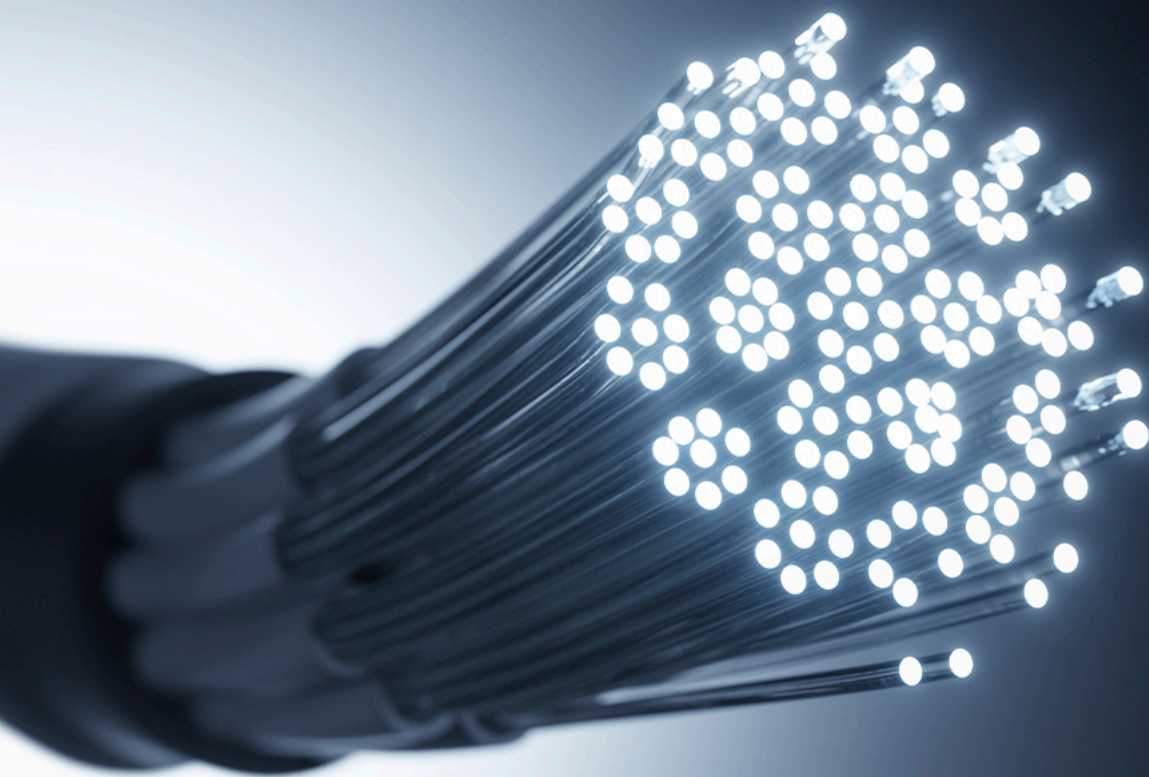


COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA ELÉTRICA

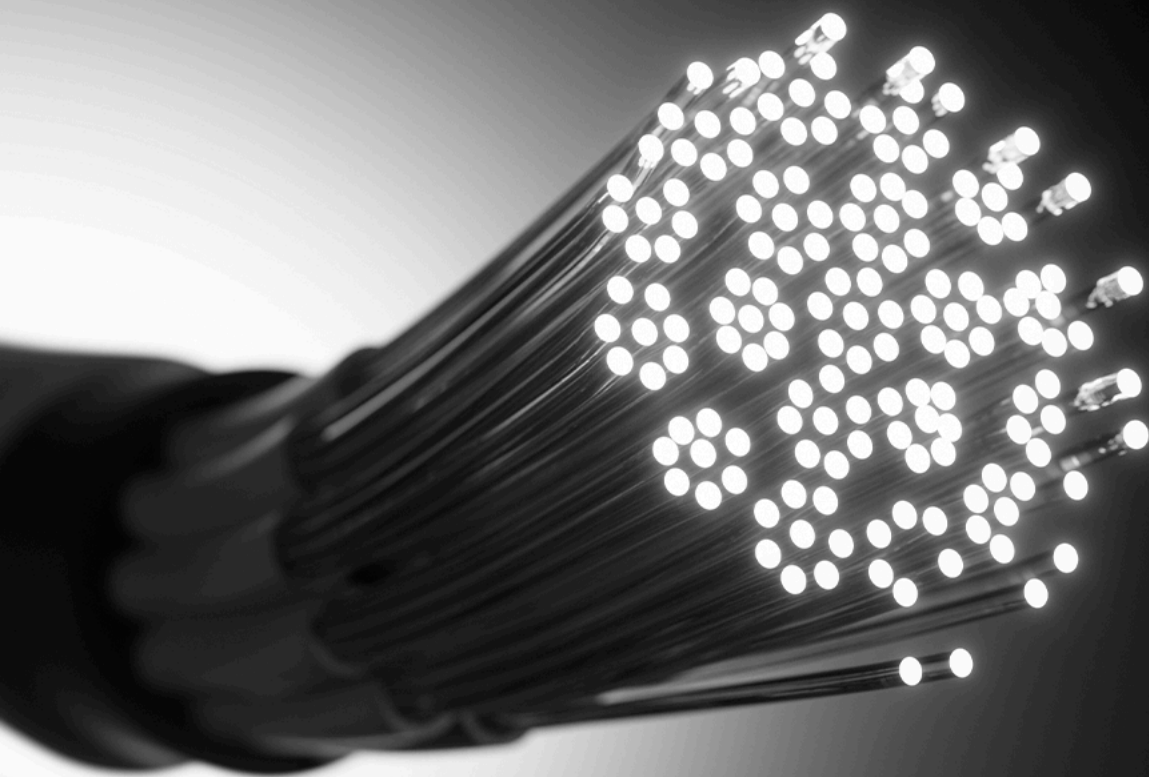


LILIAN COELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA ELÉTRICA



LILIAN COELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
 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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
 Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
 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. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 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^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
 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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
 Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

