

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

Engenharia elétrica: comunicação integrada no universo da energia

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-837-3

DOI 10.22533/at.ed.373212302

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

CDD 621.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

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

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

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de subáreas e especializações, algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

Eduardo Henrique da Silva

Mateus Morikawa

Vinícius Baratieri Suterio

María Eugenia Dajer

DOI 10.22533/at.ed.3732123021

CAPÍTULO 2..... 11

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

Felipe Vasconcellos

Rafael Alípio

Fernando Moreira

DOI 10.22533/at.ed.3732123022

CAPÍTULO 3..... 25

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

Augusto César Lúcio de Oliveira

Gabriel dos Santos Alves

Hapitaglo Rian da Silva

Igor Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.3732123023

CAPÍTULO 4..... 36

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

Wyctor Fogos da Rocha

Mário Mestria

DOI 10.22533/at.ed.3732123024

CAPÍTULO 5..... 50

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM FOTÔMETRO

Gabriela Dias Alba

Alberto Noboru Miyadaira

Oldair Donizeti Leite

Domingos Perego Junior

Eduardo Cezar Lenz

João Pedro de Araújo Nespolo

DOI 10.22533/at.ed.3732123025

CAPÍTULO 6..... 60

THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY-DEPENDENT BEHAVIOR OF GROUND

ELECTRICAL PARAMETERS ON THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES

Felipe Vasconcellos

Rafael Alípio

Fernando Moreira

DOI 10.22533/at.ed.3732123026

CAPÍTULO 7..... 77

BANCADA EXPERIMENTAL PARA TESTE DE CONTROLADORES PRIMÁRIOS EM MICRORREDES

João Pedro Magalhães Fernandes

Márcio Stefanello

DOI 10.22533/at.ed.3732123027

CAPÍTULO 8..... 89

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

Vitor Francisco Bassi de Franchi Siqueira

Romeu Reginatto

DOI 10.22533/at.ed.3732123028

CAPÍTULO 9..... 103

DESENVOLVIMENTO DE UM FOTOMETRO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS

Domingos Perego Junior

Alberto Noboru Miyadaira

Oldair Donizeti Leite

Gabriela Dias Alba

Eduardo Cezar Lenz

João Pedro de Araújo Nespolo

DOI 10.22533/at.ed.3732123029

CAPÍTULO 10..... 112

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

Daniela Asquidamini

Carlos A. C. Jousseph

Bruna Pontes Cechinel

DOI 10.22533/at.ed.37321230210

CAPÍTULO 11..... 119

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

Raphael de Aquino Gomes

Vinicius de Mello Lima

Amanda Beatriz Mendanha Fernandes

Charles Lucas Santana de Souza

DOI 10.22533/at.ed.37321230211

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

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

Data de aceite: 22/02/2021

Wyctor Fogos da Rocha

Coordenadoria de Engenharia Elétrica
Campus Vitória
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Espírito Santo (IFES)
Vitória – ES
<http://lattes.cnpq.br/4007121503172740>

Mário Mestria

Coordenadoria de Engenharia Elétrica
Campus Vitória
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Espírito Santo
(IFES)
Vitória – ES
orcid.org/0000-0001-8281-0806

RESUMO: Nos últimos anos no Brasil, um problema que surgiu é o aumento do valor da conta de energia elétrica. Assim, surge a necessidade de revisar como a energia elétrica pode ser usada da melhor maneira. Neste trabalho, o objetivo do projeto é utilizar um microprocessador para automatizar o estado ligado/desligado das lâmpadas via Bluetooth, para reduzir o consumo de energia elétrica. Aplicação, por exemplo, podem variar como um corredor com lâmpadas acendendo e desligando uma a uma, assim como pode ser usado em garagens, escadas, salas de aula e galpões comerciais. Na literatura, nos últimos anos foram desenvolvidos projetos que reduzem o consumo de energia elétrica através de sistemas de automação. No entanto, nenhum projeto

foi encontrado, do nosso conhecimento, que utiliza placa de desenvolvimento e dispositivos eletrônicos, ambos de baixo custo, e software livre para implantação em vias públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Microprocessador. Design automation. Lighting control. Costs. Infrared sensors. Bluetooth.

