978-65-5706-773-4
DOI 10.22533/at.ed.734212202

1. Engenharia elétrica. 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

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

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

METODOLOGIA PARA TESTE E CLASSIFICAÇÃO DE SMART METERS PARA APLICAÇÕES EM REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

Luiz Henrique Leite Rosa
Renan Corrêa de Moura
Marcio Ribeiro Cruz
Carlos Frederico Meschini Almeida
Nelson Kagan
Alexandre Dominice

DOI 10.22533/at.ed.7342122021

CAPÍTULO 2..... 13

ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS EM VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES

Pedro Henrique Camargos
Ricardo Elias Caetano
Marcel Fernando da Costa Parentoni

DOI 10.22533/at.ed.7342122022

CAPÍTULO 3..... 25

COMO ATENUAR EMI EM SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Rogério Martins de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7342122023

CAPÍTULO 4..... 39

MODELO MATEMÁTICO DE UMA TURBINA A GÁS DE 106 MW DE TIPO INDUSTRIAL COM UM ÚNICO EIXO

Manuel Arturo Rendón Maldonado
André Reinaldo Novgorodcev Júnior

DOI 10.22533/at.ed.7342122024

CAPÍTULO 5..... 54

PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE LINHAS - UMA ABORDAGEM USANDO SAMPLED VALUES

Matheus Felipe Ayello Leite
Arthur Augusto Pereira Cruz
Angelo Cesar Colombini
Márcio Zamboti Fortes
Yona Lopes

DOI 10.22533/at.ed.7342122025

CAPÍTULO 6..... 71

O USO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS DIANTE DAS RECLAMAÇÕES POR DANOS ELÉTRICOS NO BRASIL

Lívy Wana Duarte de Souza Nascimento
Lilian de Fátima Costa Santos

Roberto Akira Yamachita
Jamil Haddad
Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos
Neiva Beatriz Ferreira Silva Vicentin
Carlos Alberto Froés Lima

DOI 10.22533/at.ed.7342122026

CAPÍTULO 7..... 83

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**

Álvaro Ribeiro Gomes de Oliveira
Arnaldo José Pereira Rosentino Júnior
Nivaldo Leite da Silva Júnior

DOI 10.22533/at.ed.7342122027

CAPÍTULO 8..... 97

**ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO EM MOTORES DE INDUÇÃO
TRIFÁSICOS: OPERAÇÃO E MONITORAMENTO COM AUXÍLIO DE FONTE
PROGRAMÁVEL**

Cássio Alves de Oliveira
Josemar Alves dos Santos Junior
Marcos José de Moraes Filho
Vinícius Marcos Pinheiro
Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira
Luciano Coutinho Gomes

DOI 10.22533/at.ed.7342122028

CAPÍTULO 9..... 112

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA PARA PREVISÃO DE POTÊNCIA
MÁXIMA EM SUBESTAÇÕES UTILIZANDO REDES NEURAIS**

Thommas Kevin Sales Flores
Pedro Henrique Meira de Andrade
Isaac Emmanuel Azevedo de Medeiros
Juan Moises Mauricio Villanueva

DOI 10.22533/at.ed.7342122029

CAPÍTULO 10..... 126

**DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CURTO-CIRCUITOS UTILIZANDO A TRANSFORMADA
DISCRETA FRACIONÁRIA DE FOURIER E REDE NEURAL ARTIFICIAL**

Leonardo Audalio Ferreira do Nascimento
Viviane Barrozo da Silva Duarte Ricciotti
Antônio Carlos Duarte Ricciotti
Adailton Braga Júnior
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira
Júlio César Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.73421220210

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 11 | 138 |
| DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DA COBERTURA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVO AGRÍCOLA USANDO MARCADORES ULTRAVIOLETA | |
| Edson d'Avila Antônio Carlos Loureiro Lino Inácio Maria Dal Fabbro Ana Cristina da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220211 | |
| CAPÍTULO 12 | 149 |
| MODELAGEM E CONTROLE DE UM HELICÓPTERO DE BANCADA COM TRÊS GRAUS DE LIBERDADE | |
| Matheus Sachet Rômulo Lira Milhomem | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220212 | |
| CAPÍTULO 13 | 169 |
| ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTUFAS HIDROPÔNICAS INTEGRADAS À IOT PARA FINS RESIDENCIAIS | |
| Rogério Luis Spagnolo da Silva Renan Pinho Lucas Ramalho Paiva Jorge Augusto Igor Falla Henrique Alvarez | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220213 | |
| CAPÍTULO 14 | 183 |
| SEGMENTAÇÃO DE EXUDATOS DUROS USANDO LIMIAÇÃO ADAPTATIVA E CRESCIMENTO DE REGIÕES | |
| Rafael de Freitas Brito Milena Bueno Pereira Carneiro Cristiane de Fátima dos Santos Cardoso | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220214 | |
| CAPÍTULO 15 | 192 |
| MICROGRID SYSTEM DESIGN BASED ON MODEL BASED SYSTEMS ENGINEERING: THE CASE STUDY IN THE AMAZON REGION | |
| Miguel Angel Orellana Postigo José Reinaldo Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220215 | |
| CAPÍTULO 16 | 208 |
| ESTUDO COMPLEMENTAR DO USO DE UMA FONTE RESSONANTE PARA TESTES EXPERIMENTAIS DE FALTAS DE ALTA IMPEDÂNCIA EM NÍVEIS DE MÉDIA TENSÃO | |
| André Pinto Leão Maria Emília Lima Tostes João Paulo Abreu Vieira | |