Linguística, Letras e Artes

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

Coleção desafios das engenharias: engenharia elétrica

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Flávia Roberta Barão
Revisão: Os autores
Organizadora: Lilian Coelho de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
C691	<p>Coleção desafios das engenharias: engenharia elétrica / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5983-260-6 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.606212207</p> <p>1. Engenharia elétrica. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 621.3</p>
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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Elétrica é um dos ramos mais abrangentes da Engenharia, pois envolve praticamente tudo o que fazemos em nosso dia a dia. Engloba desde sistemas de potência, geração de energia, conversão eletromecânica de energia, eletrônica, telecomunicações, até engenharia biomédica, sistemas digitais e computadores, controle, automação e robótica. É considerada uma área transdisciplinar e versátil, a qual passa por constantes desafios, conforme cresce a demanda por sistemas mais econômicos e eficientes.

Nesse contexto, o e-book “*Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Elétrica*” apresenta uma seleção de 12 artigos que discutem trabalhos e pesquisas desenvolvidos por professores e acadêmicos de várias regiões do Brasil, tendo como base uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos nesta área tão promissora.

Este volume aborda temas envolvendo inteligência computacional, para projeto de controladores e manutenção preditiva de máquinas elétricas; fluxo de carga em sistemas elétricos de potência; sistemas fotovoltaicos; fontes de energia alternativas renováveis; segurança de instalações elétricas; tratamento térmico de resíduos, entre outras. Dessa forma, esta obra contribuirá para aprimoramento do conhecimento de seus leitores e servirá de base referencial para futuras investigações.

A todos, uma ótima leitura!

Lilian Coelho de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MANUTENÇÃO PREDITIVA NA ANÁLISE DE AVARIAS EM ROLAMENTOS, UTILIZANDO ALGORITMOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Fábio Muniz Mazzoni

André da Silva Barcelos

Antonio J. Marques Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122071>

CAPÍTULO 2..... 15

MÉTODOS MATEMÁTICOS DE MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO: LÓGICA FUZZY

Joelson Lopes da Paixão

Alzenira da Rosa Abaide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122072>

CAPÍTULO 3..... 39

UM ESTUDO SOBRE A ANÁLISE E PROJETO DE CONTROLADORES FUZZY

Géferson Rodrigo Sabino Silva

Wallysonn Alves de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122073>

CAPÍTULO 4..... 47

FLUXO DE CARGA EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA – UM ESTUDO DE CASO USANDO A LINGUAGEM AMPL

Hugo Andrés Ruiz Flórez

Diogo Marujo

Gloria Patricia Lopez Sepulveda

Alexander Molina Cabrera

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122074>

CAPÍTULO 5..... 62

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE BRIQUETES DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS SUBMETIDOS A PIRÓLISE

Victória Oliveira Diaz de Lima

Matheus de Paula Gonçalves

Débora Hungaro Micheletti

Fernanda Bach Gasparin

Amanda de Araújo Drago

Aline Bavaresco dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122075>

CAPÍTULO 6..... 73

ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA NO CAMPUS UFRPE - UACSA

Reinel Beltrán Aguedo

Paula de Tarsia Borba de França

Ania Lussón Cervantes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122076>

CAPÍTULO 7..... 86


INTEGRAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS DE ENERGIA COM RESTABELECIMENTO OTIMIZADO PARA O AGRONEGÓCIO

Eloi Rufato Junior

Bruno Dias Camargo

Elison de Souza Moreira

Felipe de Souza Kalume

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122077>

CAPÍTULO 8..... 116

MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Bruno Tiago Carneiro Moraes

Felipe Cléber Silveira


Averton da Silva Portigo

Dalziel Soares de Souza

Rafael José Fonseca Barbosa

Franciani Diniz Branco

Marcus Vinícius O. Braga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122078>

CAPÍTULO 9..... 120

FILTRO DE MICROFITA DE BANDA LARGA COM GEOMETRIA ELÍTICA

Paulo Fernandes da Silva Júnior

Ewaldo Eder Carvalho Santana

Paulo Henrique Bezerra de Carvalho

Danilo Diniz Meireles

Francarll Oliveira Moreno

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Raimundo Carlos Silvério Freire

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6062122079>

CAPÍTULO 10..... 135

TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUOS DE PODA URBANA


Eveline Trindade

Maristela Furman

Aline Bavaresco dos Santos

Dilcemara Cristina Zenatti

Adriana Ferla de Oliveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.60621220710>

CAPÍTULO 11 143

SEGURANÇA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM EMPRESAS TERCEIRIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Anderson Francisco Kaiser

Marcos Hister Pereira Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.60621220711>