ABSTRACT: In recent years in Brazil, one problem that has arisen is the increase of the value of the electric energy bill. So emerge the need of revising how electric energy can be used in the best way. In this work, the objective of the project is to use a microprocessor to automate on/off state of the lamps via Bluetooth, to reduce the consumption of electric energy. Application, for example, can range as a corridor with lamps turning on and off one by one, as it may be used in garages, staircases, classrooms, and commercial shed. In the literature, in the last years were developed about the projects that reduce the consumption of electric energy through the automation systems. However, no project was found, of our knowledge, which it uses development board and electronic devices, both with low cost, and free software for deployment on public streets.

KEYWORDS: Microprocessor. Design automation. Lighting control. Costs. Infrared sensors. Bluetooth.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre os diversos desafios que surgem no mundo e no Brasil, nos últimos anos, destaca-se o aumento nas contas de energia elétrica. Isso gera uma necessidade da revisão de como

a energia pode ser utilizada da melhor forma, a fim de se evitar o seu desperdício.

Segundo ABESCO (Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Conservação de Energia), o Brasil tem perdas anuais por volta de mais de dez bilhões de reais, como resultado do mau uso da energia gerada anualmente ABESCO (2018). Desta forma, gerou-se a necessidade de sistemas de controle que minimizassem essas perdas (COLAK et al., 2012).

Em diversos ambientes residenciais e comerciais as luzes, os ventiladores, dentre outros equipamentos elétricos são inadvertidamente ligados. Pessoas estão esquecendo-se de desligar os aparelhos elétricos enquanto saem desses ambientes. Isso resulta em perda de energia e conseqüentemente de valores econômicos.

Para auxiliar na economia de energia estão sendo utilizadas cada vez mais tecnologias capazes de projetar sistemas automatizados. Esses sistemas corroboram em benefício da vida das pessoas e contribui para a comunidade em geral (ALBELA et al., 2016), (KARTHIKEYAN; SARAN SRIRAM; PIYUSH, 2018), (PIYARE; TAZIL, 2011) e (MUMTAZ, 2018). Aplicações de economia de energia são, por exemplo, desde um corredor com lâmpadas acendendo e apagando uma a uma através de um sistema de controle, até sistemas automatizados para garagens, escadas, sala de aulas e galpões comerciais.

Dentre as tecnologias de sistemas automatizados podemos citar as que são de custos reduzidos: uso de celular de pouca valia financeira, placas de desenvolvimento, sensores de presença, transdutores e relés. Aliado a isso, modos de tecnologia de comunicação com conexões sem fio (ondas de rádio, Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee e Z-Wave) estão de fácil disponibilidade no mercado (DAMKONDE, 2018).

As placas de desenvolvimento mais popular são o Arduino. Segundo Ferroni et al. (2015) o Arduino pode ser conectado a LED (Light Emitting Diode), displays de matriz de pontos, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de distância, receptores GPS (Global Positioning System), módulos Ethernet ou qualquer outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado.

A programação para a placa do Arduino é através da sua IDE (Integrated Development Environment), um software livre (regido num projeto copyleft) no qual pode escrever o código numa linguagem baseada em linguagens de programação C/C++ e permite uma comunicação serial. Diversas aplicações foram desenvolvidas utilizando Arduino (SIMÕES et al., 2018), (LEITE et al., 2019) e (LOBATO et al., 2019).

Uma das propostas desse trabalho é que possa vir a ser realizado com um baixo custo e executado, por exemplo, com a placa de desenvolvimento Arduino (FERRONI et al., 2015). Além disso, o Arduino permite módulos adicionais, como sensor de presença e receptores de sinais via Bluetooth, podendo ser necessário o uso de módulos de sinal Wi-Fi em trabalhos futuros sem grandes alterações no projeto.

Dessa forma, esse trabalho propõe um sistema automático de controle de iluminação via Bluetooth Mon (2015) com a finalidade de economizar energia e dinheiro. O trabalho terá dois cenários a serem estudados: interno com sensores detectando presença de

pessoas e externo com sensores captando movimento de automóveis.

Iremos primeiro aplicar em um cenário interno dentro de laboratório com uso de lâmpadas incandescentes e em seguida, estender nosso trabalho a um cenário externo em vias públicas. Esse último cenário será em logradouros com os sensores atuando, de acordo a passagem de automóveis, e alternando os estados das lâmpadas tipo multivapor metálico.

Na literatura podem ser encontrados diversos artigos que apresentam sistemas de automação inteligente para economia de energia (KNOBLOCH; BRAUNSCHWEIG, 2017), (KUMAR et al., 2016), (MOURI et al., 2015), (OZADOWICZ; GRELA, 2017) e (SELVARAJ, 2017). A diferença para o nosso sistema proposto envolve placa de desenvolvimento, dispositivos de baixo custo, uso de software livre e interface amigável. Além disso, serão realizados diversos testes em cenários diferentes com os sensores captando em diferentes escopos: interno e externo, descrito anteriormente.