Ubiratan Holanda Bezerra
Marcelo Costa Santos
Ádrea Lima de Sousa
Wesley Rodrigues Heringer
Murillo Augusto Melo Cordeiro
Juan Carlos Huaquisaca Paye
Lucas de Paula Assunção Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.73421220216

CAPÍTULO 17.....224

**FERRAMENTAS DE PROTOTIPAÇÃO APLICADAS A SISTEMAS DE POTÊNCIA:
MATLAB VERSUS PYTHON**

Luciano de Oliveira Daniel
Sergio Luis Varricchio

DOI 10.22533/at.ed.73421220217

CAPÍTULO 18.....240

**SENSIBILIDADES DE POLOS E ZEROS EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DE LINHAS
DE TRANSMISSÃO REPRESENTADAS PELO MODELO DE BERGERON**

Sergio Luis Varricchio
Cristiano de Oliveira Costa

DOI 10.22533/at.ed.73421220218

CAPÍTULO 19.....256

**UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES EM CENÁRIOS DE REDES ÓPTICAS COM
MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO ESPACIAL**

Eloisa Bento Sarmento
Mariana Gomes Costa
Gileno Bezerra Guerra Junior
Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.73421220219

CAPÍTULO 20.....264

**PROJETO E ANÁLISE DE UM ARRANJO LINEAR DE ANTENAS DE MICROFITA QUASE-
FRACTAL UTILIZANDO A CURVA DE MINKOWSKI NÍVEL 2 COM APLICAÇÕES EM
REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO**

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira
Pedro Carlos de Assis Júnior
Relber Antônio Galdino de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.73421220220

CAPÍTULO 21.....277

**UMA NOVA ABORDAGEM PARA O PROBLEMA DAS IMPRECIÇÕES NUMÉRICAS
RESULTANTES DA UTILIZAÇÃO DE FILTROS COM ARITMÉTICA INTEIRA**

Daniel Carrijo Polonio Araujo
Gabriel de Souza Pereira Gomes
Christos Aristóteles Harissis
Rogério Andrade Flauzino

DOI 10.22533/at.ed.73421220221

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 22..... | 298 |
| TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE CORRENTE NULA PARA APLICAÇÕES EM CONVERSORES BOOST OPERANDO EM MODO DE CONDUÇÃO CRÍTICA | |
| Marcelo Nogueira Tirolli | |
| Alexandre Borges Marcelo | |
| Flávio Alessandro Serrão Gonçalves | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220222 | |
| CAPÍTULO 23..... | 312 |
| A STAIRWAY STATISTICAL NEURAL MODEL FOR DGA ANALYSIS | |
| Gabriel de Souza Pereira Gomes | |
| Daniel Carrijo Polonio Araujo | |
| Mateus Batista de Moraes | |
| Rafael Prux Fehlberg | |
| Murilo Marques Pinto | |
| Arthur Franklim Marques de Campos | |
| Marcos Eduardo Guerra Alves | |
| Rogério Andrade Flauzino | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220223 | |
| CAPÍTULO 24..... | 325 |
| LATÊNCIA NA COMUNICAÇÃO PARA ESQUEMAS DE TELEPROTEÇÃO: REQUISITOS, AVALIAÇÕES E MEIOS DE TRANSMISSÃO | |
| Mayara Helena Moreira Nogueira dos Santos | |
| Matheus Felipe Ayello | |
| Paulo Henrique Barbosa de Souza Pinheiro | |
| André da Costa Pinho | |
| Angelo Cesar Colombini | |
| Márcio Zamboti Fortes | |
| Yona Lopes | |
| DOI 10.22533/at.ed.73421220224 | |
| SOBRE OS ORGANIZADORES | 343 |
| ÍNDICE REMISSIVO..... | 344 |

ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTUFAS HIDROPÔNICAS INTEGRADAS À IOT PARA FINS RESIDENCIAIS

Data de aceite: 04/02/2021

Data da submissão: 05/11/2020

Rogério Luis Spagnolo da Silva

Departamento de Engenharia, Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU Professor nos cursos de Engenharia Elétrica e de Controle e Automação

Renan Pinho

Departamento de Engenharia, Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Lucas Ramalho Paiva

Departamento de Engenharia, Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Jorge Augusto

Departamento de Engenharia, Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Igor Falla

Departamento de Engenharia, Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Henrique Alvarez

Departamento de Engenharia, Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

No projeto apresentado foi desenvolvido um protótipo de uma estufa hidropônica integrada à IoT, com o intuito de estudar a viabilidade de aplicação do sistema *indoor*.

RESUMO: A interface de supervisão é responsável pela autonomia do processo. O protótipo tem suas ações coordenadas por um

microcontrolador ESP32 que recebe leitura de sensores – de temperatura e humidade (DHT11), de distância ultrassônico (HC-SR04), de pH (PH-4502C) - e envia comandos para atuadores (bombas e *cooler*), otimizando o sistema. O tema apresenta uma possível solução para o cultivo de plantas em ambientes onde não são viáveis métodos tradicionais, sem a necessidade de monitoramento humano constante, trazendo viés para a saúde, inibindo o consumo de produtos com agrotóxicos.

PALAVRAS - CHAVE: Agrotóxicos, hidroponia, *IoT*, autonomia, otimização.