CAPÍTULO 12..... 158

REDUCTION OF THE ECOLOGICAL IMPACT OF DISTRIBUTION TRANSFORMERS WHEN USING SILICONE LIQUID IN THE PROVINCE OF ICA - 2013

Primitivo Bacilio Hernández Hernández


Omar Michael Hernández García

Aníbal Bacilio Hernández García

Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez

Walter Merma Cruz

Edward Paul Sueros Ticona

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.60621220712>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 170

ÍNDICE REMISSIVO..... 171

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA NO CAMPUS UFRPE - UACSA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 25/05/2021

Reinel Beltrán Aguedo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
(UFRPE) - Unidade Acadêmica do Cabo de
Santo Agostinho (UACSA)
<http://lattes.cnpq.br/2770313428458626>

Paula de Tarsia Borba de França

Unilever Industrial Suape
<http://lattes.cnpq.br/3042514350705500>

Ania Lussón Cervantes

Universidade Federal Rural de Pernambuco
(UFRPE) - Unidade Acadêmica do Cabo de
Santo Agostinho (UACSA)
<http://lattes.cnpq.br/5793691069517813>

RESUMO: O artigo apresenta um estudo sobre a viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia fotovoltaica nas instalações da UFRPE-UACSA. O estudo foi realizado utilizando o simulador PV*SOL premium 2019, para análise de sombreamento, a fim de alcançar um aumento na eficiência do sistema. Ao final do estudo, constatou-se que o prazo médio de retorno financeiro é de seis anos, mostrando a viabilidade do projeto e incentivando práticas de sustentabilidade no setor público.

PALAVRAS-CHAVE: Sombreamento, viabilidade, sistemas fotovoltaicos, sustentabilidade.

IMPLEMENTATION STUDY OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM CONNECTED TO THE ELECTRICAL NETWORK AT CAMPUS UFRPE - UACSA

ABSTRACT: The article presents a study on the feasibility of installing a photovoltaic power generation system at the UFRPE-UACSA facilities. The study was carried out using the PV*SOL premium 2019 simulator, for shading analysis, in order to achieve an increase in the system efficiency. At the end of the study, it was found a period of six years for the average financial return, showing the feasibility of the project and encouraging sustainability practices in the public sector.

KEYWORDS: Shading, feasibility, photovoltaic systems, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Nascimento e Rütther (2014), a geração fotovoltaica (FV) é uma fonte de energia elétrica que converte diretamente a energia do sol de maneira silenciosa, não poluente e sem utilizar partes móveis. Isto torna esta fonte de energia um importante complemento à matriz elétrica, com alta confiabilidade e robustez, com baixa necessidade de operação, manutenção e reposição (OM&R).

De acordo com Moraes (2017), esse modelo de geração de energia elétrica está em expansão no mundo, de modo que cada vez mais a preocupação é justamente elevar o nível de preservação ambiental. A tendência mundial

é aproveitar mais a fonte de energia solar que, ao ser largamente utilizada, terá custos de implantação cada vez mais reduzidos.

A energia solar FV é uma fonte de energia renovável promissora, pois ela é capaz de ser facilmente instalada no meio rural e urbano, podendo gerar toda a energia que outrora era adquirida pela concessionária, através da rede elétrica, além de ser um sistema que não produz lixo tóxico, não polui o meio ambiente, e não envolve nenhum impacto ambiental ou social (CASARO, M. M.; MARTINS, D. C., 2010).

De fato, como em qualquer forma de geração de energia, deve-se ter cautela ao analisar sob quais condições o sistema funcionará, como também realizar o dimensionamento correto da instalação. Nesse tipo de geração de energia, é de extrema importância verificar detalhadamente as sombras que podem atingir os módulos fotovoltaicos, pois sem o estudo adequado do sombreamento, além de provocar uma diminuição na geração, também é capaz de danificar permanentemente os módulos.

Assim, o principal objetivo deste artigo é analisar a viabilidade da implementação de um sistema de geração FV conectado à rede elétrica na Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE-UACSA), considerando a possibilidade de sombreamento. Para isto, primeiramente são tratados alguns aspectos teóricos sobre a escolha e o posicionamento de módulos fotovoltaicos, seguidamente são feitos os cálculos e considerações para a instalação de um sistema fotovoltaico nos edifícios da UFRPE-UACSA utilizando o software PV*SOL *premium* 2019. Por fim, é analisado o estudo de viabilidade, e finalmente são dadas algumas conclusões.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A radiação solar é composta por ondas eletromagnéticas que ao incidirem sobre certos materiais pode haver transmissão de calor ou efeitos elétricos, como o fotovoltaico e fotoelétrico.

O efeito fotovoltaico, que é a base dos sistemas de energia solar FV para a produção de eletricidade, consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial, ou tensão elétrica, sobre uma célula formada por sanduíche de materiais semicondutores (VILLALVA, M.; GAZOLI, J., 2015).

2.1 Captação de Radiação

Segundo Villalva e Gazoli (2015), os módulos fotovoltaicos captam a radiação global, ou seja, a radiação direta somada à difusa. A radiação direta é composta por raios solares que incidem diretamente sobre o plano horizontal, e a difusa é composta por raios solares que chegam indiretamente ao plano.

A radiação é quantificada através da irradiância, expressa em unidade de potência

por área. De acordo com Villalva e Gazoli (2015), ao medir a irradiância ao longo de um dia, pode-se calcular a quantidade de energia recebida do Sol por uma determinada área.

A Figura 1 representa a curva característica do perfil de irradiância ao longo do dia. De acordo com a localização, os valores de irradiância mudam.