Este artigo é estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a metodologia; a seção 3 apresenta os resultados obtidos e as discussões; a seção 4 mostra a comparação com a literatura, e por fim, a última seção apresenta as conclusões e as sugestões de trabalhos futuros.

2 | METODOLOGIA

Dadas às várias experiências realizadas em laboratórios e em vias públicas, esse trabalho é classificado com um estudo de campo com experimentos empíricos dentro de uma pesquisa com abrangência exploratória.

Nesse trabalho foram utilizadas as seguintes premissas: criar o projeto com código regido por software livre, ter circuitos de baixo custo, ser viável e criar modelos protótipos para avaliar possíveis problemas e verificar viabilidades. Na Figura 1 tem-se um diagrama de blocos do projeto proposto.

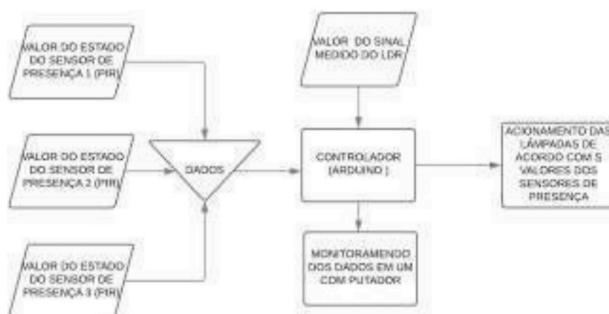


Figura 1 - Diagrama de blocos do projeto proposto destacando sensores e LDR

Fonte: Autores, 2019.

2.1 Ambiente de desenvolvimento

Para a realização dos primeiros testes, foi utilizado o ambiente de desenvolvimento do Arduino, a fim de se começar o processo de testes desde os sensores até o esboço do código principal, feito em linguagem C/C++. Além disso, foram utilizados os softwares: (1) NetBeans, para a produção da interface de controle (Figura 3) e para a comunicação entre o hardware e o computador; (2) software Excel, para aquisição e registro dos dados e produção dos gráficos; (3) programa online Fritzing para a modelagem inicial do circuito e, por fim; (4) software MATLAB para os cálculos do consumo e plotagens dos gráficos, ver Figura 5.

Entre os materiais que foram utilizados, em princípio nesse plano de trabalho, além dos citados acima, temos:

1. Arduino Mega 2560 R3;
2. Cabo de alimentação do hardware;
3. LED's
4. Módulo Bluetooth HC-05;
5. LDR;
6. Sensores de movimento infravermelho;
7. Notebook (Aquisição dos dados);
8. Software NetBeans IDE 8.2;
9. Software PLX DAQ v.2 (aquisição de dados do Arduino e plotador dos gráficos no Excel);
10. Programa Fritzing (modelo do circuito utilizado); 11. Protoboards; 12. Jumpers.

2.2 Fluxograma do Programa

De modo geral, a ideia do projeto pode ser compreendida por meio do fluxograma através da Figura 2(a) e Figura 2(b).

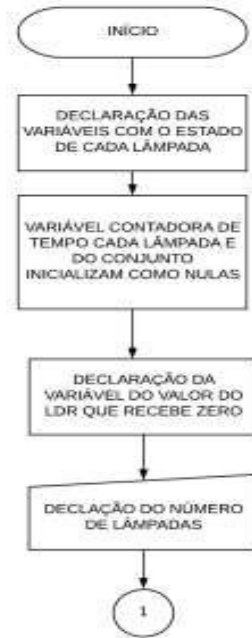


Figura 2(a) - Fluxograma com a sequência de ações a serem ou não tomadas em relação à movimentação dos objetos

Fonte: Autores, 2019.

Na Figura 2(a) e na Figura 2(b) descreve-se as etapas do projeto através de dois fluxogramas, onde, no primeiro são declaradas e inicializadas as variáveis a serem utilizadas no programa, por exemplo, contador (cont) da quantidade de lâmpadas.

No segundo, mostra o bloco de repetição que analisa o estado de cada lâmpada e dependendo do valor do estado lido, são realizadas ações. As ações são ligar as lâmpadas e incrementar com um valor unitário a variável cont. Em seguida é impresso na tela do programa, o tempo total em que as lâmpadas ficaram acesas.