FEASIBILITY STUDY OF HYDROPONIC GREENHOUSE IMPLEMENTATION INTEGRATED WITH IOT FOR RESIDENTIAL PURPOSES

ABSTRACT: In the project presented a prototype of a hydroponic greenhouse integrated with IoT was developed. The supervisory interface is responsible for process autonomy. The prototype has its actions coordinated by an ESP32 microcontroller that receives sensors reading - temperature and humidity (DHT11), ultrasonic distance (HC-SR04), pH (PH-4502C) - and sends commands to actuators (pumps and coolers), optimizing the system. The theme presents a possible solution for the cultivation of plants in environments where traditional methods are not viable, without the need for constant human monitoring, bringing health bias, inhibiting the consumption of products with pesticides.

KEYWORDS: Pesticides, hydroponics, IoT, autonomy, optimization

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Este projeto tem como intuito contribuir para que a hidroponia residencial se torne mais amplamente aplicável e acessível e como maior benefício, oferecer maior qualidade de vida às pessoas.

1.2 Objetivo

Desenvolvimento de um protótipo de uma estufa hidropônica de baixo custo, que permita o monitoramento e controle das suas funções usando a tecnologia IoT, a fim de disponibilizar alternativas para cultivo em ambientes onde não são viáveis métodos tradicionais.

1.3 Justificativa

A estufa automatizada permite ao residente de área urbana uma experiência inovadora no cultivo de seu próprio alimento, acompanhando o processo de crescimento do produto que está condicionado num ambiente livre de pragas e intempéries climáticas, o que dispensa o uso de agrotóxicos.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Agrotóxicos e Seus Riscos

Os agrotóxicos são agentes químicos, físicos ou biológicos que alteram a fauna e flora do ambiente de cultivo, de forma a evitar a ação danosa de seres vivos nocivos no plantio, propiciando uma melhor produção ao cultivador. A ação destes ingredientes ativos pode causar impactos ao meio ambiente e a saúde humana, tal que são utilizados produtos de elevado grau de toxicidade já proibida em países desenvolvidos.

Segundo Mancini (2019), “podem causar: problemas neurológicos, dificuldades respiratórias, irritações na pele, manifestações gastrointestinais, alterações no sistema reprodutor masculino e feminino, além de cânceres como no cérebro, mama, esôfago, de pele e sistemas digestivo e de reprodução”.

2.2 Hidroponia, Uma Solução

Dentre as principais alternativas estudadas para redução de agrotóxicos podemos evidenciar o cultivo de produtos orgânicos que dependem de maior tempo de cultivo e tem um valor de mercado mais caro.

Além de a hidroponia oferecer uma produção mais sustentável. Segundo a Revista Cultivar (2015) “o cultivo de alface, por exemplo, utiliza no sistema convencional cerca de 25 litros de água por pé da planta. Já no sistema hidropônico, o mesmo cultivo utiliza cerca de 4 litros.”

2.2.1 Hidroponia em Estufa

A fim de obtermos um cultivo no qual a planta possa crescer em um ambiente condicionado, eliminando assim a necessidade do uso de agentes reguladores de pragas, implementamos o conceito da hidroponia em uma pequena estufa de cultivo. Customizando a estrutura de forma que ela se adequasse ao método DFT (*Deep film technique*) ou *floating*, no qual a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) na qual as raízes ficam submersas, tal que as plantas ficam sustentadas por uma bandeja de isopor.

2.2.2 Solução Nutritiva e Controle de Ph

No cultivo em hidroponia, como dito anteriormente, as raízes da hortaliça ficam mergulhadas em uma solução com água e nutrientes. É essencial que a solução contenha os nutrientes necessários, e específicos, para a hortaliça que se está cultivando. Foi escolhida a alface como amostra, por ser a folhosa mais consumida no Brasil, segundo Steven (2016, p.10). Para seu plantio em hidroponia, foi necessário utilizar uma solução com água, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e ferro quelatizado, por Neto e Barreto (2003, p.23).

Outro fator a pontuar é o controle de pH da solução. O pH mede a acidez relativa ou alcalinidade da solução e é medido numa escala de 1 a 14, onde 7 é considerado neutro e valores abaixo de 7 é considerado uma solução ácida e acima de 7 é considerado uma solução alcalina. Conforme a solução vai evaporando e conforme as raízes sugam os nutrientes, ocorrem alterações no pH e é importante monitorar e realizar o controle do pH. Cada hortaliça, possui uma margem de controle, caso pH fuja desta margem a planta apresenta baixo desenvolvimento ou mesmo deterioração. Utilizamos uma margem de pH entre 5,5 e 6,5, conforme o estudo de caso de Marrocos, Mendonça e Neto (2007, p.4).

2.3 Internet das Coisas (IOT)

O termo *Internet of Things* (Internet das Coisas) foi cunhado em 1999 por Kevin Ashton, cofundador do AutoID Center do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Em artigo, Ashton (2009) afirmou que a ideia original da IoT previa a conexão de todos os objetos físicos à Internet. O funcionamento do IoT tem como base, sensores e dispositivos que possuem suporte para comunicação com a internet. É necessário também um servidor para que os dados recebidos possam ser analisados e as ações de cada atuador possam ser gerenciadas pelo cliente.

3 | PROBLEMA

Em função da falta de conhecimento em relação aos aspectos nutricionais, grande parte cultivos hidropônicos não obtêm sucesso. Outros aspectos que interferem igualmente nos resultados relacionam-se com o tipo de sistema de cultivo. Para a instalação de um sistema de cultivo hidropônico, é necessário que se conheça detalhadamente as estruturas

básicas que o compõem, gerando uma necessidade de maior tempo de dedicação e de mão de obra qualificada para realizar a atividade.