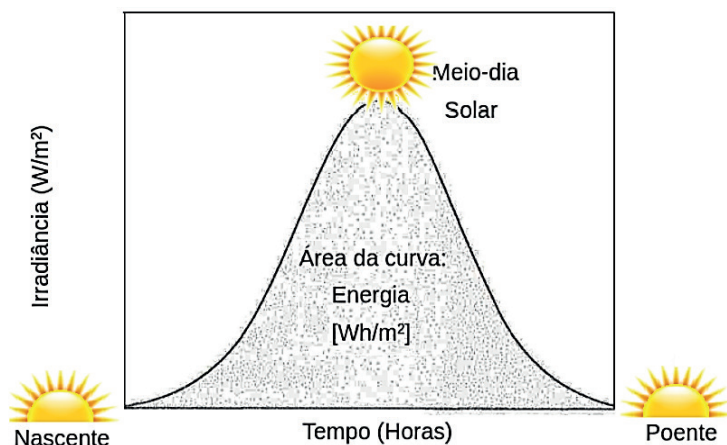


Figura 1 - Curva característica do perfil de irradiância ao longo do dia

Fonte: VILLALVA, M.; GAZOLI, J. (2015)

Na Figura 1, a área abaixo da curva é denominada insolação, que expressa a densidade de energia por área, obtida através do cálculo da integral da curva.

2.2 Módulos Fotovoltaicos

Existem diversas tecnologias para a fabricação de módulos fotovoltaicos, sendo a célula de silício monocristalino a mais fabricada e utilizada comercialmente, visto que esta possui uma maior eficiência. A eficiência do módulo depende também de fatores externos, como por exemplo, sua inclinação em relação aos raios solares e o sombreamento.

O sombreamento parcial em um painel fotovoltaico pode proporcionar baixo ou até mesmo nenhum índice de radiação solar sobre algumas células fotovoltaicas. Conforme mencionado em Villalva e Gazoli (2015), quando uma célula fotovoltaica recebe pouca ou nenhuma luz, isso impede que a corrente elétrica seja transmitida para as demais células, visto que as mesmas estão em série. Atualmente nos módulos existem diodos de *bypass* (diodos de passagem) ligados em paralelo com as células, impedindo que haja corrente reversa, a fim de minimizar possíveis danos aos módulos causados pelo sombreamento.

A Figura 2 mostra o arranjo das células fotovoltaicas com diodo *bypass*. Segundo Rauschmayer (2019), se a sombra atingir apenas uma fileira do conjunto de células em série, a corrente continuará a circular nas outras duas fileiras, devido ao caminho de desvio proporcionado pelo diodo polarizado.

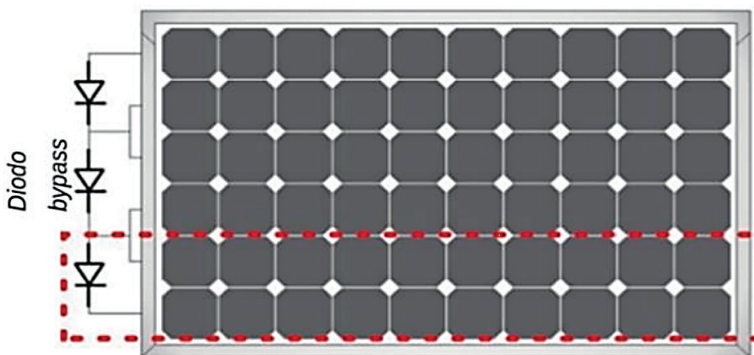


Figura 2 - Painel solar com 72 células fotovoltaicas com diodo bypass

Fonte: PEROZA, J.; RAMPINELLI, G. A. (2018)

Como pode ser visto através da Figura 2, as fileiras de células em série estão dispostas verticalmente no módulo fotovoltaico. Devido a isso, ao instalar os módulos fotovoltaicos, é preciso levar em consideração o formato do sombreamento do local (caso haja), para definir se o painel deve estar na vertical ou horizontal.

2.3 Posição dos Módulos Fotovoltaicos

Em concordância com Villalva e Gazoli (2015), em cada ponto do planeta a radiação direta incide sobre o solo com diferentes ângulos de inclinação, variando durante os dias e meses ao longo do ano. De fato, não há uma posição ótima para a instalação de módulos a fim de melhorar a captação de radiação indireta, visto que essa chega ao solo de modo irregular e aleatória, entretanto, os mesmos podem ser posicionados de forma a otimizar a recepção de radiação direta. Assim, a posição que otimiza a conversão de radiação solar em energia elétrica é a que expõe o módulo de forma perpendicular à radiação direta.

Um módulo fixo deve ser orientado com sua face voltada para o norte geográfico. Caso o local da instalação seja acima da linha do Equador, devem estar orientados para o sul geográfico. Essa disposição dos módulos melhora o aproveitamento de luz solar durante o dia. Ao meio-dia solar, horário na qual há uma maior incidência de radiação solar, o módulo fotovoltaico estará perpendicular à radiação direta, obtendo, assim, um melhor aproveitamento. Nos diversos horários, o módulo não estará perpendicular à radiação direta, mas ainda assim estará recebendo os raios solares sobre a superfície, maximizando a produção média diária de energia.

2.4 Escolha de Inclinação do Módulo Solar

De acordo com Villalva e Gazoli (2015), diversos fatores influenciam a determinação do ângulo de inclinação (α) do módulo (ver Figura 3) tal que a radiação direta chegue de forma perpendicular ao mesmo, como a altura solar, o ângulo incidente dos raios com relação ao plano horizontal, entre outros.