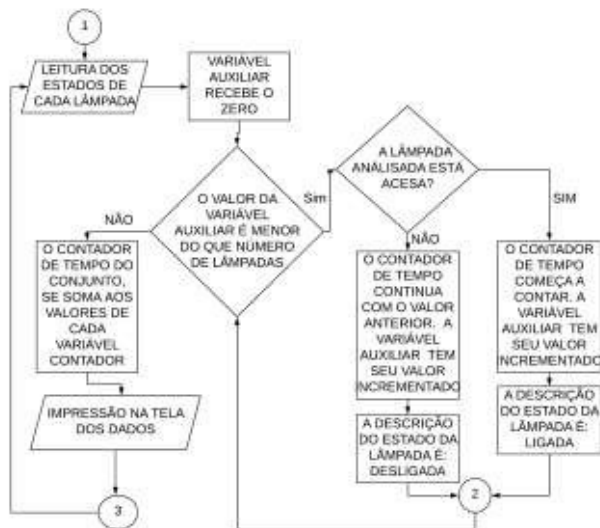


Figura 2(b) - Fluxograma com a sequência de ações a serem ou não tomadas em relação à movimentação dos objetos

Fonte: Autores, 2019.

2.3 Históricos das etapas da metodologia

Ao longo do período de um ano de pesquisa e desenvolvimento do projeto foram realizados estudos e levantamento da literatura sobre uso de plataformas de hardware livre e adotou-se o uso do hardware Arduino, plataforma de baixo custo. Foram realizadas pesquisas sobre o uso do hardware Arduino para o acionamento de cargas (lâmpadas) tanto no uso residencial quanto no meio público.

Logo depois, foram desenvolvidos os primeiros códigos básicos para o projeto, além de ser realizado o planejamento das funcionalidades que deveriam estar presentes no código para atender os requisitos funcionais e não funcionais desejados.

Após isso, foi realizada a criação de modelos do código principal para o acionamento de dois LEDs com a descrição do acionamento no monitor serial do Arduino. Nesta atividade foram utilizados princípios como alguns apresentados no trabalho de Vega, Santamaria e Rivas (2014), onde a ideia de criar um programa físico (código e o circuito) de baixo custo, tornando a ideia do projeto viável, ou pelo menos a criação de um modelo.

Em seguida, introduziu os códigos e foram implantadas cargas através da substituição dos LEDs por lâmpadas acionadas via relés de quatro canais.

Mais adiante, foram inseridos os sensores de infravermelhos como atuadores, que apesar dos problemas iniciais apresentados por eles em relação ao funcionamento, cada um atuou como desejado. De modo análogo ao trabalho dos autores Cabral e Campos

(2008) foram vistos que o uso dos sensores infravermelhos torna o custo do projeto viável para o uso em residências e se estendendo a outros ambientes.

Após a montagem e melhorias no modelo inicial do aplicativo, foram terminados os testes do aplicativo em conjunto com o circuito, de modo que foi possível a comunicação e monitoramento do aplicativo com o programa no Arduino. Além disso, como pode ser visto no trabalho de Lecceseo (2013), um sistema autônomo é possível de ser feito em ambientes como calçadas e ruas. E até mesmo, em locais como condomínios, onde há um fluxo de veículos à velocidade baixa.



Figura 3 - Interface com os estados das lâmpadas

Fonte: Autores, 2019.

Após as etapas anteriores, foi estudado o uso de sensores para captar a presença de automóveis em logradouros com intuito de acender lâmpadas em postes.

Observa-se no estudo com o fluxo de veículos durante os testes do programa, com as lâmpadas, que o consumo da memória principal dinâmica por parte do Arduino foi considerável. Nessa situação os dados apurados dos estados das lâmpadas e impressão na tela foi aproximadamente 17% da memória dinâmica.

Visando a otimização do programa foi projetado uma interface (em linguagem Java) para melhorá-lo e com a possibilidade de aumentar o número de lâmpadas de modo a melhorar o processamento dos dados pelo hardware

Arduino. A estratégia utilizada foi deixar o Arduino obter os estados das lâmpadas e esses estados foram enviados através de conjunto de caracteres (uma string) para o programa em Java. Esse programa realiza a divisão dos dados na string recebida e plota os dados de cada lâmpada na tela.