4 | METODOLOGIA

O experimento será realizado por meio de um protótipo de estufa hidropônica automatizada, para realizar o cultivo de uma ou mais espécies de hortaliça, medir quantidade de esforço técnico, identificar qual frequência ideal para as atividades de manutenção preventiva e quais conhecimentos são necessários para o mesmo, cálculo de consumo de energia elétrica e quantidade de espécies que uma estufa pode abranger.

A funcionalidade de todos os sistemas de controle envolvidos (renovação de ar, controle de fluxo da solução nutritiva) e coleta dos resultados sobre seus impactos sobre a cultura, cálculo da dimensão do sistema IoT, complexidade dos relatórios e processamento dos dados coletados para o supervisor por meio deste, análise dos pontos positivos entregues pelo sistema, dos pontos negativos, bem como, análise da viabilidade prática e econômica do projeto, análises de possíveis aperfeiçoamentos, Identificação de possíveis falhas e levantamento das medidas corretivas e preventivas.

5 | PROCESSO DE FUNCIONAMENTO DA ESTUFA

O controle da estufa pode ser dividido em dois momentos principais, o momento de *SETUP* que ocorre apenas uma vez durante o primeiro ciclo de funcionamento do controlador, o *SETUP* é onde o controlador recebe as configurações iniciais do programa, define suas entradas e saídas, alocação de memória que será utilizada e configuração de conexão à internet.

O segundo momento pode ser definido como Função Principal, e essa função vai trabalhar em “*loop*”, ou seja, a função principal é um processo de repetição contínua enquanto o controlador está ligado, a função principal pode ser dividida então em seis funções secundárias. A **Figura 1** esboça o processo a ser realizado pelo protótipo, elencando suas etapas de acordo com a varredura do sistema.

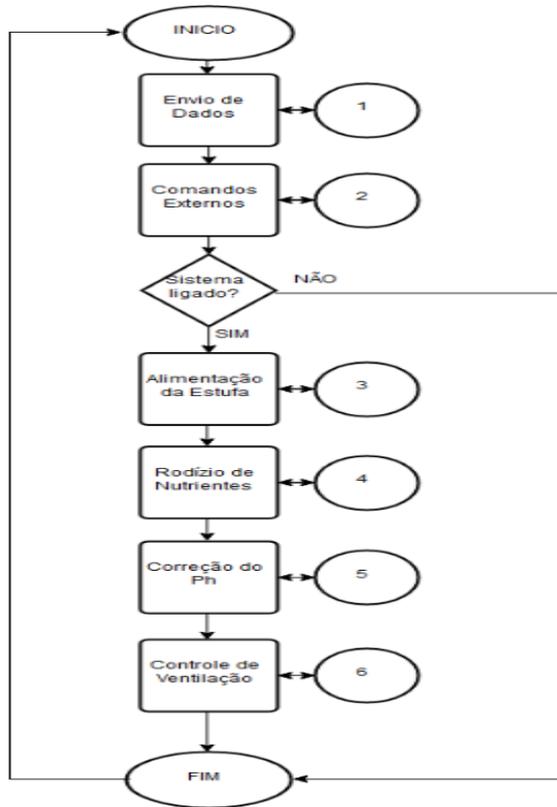


Figura 1 – Fluxograma da função principal.

Fonte: Próprio Autor, 2019

A primeira função secundária é chamada para que o controlador estabeleça comunicação com o servidor em nuvem *ThingSpeak* e envie para os Canais pré-estabelecidos, as informações de leitura dos sensores. Onde sempre no início de cada ciclo de funcionamento, os dados em nuvem são atualizados mesmo com a estufa com o sistema de controle desligado. A **Figura 2** ilustra os detalhes desta função:

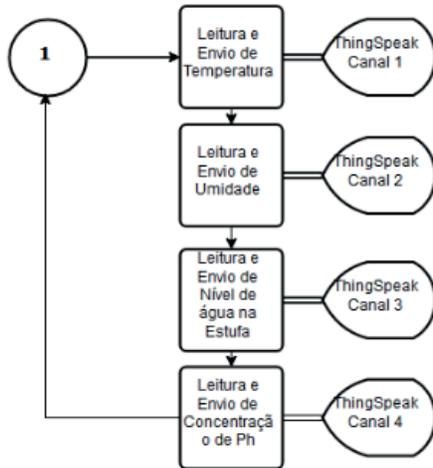


Figura 2 – Envio de dados para o *ThingSpeak*

Fonte: Próprio Autor, 2019

Os dados são apresentados no *ThingSpeak* em forma de gráficos customizáveis e são atualizados em tempo real, onde é possível visualizar tanto históricos de funcionamento como leituras atuais dos sensores. A **Figura 3** ilustra as amostragens extraídas pelo servidor IoT:

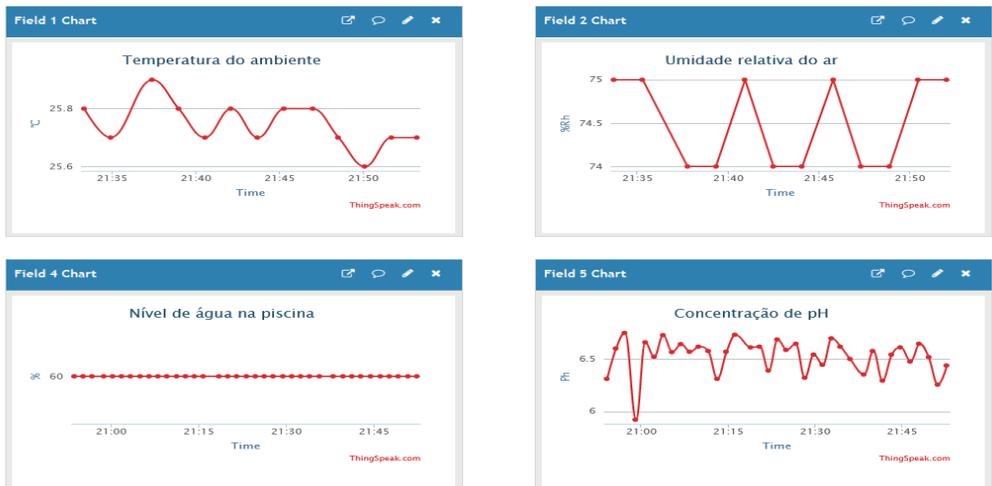


Figura 3 – Representação gráfica das leituras dos sensores

Fonte: Próprio Autor, 2019

A segunda função é chamada também para que o controlador estabeleça comunicação com o servidor em nuvem *ThingSpeak* porém, com a função de receber comandos automáticos ou manuais, como definição de *setpoints* da biblioteca de Hortaliças, Ligar/Desligar controle do ambiente e rodízio da solução nutritiva, conforme apresentado na **Figura 4**:

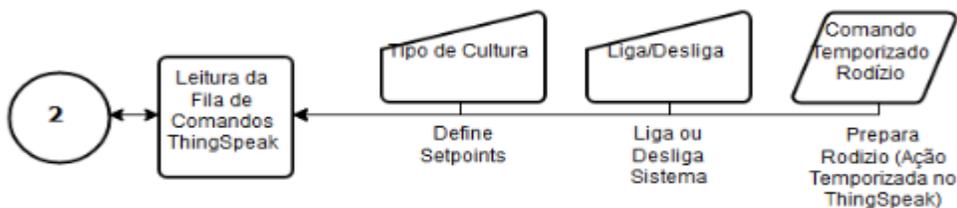


Figura 4 – Recebimento de comandos do *ThingSpeak*

Fonte: Próprio Autor, 2019

A plataforma *TalkBack* do *ThingSpeak* é capaz de estabelecer uma lista de informações a serem enviadas ao controlador. A **Figura 5** ilustra esta função:

Apps / TalkBack / Comandos

Edit TalkBack

Name: Comandos

TalkBack ID: 35353

API Key: TE6A6ZTAC05QTCRZ

Regenerate API Key

Created: 2019-10-12 1:30 pm

Logged to Channel: Estufa Hidropônica

Commands

| Position | Command ID | Command string |
|----------|------------|----------------|
| 1 | 16874327 | ALFACE |
| 2 | 16874328 | LIGAR |
| 3 | 16874330 | RODIZIO |
| 4 | 16874331 | DESLIGAR |

Position Command string

Figura 5 – Lista de comandos no servidor *ThingSpeak*

Fonte: Próprio Autor, 2019

A terceira função está ligada a condição de “Sistema Ligado”, caso a estufa receba o comando de ligar do servidor, essa função será chamada para que a estufa seja alimentada com solução nutritiva, onde a bomba de alimentação no reservatório é ligada até que o sensor de nível apresente uma leitura de 60% do total de solução na “piscina” da estufa (condição ideal de profundidade no cultivo hidropônico), esta função será chamada pelo controlador em todos os ciclos enquanto a estufa se mantiver com o sistema ligado, de forma que a mesma também vai manter o nível de solução em 60% no decorrer do cultivo.

A **Figura 6** ilustra a condição de funcionamento:

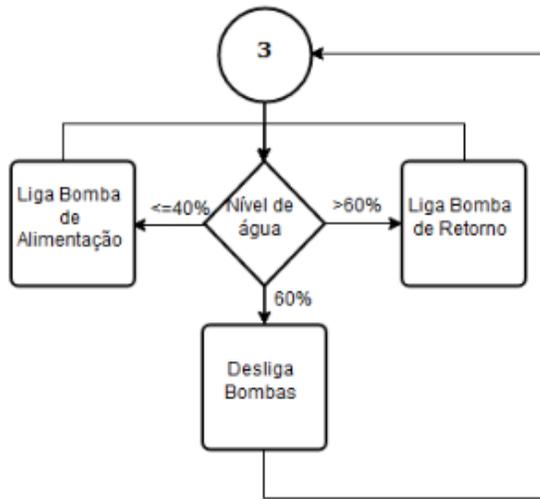


Figura 6 – Alimentação e controle de nível de água

Fonte: Próprio Autor, 2019

A quarta função é chamada apenas com duas condições, a primeira é caso o sistema de controle esteja ligado, e a segunda condição é a de rodízio, o rodízio é necessário no sistema hidropônico para que seja renovada a solução nutritiva e para que exista a aeração da mesma, de forma a manter o nível de nutrientes e oxigênio adequada ao cultivo, o período de funcionamento desta etapa está atrelado a função “Time-Control” do servidor *ThingSpeak*, assim é possível controlar a frequência de renovação de nutrientes e de aeração da solução nutritiva.