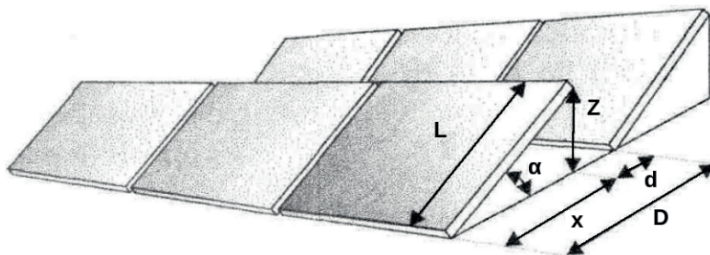


Figura 3 - Fileiras de módulos fotovoltaicos

Fonte: VILLALVA, M.; GAZOLI, J. (2015)

Para a instalação dos módulos, deve-se calcular a altura da haste de fixação (z), levar em conta o comprimento do módulo (L) ou a distância entre a borda do módulo no solo e a barra de sustentação (x). Assim, a altura z é calculada através de (1), e a distância x por (2).

$$z = L \sin(\alpha) \quad (1)$$

$$x = L \cos(\alpha) \quad (2)$$

Para sistemas fotovoltaicos de médio a grande porte, normalmente os módulos ficam dispostos em fileiras colocadas umas atrás das outras, provocando um sombreamento. Por esse motivo, a distância entre as fileiras deve ser calculada corretamente a fim de que a sombra gerada por uma não atinja a outra, já que prejudica o desempenho dos sistemas fotovoltaicos. Utilizando a estratégia de maximização de eficiência do sistema fotovoltaico (VILLALVA, M.; GAZOLI, J., 2015), isto é, diminuindo as perdas provocadas por sombras, a regra de espaçamento entre fileiras (d) é:

$$d = 3,5z \quad (3)$$

A seguir será realizado um estudo de caso da viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia FV nas instalações da UFRPE-UACSA.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A UACSA está localizada no município do Cabo de Santo Agostinho, PE, em dois edifícios, A e B, de área superior idêntica, porém espelhados, como pode ser visto na Figura 4.



Figura 4 - Vista superior dos edifícios da UFRPE - UACSA

Fonte: GOOGLE EARTH (2019)

O projeto sugere que a instalação dos módulos fotovoltaicos seja realizada na cobertura dos edifícios, na qual cada um deles dispõe de 570,21 m² de área livre. O estudo será realizado para o edifício A, mas o resultado final será dado para os dois, visto que ambos são espelhados.

3.1 Potência do Sistema Fotovoltaico

A média do histórico de consumo da UACSA é de 27.799 kWh. A potência que deve ter um sistema fotovoltaico para suprir o consumo é determinada pela equação (4), onde 120 é o produto de considerar os fatores como: horas de sol pico (5 horas), perdas elétricas globais (0,8), e a quantidade de dias em análise (30 dias). Assim, para o caso de estudo, a potência deve ser de 232 kW.

$$Potência(kW) = \frac{consumo(kW)}{120} = \frac{27799kWh}{120} = 232kW \quad (4)$$

Para o cálculo do espaçamento entre as fileiras, faz-se necessário o conhecimento prévio das dimensões do painel fotovoltaico. Para isto foi selecionado o módulo solar Mono Half-cell BYD MIK-36-SERIES-5BB 400W, cujas especificações estão discriminadas na Tabela I.

Tipo de Célula	MONO
Quantidade de Células	144
Potência	400 W
Eficiência	19,88 %
Dimensão	2008 X 1002 X 35 mm
Área	2,012 m²

Tabela I – Módulo Mono Half-cell BYD MIK-36-SERIES-5BB 400W

Fonte: BYD (2020)

Através de (5) é possível conhecer a quantidade de módulos (Q_m) que podem ser instalados na área disponível (A_d), considerando a área de cada módulo fotovoltaico (A_m).

$$Q_m = \frac{A_d}{A_m} = \frac{570,21 \text{ m}^2}{2,012 \text{ m}^2} = 283 \quad (5)$$

Assim, tem-se que na área considerada poderiam ser instalados 283 módulos fotovoltaicos, mas sem considerar o espaçamento entre as fileiras.

3.2 Espaçamento entre fileiras de módulos

Um espaçamento entre as fileiras é necessário para evitar o sombreamento, como também para manutenções nos módulos. Para determinar tal espaçamento, deve ser levado em consideração o ângulo de inclinação, a posição do painel (horizontal ou vertical), e o comprimento do mesmo.

Para Pernambuco, o ângulo α pode variar de 0° a 15° em relação ao plano horizontal, conforme mostrado na Figura 5. Dessa maneira, o módulo estará na posição ótima para a captação da radiação solar.