Nessa situação observamos melhoria significativa (quase 6% da memória dinâmica passou a ser utilizada). Assim, pode-se atribuir novas funcionalidades ao código principal, como por exemplo, a contagem de tempo total em que as lâmpadas ficam acionadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros testes em cenários internos foram no laboratório com montagem no número de lâmpadas incandescentes que variam entre uma a três. Foi observada uma economia de energia de aproximadamente 75% do consumo através do uso de lâmpadas incandescentes nas diversas configurações.

Após o término dos testes em laboratório, da melhoria em relação à redução do uso de memória principal no Arduino e ao tempo de resposta de processamento dos dados, foram realizados testes em cenários externos. Esses cenários são em vias públicas com coleta de dados e uso de lâmpada de multivapor metálico, como pode ser observado no gráfico da Figura 4.



Figura 4 - Gráfico com mostrando o consumo de energia de uma lâmpada com o uso do sensor de presença e com sua ausência

Fonte: Autores, 2019.

No gráfico da Figura 4, no eixo x mostra o tempo da coleta de dados com o sistema funcionando e no eixo y os valores do sinal de saída dos sinais dos sensores. Em vermelho, mostra os sensores de presença atuando, em verde com o sistema corrente instalado (sem a introdução do nosso projeto) e em azul o sinal dos sensores de luminosidade. Com o teste realizado obtêm-se os seguintes resultados em relação ao consumo de energia, mostrado a seguir.

3.1 Cálculo do consumo de energia com a presença de um sistema de controle autônomo

- Observação 1: Cálculo realizado com base nas informações disponíveis no site da prefeitura de Vitória - ES (PMV, 2018);
- Observação 2: Cálculo realizado dentro do tempo registrado em teste (de 150 medidas);
- Observação 3: Lâmpada de multivapor metálico 400 W.

Na Tabela 1 é mostrada a comparação entre os consumos de energias: (1) com a presença do nosso sistema proposto de controle autônomo (uso dos sensores de presença); (2) com o sistema atual instalado no poste (sensor de luminosidade). Houve uma redução de 81,05% no tempo de uso das lâmpadas ocasionando uma redução no consumo de energia em relação ao consumo total instalado anteriormente, passou de 11.880 kJ para 2.250,89 kJ.

Comparação das medições	Com sensor luminosidade no poste	Com o sistema proposto de controle autônomo	Redução
Tempo da carga acionada (min)	495 min	93,79 min	401,21 min
Energia gasta (kJ)	11.880 kJ	2.250,89 kJ	9.629,11 kJ

Tabela 1 - Valores dos Dados Obtidos

Fonte: Autores, 2019.

Na Tabela 2 são mostrados os custos dos materiais considerando uma instalação num único poste e considerando uma única lâmpada.

Material	Quantidade	Preço (R\$)
Placa Arduino (modelo Nano)	1	27,63
Módulo Bluetooth (HC-05)	1	23,50
Placa com relé (1 Sensor (PIR HC-SR501)	1	10,90 canal)
		15,50
	Total	77,53

*Preço médio dos itens utilizados.

Tabela 2 - Valores dos Preços* de Cada Item

Fonte: Autores, 2019.

A seguir, é mostrado o valor de economia em termos monetários. Considerando, $1 \text{ kJ} = 1 \text{ kW} \times \text{s}$, ou ainda $1 \text{ kW} \times \text{s} = 2,78 \times (10)^{-4} \text{ kWh}$. Seja a redução no tempo de 401,21 minutos (6,69 horas), conforme Tabela 1. Além disso, o valor de 1 kWh para a iluminação pública, de acordo com a concessionária de energia elétrica local tem o valor de R\$ 0,33737 - extraído na tabela B4b da concessionária para iluminação pública (EDP, 2019).

Com essas informações, tem-se: $0,33737 \times 6,69 = \text{R\$ } 2,26$. Como o experimento tratou de uma lâmpada no valor de R\$ 2,26 para cada período de noite, onde foi realizado o estudo e considerando 30 dias, temos no mês o valor R\$ 67,80. Assim, em menos de dois meses temos o retorno do investimento.

Desta forma, o investimento é viável, seja ele implantado pela concessionária, prefeitura ou outras organizações. No final o cliente da concessionária teria uma redução em sua conta de energia devido à redução do uso da eletricidade.

Na Figura 5 apresenta-se um gráfico que mostra o consumo de energia com o uso do sistema proposto, onde mostra o gasto de energia por acionamento do sensor em função do tempo.