A **Figura 7** ilustra a sequência de atuação da função:

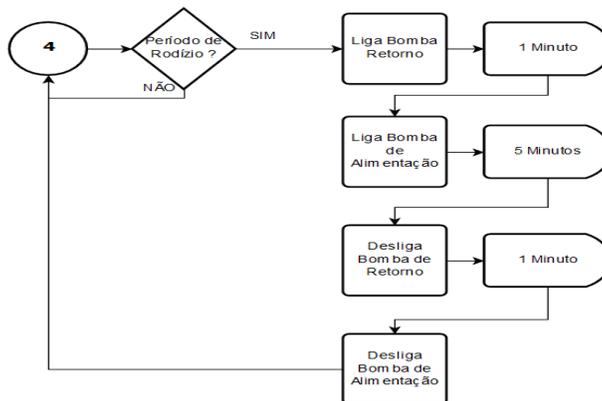


Figura 7 – Rodízio da solução nutritiva

Fonte: Próprio Autor, 2019

A função *Time-Control* pode ser configurada pelo usuário de forma que a mesma irá automaticamente inserir valores na plataforma *TalkBack* para enviar ao controlador, a interface de configuração é ilustrada na **Figura 8**:

The image shows a web-based configuration interface for a 'Time-Control' function. The form is organized into several sections:

- Name:** A text input field containing 'New TimeControl'.
- Time Zone:** A dropdown menu showing 'Brasilia' with an '(edit)' link.
- Frequency:** Radio buttons for 'One Time' and 'Recurring', with 'Recurring' selected.
- Recurrence:** Radio buttons for 'Week', 'Day', 'Hour', and 'Minute', with 'Minute' selected.
- Every:** A numeric input field with '20' and a 'minutes' label.
- Time:** Three dropdown menus for hour ('12'), minute ('00'), and period ('pm').
- Fuzzy Time:** A dropdown menu showing '± 0 minutes'.
- Action:** A dropdown menu showing 'TalkBack'.
- then add command:** A text input field containing 'RODIZIO'.
- at position:** An empty text input field.
- to TalkBack:** A dropdown menu showing 'Comandos'.
- Save TimeControl:** A green button at the bottom.

Figura 8 – Interface *Time-Control* no *ThingSpeak*

Fonte: Próprio Autor, 2019

Após ser realizada alimentação, controle de nível e rodízio da solução nutritiva, é chamada a função de correção de concentração de pH, onde são acionadas duas bombas de dosagem de ácido e base, caso a leitura seja acima do valor especificado para o cultivo, será realizado a dosagem de componente ácido para que a concentração aumente e caso a leitura seja abaixo, a dosagem de componente base, também é necessário um período mínimo de dosagem para estabilização da concentração de pH na solução, assim a dosagem é realizada de acordo com leitura do sensor de pH respeitando também o período mínimo para nova dosagem.

A **Figura 9** ilustra as condições de funcionamento:

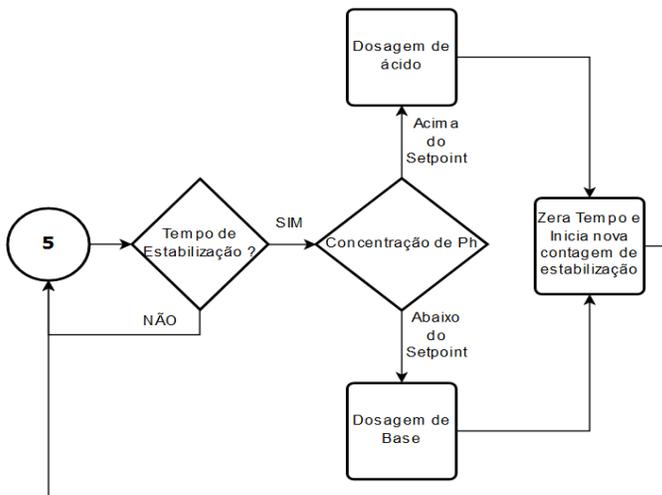


Figura 9 – Correção da concentração de pH

Fonte: Próprio Autor, 2019

A sexta e última função antes do reinício do ciclo é o controle de ventilação do ambiente da estufa, que trabalha em função do sensor de temperatura e umidade, a função atualiza o funcionamento do ventilador, de forma que é feita uma comparação dos valores de umidade e temperatura do sensor com o *setpoint* máximo definido para a hortaliça cultivada, assim configurando a rotação do ventilador caso necessária e o mesmo se manterá neste até nova passagem por esta função.

A **Figura 10** ilustra a lógica de funcionamento.

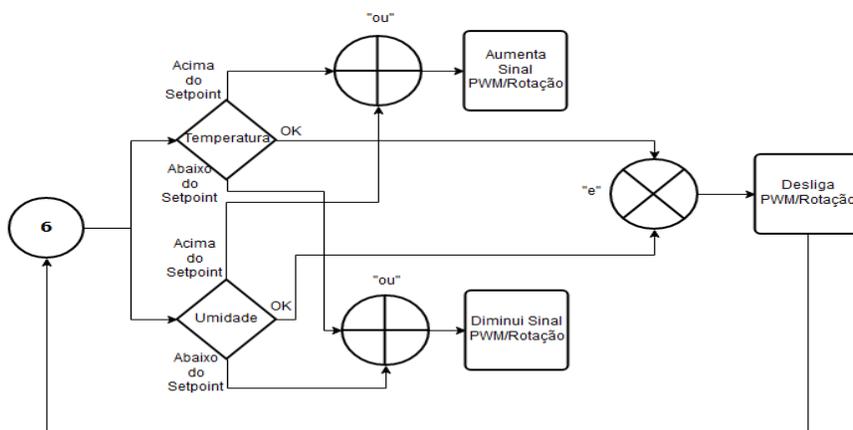


Figura 10 – Controle de ventilação no ambiente

Fonte: Próprio Autor, 2019

6 | DESENVOLVIMENTO DO COMPONENTE ELETRÔNICO

Foi desenvolvida uma placa eletrônica para o controle da estufa, onde foram utilizadas duas fontes de alimentação elétrica, uma fornecendo 5VDC (Bombas, Módulo de Relés e Sensor PH) e outra fornecendo 12VDC (Microcontrolador e FAN Cooler). A **Figura 11** ilustra o diagrama elétrico da placa:

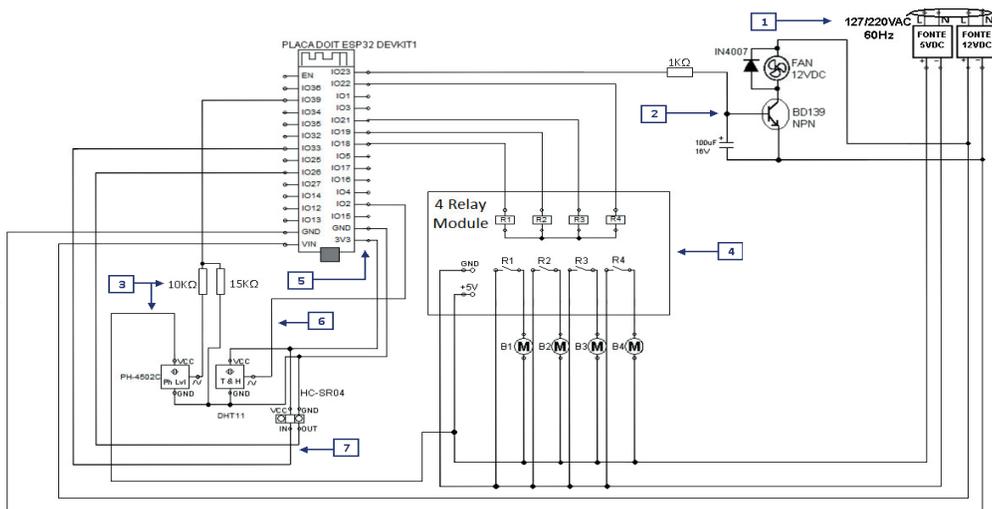


Figura 11 – Diagrama elétrico

Fonte: Próprio Autor, 2019

7 | RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente foi feito o levantamento das principais premissas de funcionamento do sistema hidropônico para três tipos de hortaliça, de acordo com **Tabela 1**:

| Tipo | Temperatura da Solução Nutritiva | Taxa de ph da Solução | Umidade relativa do Ar | Temperatura do ambiente |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------|---|-------------------------|
| Alface (1) | Entre 18° e 24°C | Entre 5,8 à 6,4 | Em torno de 70% | 25° C |
| Morango (2) | Entre 18° e 24°C | Entre 5,5 e 6,0 | Entre 60% e 75% | Entre 13.8° C e 21.1° C |
| Tomate (3) | Entre 18° e 24°C | Entre 6,5 à 7,0 | Entre 65% e 75% - À Noite: Entre 80% e 90 % | Entre 12° C e 29° C |

Tabela 1 – Parâmetros para cada hortaliça

Fonte: (1) Furlani (1999), (2) Kubota e Kroggel (2015), (3) Gualberto, Rabelo e Resende (2002).

A partir dessas informações foi elaborada a biblioteca de “*setpoints*” dentro do controlador, onde o mesmo receberia do servidor qual seria cultivada durante o ciclo e buscaria as informações indicadas para a mesma. O usuário então teria autonomia para determinar diferentes tipos de hortaliça antes de cultivar sem se preocupar com as configurações técnicas do cultivo.

Com o auxílio da plataforma *ThingSpeak*, também foi definido que o usuário determinaria o período de rodízio dos nutrientes e aeração do reservatório da estufa, de acordo com informações dos estudos feitos, foram definidos para a amostragem que seria utilizado o período de 30 minutos, e para alimentação de nutrientes, o período de 15 dias, a estufa também exige uma manutenção preventiva a cada 15 dias, ou seja uma vez na metade do período total de cultivo (em média, 30 dias), onde é necessário que haja uma limpeza da estrutura e reservatórios para prevenir criação de algas e fungos que podem alterar e/ou diminuir a eficiência da solução nutritiva.

Todos os componentes eletrônicos do sistema de controle autônomo da estufa no total possuem em média 827 Wh de consumo energia elétrica, durante o período de 30 dias (1 colheita), e o sistema hidráulico necessitaria de uma quantidade mínima de 20L de água a cada 30 dias, também foi feito um levantamento para algumas diferentes vertentes de proporção para aplicação do projeto no caso de utilização reservatório de mais de 10 litros seria necessário trocar as bombas submersas de alimentação e retorno para a bomba do tipo R385 que trabalha com uma alimentação elétrica de 12VDC, causaria o acréscimo de 38 Wh no consumo de energia elétrica mensal, e para acréscimo na área útil total para cultivo em três vezes (9 mudas), seria necessário o acréscimo de mais um *Cooler* e mudança na disposição dos mesmos, o acréscimo médio no consumo de energia elétrica seria de 540 Wh no consumo mensal, e o consumo de água em média o dobro da capacidade do reservatório, o protótipo teve como objetivo mensurar aplicações para fins residenciais, para aplicação comercial é necessário revisão das premissas iniciais do sistema hidropônico de acordo com demanda exigida, seria possível aproveitar apenas ideia de aplicação, como sistema de supervisão e placa de controle.

Os dados de leitura são apresentados e armazenados nos canais da plataforma *ThingSpeak*, foi possível acompanhar todo o sistema de controle da estufa através desta ferramenta onde o usuário utilizaria os dados para analisar e acompanhar as variáveis de temperatura, concentração de pH e perceber falta de material corretor de pH ou falta de água no sistema hidráulico.