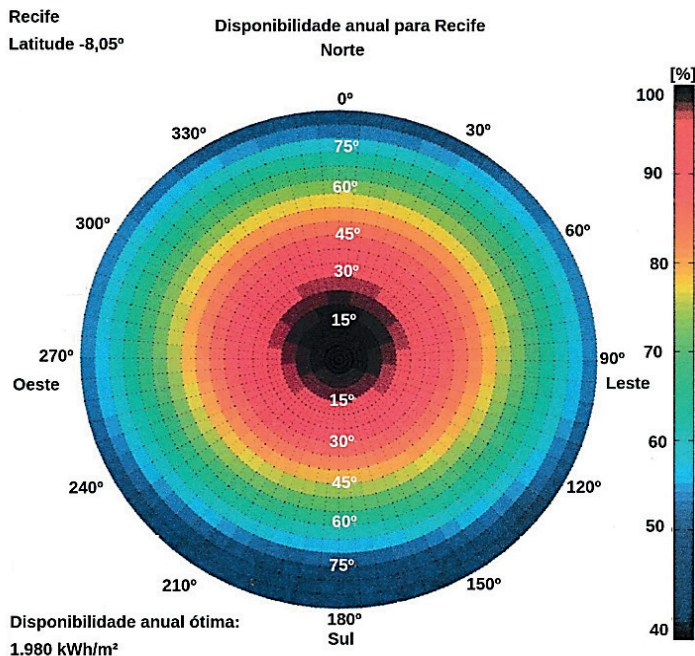


Figura 5. Perdas segundo a orientação e inclinação do gerador fotovoltaico para Recife

Fonte: ZILLES, R., *et al.* (2012)

De acordo com Villalva e Gazoli (2015), ângulo de inclinação deve ser tal que sejam evitados acúmulos de poeiras sobre os módulos. Assim, com $\alpha = 8^\circ$, evita-se acúmulo de poeira e reduz-se a distância entre as fileiras, maximizando a quantidade de módulos a serem instalados. Dessa maneira, utilizando os dados da Tabela I, considerando que os módulos estejam na posição vertical ($L = 2008 \text{ mm}$), a distância (d) entre as fileiras é de 0,98 m.

3.3 Análise de sombreamento

A disposição dos módulos deve ser de maneira tal que o avanço da sombra produzida pelas edificações não comprometa a geração FV. Dado que o descasamento, ou seja, quando as características elétricas de módulos interconectados não são iguais, segundo Rauschmayer (2019), não somente causa perdas, mas também pode danificar os módulos.

No momento em que uma célula é sombreada, ela deixa de produzir energia elétrica e passa a consumir, pois vira resistência. Por consequência, a célula aquece (efeito *hot spot*), e sem proteção, este aquecimento poderia até derreter a célula. Por isso, os módulos contam com diodos de desvio (*bypass*), que conduzem a corrente reversa, tirando as células inoperantes do circuito, conforme é dito por Rauschmayer (2019).

Na Figura 6 é mostrado o sombreamento para o solstício de inverno, 21 de dezembro de 2019, que representa a pior condição de sombreamento nas regiões A e B. Serão

considerados em dois horários, 8:00h e 15:00h, para analisar o movimento da sombra.



Figura 6 - Sombreamento produzido para o solstício de inverno, dia 21 de dezembro

Fonte: PV*SOL *premium*, (2019)

O sombreamento na região B tem uma leve variação no decorrer dos dias ao longo do ano, mas sempre avança da esquerda para a direita. Isso indica que os módulos devem ser posicionados na posição vertical com a inclinação adequada para o norte. Por outro lado, como na parte superior dos edifícios há uma mureta de 1,34 m, tendo em vista diminuir as perdas pelo sombreamento desta, os módulos podem ser instalados numa estrutura de altura igual à da mureta, e colocar as fileiras para a mais direita possível no edifício.

A visualização das sombras, dadas na Figura 6, ajuda a compreender as causas do sombreamento, mas retrata apenas certos instantes de tempo. Assim, segundo Rauschmayer (2019), o cálculo do percentual das horas com sombra ao longo do ano é uma informação mais rica, e ajuda a tomar decisões sobre o arranjo dos módulos.

Para ter o percentual anual de perdas, é usado o *software* PV*SOL *premium* 2019. Segundo Solarize (2019), o mesmo é um dos mais utilizados para a simulação de sistemas de energia solar. As perdas por área são apresentadas na Figura 7, considerando os módulos na posição vertical, elevados a 1,34 m, e com inclinação de 8° para o norte. A porcentagem que aparece sobre cada módulo refere-se à perda percentual anual. Os que não possuem essa porcentagem, não terão perdas por sombreamento.

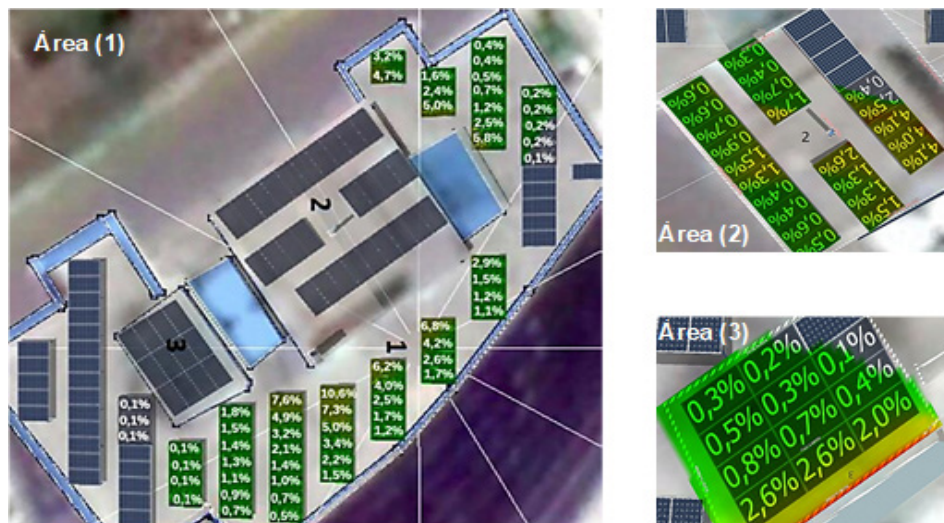


Figura 7 - Frequência de sombreamento ao longo do ano nas respectivas áreas

Fonte: PV*SOL premium, (2019)

Finalmente, considerando que o espaçamento entre as fileiras vai reduzir a quantidade total de módulos fotovoltaicos que podem ser colocados na área em questão, assim como a geometria do local onde serão instalados, as especificações da instalação do sistema de geração de energia fotovoltaica estão dispostas na Tabela II.