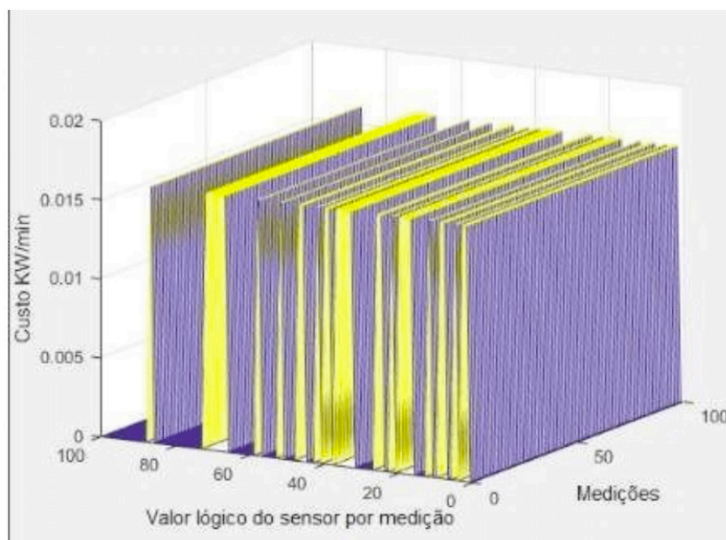


Figura 5 - Gráfico do consumo de energia em função dos acionamentos e do tempo

Fonte: Autores, 2019.

Nesse projeto obtêm-se resultados além dos que se havia esperado, desde a implantação do sistema proposto em locais com movimento de pessoas e de carros, até a criação de uma interface para otimização do processamento de dados, passou de 17% para 6% da memória dinâmica utilizada, ver seção 2.3.

O sistema proposto apresentou um resultado melhor do que está em uso atual no que diz respeito à economia de energia. Houve uma redução de energia no valor de 9.629,11 kJ, conforme descrito na Tabela 1.

Esclarecemos que o tipo de sensor utilizado apresenta limitações, como o tempo de acionamento e o alcance do mesmo. O esquema da Figura 6 ilustra uma situação no qual o sistema proposto de controle autônomo foi observado.

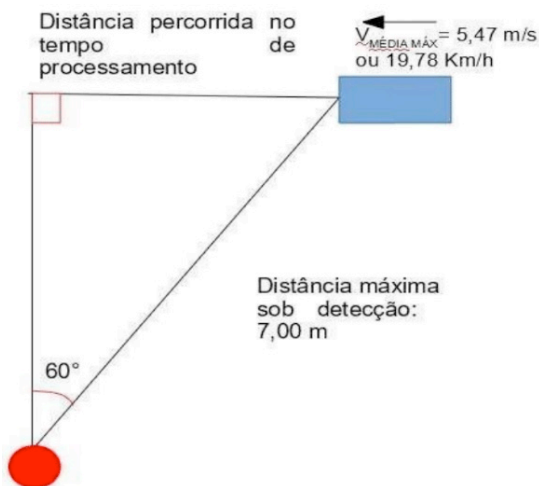


Figura 6 - Captação do sinal de presença pelo sensor devido à movimentação do carro

Fonte: Autores, 2019.

No. registro de fonte	Título do Artigo	Tecnologia Utilizada
1	Implementation of Smart Class Room Using WAGO PLC	WAGO PLC e Arduino Uno
2	Smart Lighting System using Raspberry Pi	Raspberry Pi
3	Automatic Lighting And Control System For Classroom	PIR Sensor, Relay e Bluetooth Module
4	Automatics Room Light Controller with Visitor Counter	Infrared (IR) Transmitter, IR Receiver, Microcontroller, Bidirectional Visitor Counter, Section Display Automatic Room Light controller section LCD Display e Relay Darlington pair

5	Low-Cost Home Automation Using Arduino and Modbus Protocol	Communication Protocol e Arduino Uno
6	Smart Office Automation System for Energy Saving	PIR Sensor, Light Dependent Resistor (LDR), Voltage Comparator e Relay Module
7	Bluetooth based home automation system using cell phone	Cell Phone, Arduino BT e Bluetooth
8	Automatic Gadget Control System Using Arduino And PIR Sensor	PIR Sensor, Arduino Uno e Relay Module
9	Automatic Lighting and Security System Design using PIR Motion Sensor	PIR Sensor, Microcontroller, Relay, Opto Coupler e Voltage Regulator
10	Automatic Lighting Using Arduino and PIR Sensor	Arduino, PIR Sensor e Relay Module

Tabela 3 - Sumário da Pesquisa da Literatura

Fonte: Adaptado de AyyubKhan, Gayasoddin e Lenina, 2018.