Foi considerada no projeto a utilização de iluminação artificial específica para cultivo indoor, porém, para fins de protótipo a função não proporcionaria bom-benefício para o projeto, então o mesmo foi retirado do escopo final do protótipo. Porém para aplicações de maior proporção ou ambientes com pouca incidência de luz solar, seria necessário implementar essa função, seria necessário um sensor de luminosidade e a lâmpada especial, o consumo de energia elétrica mensal aumentaria em 10kWh.

REFERÊNCIAS

NETO, E; BARRETO, L; **AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA**, UFRP, Recife, Pernambuco, p. 23-31 2012. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:lxypHGCKQHoJ:www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/download/152/141+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 13 jun. 2019

U. STEVEN, Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças (ABCSEM): **Seminário Nacional Folhosas 2016**, Campinas, São Paulo.

Disponível em: https://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/O_mercado_de_folhosas__Numeros_e_Tendencias_-_Steven.pdf. Acesso em: 26 mai. 2019.

FURLANI, P. R. Cultivo hidropônico de plantas; Campinas, São Paulo, 1999, p. 52. Retirado de: <http://tudohidroponia.net/tag/alface/>. Acesso em: 18 jul. 2019.

MANCINI, N., **Agrotóxicos, os vilões da saúde**, Revista Abrale On-line. Associação Brasileira de Linfoma e Leucemia. Disponível em: <https://www.abrale.org.br/revista-online/agrotoxicos-os-viloes-da-saude/> Acesso em: 15 mai. 2019.

MARROCOS, Nilton; MENDONÇA, Isaias e NETO, Egídio. **Crescimento de alface em função do pH da solução nutritiva**. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/cpna2007c.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

KUBOTA C. e KROGGEL M; **Hydroponic strawberry environmental control**; Disponível em: https://cals.arizona.edu/strawberry/Hydroponic_Strawberry_Information_Website/Env_Control.html. Acesso em: 23 jul. 2019.

VIEIRA, N.; **Entendendo um pouco mais sobre o protocolo HTTP**, Nando Vieira Blog; Disponível em: <https://nandovieira.com.br/entendendo-um-pouco-mais-sobre-o-protocolo-http>. Acesso em: 14 ago. 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AMI 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 124

Aneel 6, 52, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 81, 84, 96, 127, 136, 209, 221

Aterramento 25, 27, 28, 29, 32, 34, 37, 38, 72, 77, 209

Automação 1, 7, 25, 26, 32, 33, 37, 61, 138, 149, 164, 168, 169, 325, 330, 333, 341

C

Classificação 1, 12, 126, 128, 131, 134, 135, 136, 184, 209

Compatibilidade Eletromagnética 25

Complexo Hospitalar 83, 84

Consumo de Energia 4, 83, 84, 138, 161, 172, 181, 259, 260

Curto-Circuito 65, 100, 126, 128, 131, 132, 133, 134, 135, 234

D

Danos Elétricos 71, 72, 73, 76, 80, 82

Defensivos agrícolas 138, 139, 140, 146, 147

Densidade de potência 13, 15, 16, 17, 19

Descargas atmosféricas 27, 71, 76, 328

Detecção de fraudes 1, 10, 11

Distribuição de Energia Elétrica 72, 81, 96, 112, 113, 125, 127, 210, 221, 222

DPS 71, 72, 77, 78, 79, 80, 81

E

Ensaio 97, 98, 99, 103, 104, 108, 109, 111, 219, 324

Estudo comparativo 13, 15, 275

I

IEC 61850 54, 55, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 207, 330, 331, 332, 333, 339, 340, 341, 342

Inteligência Artificial 112, 114

Interferência Eletromagnética 25, 26, 37, 327, 328

L

Linhas de transmissão 54, 56, 62, 64, 65, 112, 113, 227, 240, 327

M

Medição 1, 3, 4, 7, 8, 11, 54, 58, 59, 60, 64, 79, 80, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 95, 96, 106, 138,

140, 141, 142, 217, 218, 219, 220, 221, 271, 272, 331, 338

Medidores Inteligentes 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Mensuração da área de cobertura 138, 139, 140

Modelagem de sistemas de potência 39, 228

Motor de indução 13, 14, 19, 97, 98, 100, 101, 102, 104

Motor de indução trifásico 97, 98, 100, 101, 104

N

Normas Técnicas 81, 97, 99, 110, 111

P

Previsão de Demanda 112, 113, 114, 115, 119, 124, 125

Previsão de Séries Temporais 112

Projetos de Engenharia 25

Proteção de linhas de transmissão 54

Proteção Diferencial 54, 55, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69

Q

Qualidade de energia 1, 11, 76, 96, 126, 127, 128, 217

R

Redes Neurais Artificiais 112, 115, 126, 128, 136

Rendimento 15, 16, 19, 20, 95, 97, 98, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 301

Ressarcimento 71, 72, 81, 82

S

Sampled Values 54, 55, 61, 70, 331

Smart Grid 1, 2, 3, 4, 6, 11, 12, 192, 193, 195, 207, 341

Subestação 29, 83, 84, 95, 96, 112, 115, 116, 124, 331

T

Tecnologias de aplicação 138, 139, 140

Termoeletricidade 39

Transformador 83, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 132, 212, 213, 221, 313, 337

Turbina a gás 39

Turbogerador 39

V

Veículo elétrico leve 13

Viabilidade Técnica 13, 14, 16