Potência da Planta (kW)	251,2
Potência do inversor (kW)	250
Tipo de inversor	SMA
Tipo de telha	Laje
Tipo de sistema	Trifásico
Quantidade de módulos	2128

Tabela II – Especificações da instalação

Fonte: ALDO (2021)

Conforme mostrado na Tabela II, a potência total do sistema de geração será de 102,4 kW, contendo 256 módulos de 400 W cada um, com dois inversores com potência de 50 kW cada um, trifásico da marca SMA, juntamente com estrutura de fixação tipo laje em cada edifício.

4 | VIABILIDADE

O número mínimo de anos necessários para recuperar o investimento inicial é chamado de período de recuperação de investimento (*Payback*) (BANDEIRA DA

FONTOURA, F. B.; RABUSKE, R.; FRIEDRICH, L. R., 2018). Com a capacidade de consumo devido à potência gerada, é possível realizar o estudo de *Payback*, analisando quando o investimento será compensado. Assim, considerando que a mão de obra seja em torno de 15% do preço total do *kit* fotovoltaico, o investimento total, apresentado na Tabela III, é calculado considerando (6).

$$CT = 1,5CFV \qquad (6)$$

onde *CT* e *CFV* representam o custo total do investimento e dos *kits* fotovoltaicos, respectivamente.

Edifício	Custo (R\$) por kit fotovoltaico	Custo (R\$) da Mão de Obra	Custo Final (R\$)
A	200.109,00	30.016,35	230.125,35
A+B	400.218	60.032,7	460.250,7

Tabela III - Tabela de Investimento

Fonte: Elaborada pelos autores

Segundo a ANEEL (2021), o custo do kWh da concessionária Celpe, classificação B3 - Comercial, Serviços e Outras atividades, é R\$ 0,57434. Os dados da Tabela IV reúnem todas as informações necessárias para gerar o gráfico do *Payback*, como também o retorno financeiro, conforme a Figura 8.

Dados do Investimento	
Capital de Investimento (R\$)	460.250,7
Planta FV (Wp)	251,2
Produção (kWh / mês)	12.288,0
Valor do kWh	0,57434
Retorno Financeiro	
Capital de Investimento (R\$)	460.250,7
Retorno do Investimento (Anos)	6
Economia estimada no 1º ano (R\$)	R\$ 84.689,88

Tabela IV- Dados financeiros

Fonte: Elaborada pelos autores

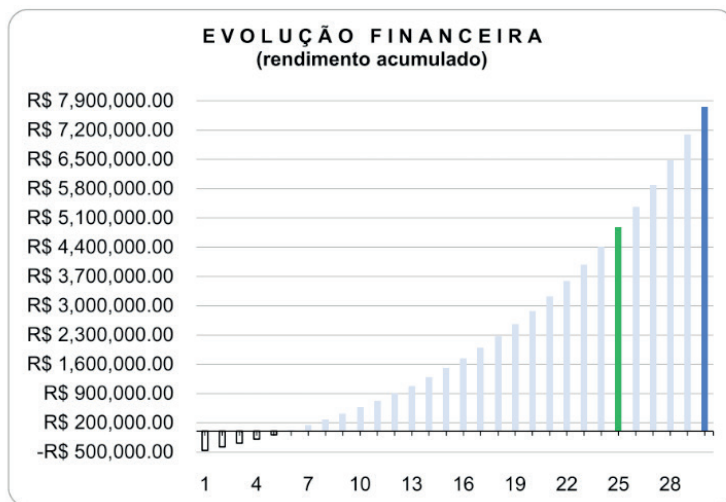


Figura 8 - Gráfico de Payback

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 8, é possível observar que nos primeiros cinco anos, o capital de investimento ainda está sendo compensado, através do abatimento na fatura de energia elétrica, por meio da produção de energia produzida pelo sistema fotovoltaico. A partir do sexto ano, o rendimento acumulado inicia a compensação do valor investido, sendo crescente ao longo dos anos. A coluna em verde representa a economia estimada em 25 anos de R\$ 4.870.002,63, enquanto a azul, R\$ 7.759.942,35 para 30 anos.

5 | CONCLUSÕES

A análise de sombreamento é essencial para aproveitar ao máximo a eficiência de um sistema de geração de energia fotovoltaica, visto que este é de fácil estudo, instalação e de retorno financeiro viável.

Após realizar o estudo de caso, é percebido que devem ser seguidos alguns procedimentos para otimizar geração de energia no ambiente proposto. Uma estratégia é elevar a estrutura dos módulos fotovoltaicos à 1,34 m, a fim de diminuir as perdas por sombreamento provocado pela mureta.

Constatou-se que o retorno financeiro, ou seja, a relação entre o capital ganho como resultado do investimento e a quantidade de capital investido para o sistema fotovoltaico, para o caso de estudo, se inicia a partir do sexto ano.