4 | CONCLUSÕES

Nesse artigo foi apresentado um sistema de automação para controle de iluminação cujas vantagens são o custo baixo e a economia de energia. O sistema utiliza sensor de presença, Bluetooth, envolve placa de desenvolvimento e dispositivos de custos reduzidos, flexíveis e programas livres regido num projeto copyleft.

Esse sistema permitiu resultados expressivos em eficiência energética considerando cenários internos (economia de energia de aproximadamente 75%) e externos (redução em torno de 81% do consumo de energia elétrica).

Em menos de dois meses há retorno nos investimentos, conforme Tabela 2, aplicados a cada poste. Desta forma, esse artigo atesta com as propostas na redução do consumo de energia elétrica.

Dado as experiências em laboratório para elaboração do sistema de automação, o trabalho proposto pode ser abordado em sala de aula e replicado na forma de projetos para contextualizar na área de ensino interdisciplinar. Isso se deve ao fato de envolver as áreas de eletrônica, linguagens de programação, conservação de energia e processamento de sinais.

Como ilustrado nas Figuras 4 e 6, o tempo de processamento, tanto do sensor quanto do programa, considera limites da velocidade dos veículos em uma determinada via (ruas e avenidas), onde sistema de automação proposto poderá ser implantado. Assim, existe uma limitação do sistema de automação com uso deste tipo de sensor devido ao tempo de acionamento e ao alcance do sinal.

Sistemas de automação baseado em Bluetooth é um sistema flexível e de baixo custo. Mas, a captação do sinal baseado nesse sistema, só funciona no curto alcance da rede sem fio Bluetooth, no máximo 10 metros. Entretanto, estamos planejando nos trabalhos futuros a implantação de recursos de transmissão dos dados via Wi-Fi, como meio de alcançar um maior número de locais monitorados e distâncias maiores.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho tem o suporte do IFES através do Edital PRPPG 05/2017 PIBIC/PIVIC, projeto de número PJ00002933 e plano de trabalho PT00005557.

REFERÊNCIAS

VABESCO (Associação Brasileira das empresas de Serviços de Conservação de Energia). Disponível: <http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-deenergia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos>. Acesso em: Feb. 15, 2018.

ALBELA, M. S.; LAMAS, P. F.; CARAMÉS, T. M. F.; DAPENA, A.; LÓPEZ, M. G. Home Automation System Based on Intelligent Transducer Enablers. *Sensors*, vol. 16, n. 10, 2016.

AYYUBKHAN, P. H. S.; GAYASODDIN, S. S. S. S.; LENINA, S. V. B. Automatic Gadget Control System using Arduino and PIR Sensor. *International Journal of Management, Technology And Engineering*, vol. 8, n. 11, p. 458-464, 2018.

CABRAL, M. M. A.; CAMPOS, A. L. P. S. Sistemas de Automação Residencial de Baixo Custo: Uma Realidade Possível/Low Cost Home Automation Systems: A Possible Reality. *HOLOS*, Natal, vol. 24, n. 3, pp. 26-32, 2008.

COLAK, I.; WILKENING, H.; FULLI, G.; VASILIEVSKA, J.; ISSI, F.; O. Kaplan. Analysing the efficient use of energy in a small smart grid system. *International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, Nagasaki, 2012, pp. 1-4.

DAMKONDE, A. IoT based Home Security and Automation System: A Review. *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, vol. 7, n. 2, 2018.

EDP (Energias de Portugal). Tarifas: clientes atendidos em Baixa Tensão (Grupo B). Disponível: <http://www.edp.com.br/distribuicao-es/saibamais/informativos/tabela-de-fornecimento-de-baixa-tensao>. Acesso em: Fev. 20, 2019.

FERRONI, E. H et al. A Plataforma Arduino e suas aplicações. *Revista da UIIPS*, vol. 3, n. 2, p. 133-148, 2015.

KARTHIKEYAN, R. A.; SARAN SRIRAM, K.; PIYUSH, D. Automatic Lighting Using Arduino and PIR Sensor. *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCTST)*, vol. 6, n. 5, p. 58-60, 2018.

KNOBLOCH, F.; BRAUNSCHWEIG, N. A Traffic-Aware Moving Light System Featuring Optimal Energy Efficiency, IEEE Sensors Journal, vol.17, n. 23, 2017.

KUMAR, S.; DESHPANDE, A.; HO, S. S.; KU, J. S.; SARMA, S. E.. Urban Street Lighting Infrastructure Monitoring Using a Mobile Sensor Platform. IEEE Sensors Council, vol.16, n. 12, 2016.

LECCESE, F. Remote-Control System of High Efficiency and Intelligent Street Lighting Using a ZigBee Network of Devices and Sensors. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 28, n. 1, 2013.

LEITE, S. H. F. et al. Implementação de Canal Seguro para Transmissão de Dados Médicos. Revista Sodebras [on line]. v. 14, n. 161, Maio/2019, p. 38-43, ISSN 1809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.161.38>

LOBATO, P. A. et al. Análise da Relação da Cultura Maker, Fablabs e Robótica Educacional na Educação. Revista Sodebras [on line]. v. 14, n. 157, Jan./2019, p. 6065, ISSN 1809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.18093957.14.2019.157.60>

MON, Y. J.. The Bluetooth Based LED Control For Arduino Test Platform By Using Mobile APP. International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 4, n. 6, 3 pp., 2015.

MOURI, S. P.; SAKIB, S. N.; FERDOUS, Z.; TAHER, M. A. Automatic Lighting and Security System Design using PIR Motion Sensor. Journal of Information Technology, Jahangirnagar University, vol 14, n. 8, p. 1-5, 2015.

MUMTAZ, Z. et al. An Automation System for Controlling Streetlights and Monitoring Objects Using Arduino. Sensors, vol. 18, n. 10, 2018.

OZADOWICZ, A.; GRELA, J. Energy saving in the street lighting control system - a new approach based on the EN15232 standard. Springer Link, vol. 10, n. 3, 2017.

PIYARE, R.; TAZIL, M. Bluetooth based home automation system using cell phone. IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), Singapore, 2011, pp. 192-195.

PMV (Prefeitura Municipal de Vitória). Iluminação pública. Disponível: <http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/iluminacaopublica>. Acesso em: Mar. 11, 2018.

SELVARAJ, K. Smart Office Automation System for Energy Saving. International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering, vol., n. 9, pp. 812, 2017.

SIMÕES, T. A. et al. Desenvolvimento de um Sistema Inteligente de Detecção e Monitoramento para evitar Sinistros com Queda de Torres de Transmissão de Energia. Revista Sodebras [on line]. v. 13, n. 153, Set./2018, p. 108- 112, ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N153.pdf>. Acesso em: Abr. 14, 2019.

VEGA E., Adriana Marcela; SANTAMARIA P., Francisco; RIVAS T., Edwin. Internet de los objetos empleando arduino para la gestión eléctrica domiciliaria. Revista Escuela de Administración de Negocios. Bogotá, n. 77, p. 23-41, July 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes fatais 112, 113, 117

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

Análise luminotécnica 25

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

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

Azeite 159, 160, 161, 163, 168

B

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

Bancada experimental 77, 78, 84, 85, 88

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

Boxplot 112, 113, 114, 115, 116

C

Classificadores 159, 160

Controle volt-watt 89

Costs 21, 36

D

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

Descargas atmosféricas 11, 12, 60, 61

Design automation 36, 141

Distúrbios da voz 1

E

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

Eletrodo de superfície 140

Eletromiografia 140, 143, 147

EMG 140, 141, 142, 143, 145

Espectrofotometria 50

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

Estudo de cores 25

Extensão 148, 157

F

Fotometria 103, 104, 105

G

Geração solar 89, 90, 101

Gerador de ondas arbitrárias 131, 132, 138, 139

I

Iluminação no ambiente hospitalar 25

Infrared sensors 36

Instrumentos de medição 103

Internet das coisas 119, 120, 122, 130

L

Lighting control 36, 49

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

M

Microcontroladores 103

Microprocessador 36

Microrrede 77, 78, 79, 87

O

Óleo vegetal 159, 161

P

Perceptron multicamadas 1, 3

Processamento de imagem 159

Q

Qualificação profissional 148, 149, 155, 156

R

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

Reconhecimento de padrão 159, 160

Recursos distribuídos de energia 77, 78

S

Sistemas de aterramento 11, 12, 61

Sobretensão 89, 91, 98, 100, 101

Software de controle 50

T

Transformada Wavelet Packet 1, 2

U

Usinas termelétricas 148, 149, 152, 155

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA
NO UNIVERSO DA ENERGIA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021