Por fim, conclui-se que a viabilidade financeira do empreendimento é praticável, uma vez que o retorno é dentro do esperado. O projeto, caso venha ser implantado, servirá de incentivo às práticas de sustentabilidade no setor público, além de estudo prático nas diferentes disciplinas envolvidas.

REFERÊNCIAS

ALDO (2021). **Gerador de Energia Fotovoltaico com potência de 51,2 kWp**. Disponível em: <http://www.aldo.com.br/Produto/?c=49142&d=gerador-de-energia-sma-laje-aldo-solar-GEF>. Acessado em: 20 de maio de 2021.

ANEEL (2021). **Reajuste de Tarifas de Energia Elétrica Grupo B**. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasil, 2021.

BANDEIRA DA FONTOURA, F. B.; RABUSKE, R.; FRIEDRICH, L. R. (2018). **Análise da viabilidade para implantação de energia fotovoltaica com utilização para sombreamento de estacionamento**. Estudos do CEPE, Santa Cruz do Sul, p. 36-48, set. 2018. ISSN 1982-6729. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/cepe/article/view/9424>>. Acesso em: 19 maio 2021. doi:<https://doi.org/10.17058/cepe.v0i0.9424>.

BYD (2020). **Datasheet: BYD MIK-36-SERIES-5BB 390W-410W**. BYD ENERGY DO BRASIL (www.byd.ind.br)

CASARO, M. M.; MARTINS, D. C. (2010). **Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica**. Revista Controle & Automação, v. 21, n. 2, p. 159-171.

GOOGLE EARTH (2019). <http://earth.google.com>. Acessado em nov. 2019.

MORAIS, F. H. B. de L. (2017). **Análise de desempenho de um sistema fotovoltaico de 5,2 KwP conectado à rede instalado na UECE**. 97f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Físicas Aplicadas) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará.

NASCIMENTO L. R.; RÜTHER, R. (2014). **A Avaliação de Longo Prazo de um Sistema Fotovoltaico Integrado à Edificação Urbana e Conectado à Rede Elétrica Pública**. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 5, n. 1, p. 73-81.

PEROZA, J.; RAMPINELLI, G. A. (2018). **Análise de desempenho e atuação de diodos de bypass em um módulo fotovoltaico comercial**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. 17 a 20 de abril de 2018. Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.

PV*SOL premium (2019). **Valentin Software PV*SOL premium 2019(R10)**. (<https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>)

RAUSCHMAYER, H. (2019). **Manual de energia solar**. Solarize Treinamentos profissionais LTDA.

SOLARIZE (2019). **O software fotovoltaico PV*SOL**. Disponível em: <<https://www.solarize.com.br/software-pv-sol>>. Acessado em: 29 de setembro 2019.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. (2015). **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações**. 2ª Edição, Erica, São Paulo.

ZILLES, R., *et al.* (2012). **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos. 208p. ISBN: 9788579750526

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agronegócio 11, 45, 86, 87, 112

AMPL 10, 47, 48, 49, 52, 53, 55, 58, 59, 61

Arduino Uno 116, 117, 118

B

Biocombustíveis Sólidos 62

Biomassa 24, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 88, 89, 90, 91, 95, 100, 101, 103, 107, 108, 113, 135, 136, 137, 141, 142

C

Canteiro de Obras 143, 144, 145, 150, 151, 152, 154, 156

Carbonização 62, 64, 68, 69, 71

Construção Civil 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 156

Consumo 11, 24, 63, 78, 83, 96, 98, 100, 101, 103, 108, 109, 112, 116, 117, 118

Controladores Fuzzy 10, 39, 44, 45

Cooperativa 143, 145, 148, 149, 151, 153, 156

Coproduto 135, 141

Corrente 1, 5, 12, 75, 80, 91, 97, 98, 99, 102, 104, 106, 107, 108, 116, 117, 146

D

Dielectric Fluid 159

E

Energia 9, 11, 2, 5, 8, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 48, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 135, 136, 138, 141, 142, 150, 151

Energia Elétrica 11, 2, 24, 25, 31, 33, 34, 35, 37, 61, 73, 74, 76, 80, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 98, 100, 102, 104, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 116, 118, 141, 150

Environmental Management System 159

Excentricidade 120, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

F

Filtros Planares 120, 122, 124

Fluxo de Carga 9, 10, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 61

Fontes Renováveis 24, 63, 87, 89, 114

Fuzzy 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

G

Geometria Elíptica 120, 124, 125, 131

I

Identificação de falhas em rolamentos 1

Inteligência Artificial 10, 1, 3, 12, 13, 15, 16

L

Lógica Fuzzy 10, 15, 16, 17, 20, 23, 36, 37, 39, 40, 44, 45

M

Mamdani 18, 19, 20, 39, 40, 44

Medidor 11, 116, 117, 118, 119

Motor de indução trifásico 1

O

Otimização Matemática 47, 48, 49, 53, 61

P

Pirólise 10, 62, 68, 135, 136

R

Reconfiguração Automática 87, 89, 94, 114

Redes Inteligentes 86, 87, 88, 91

Resíduos Agroindustriais 62, 63

S

SIF 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 28, 31, 32, 33, 34, 35

Sistemas Elétricos de Potência 9, 10, 47

Sistemas Fotovoltaicos 9, 23, 73, 77

Solver Knitro 47

Sombreamento 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85

Sustentabilidade 27, 63, 73, 84, 86

T

Tensão 51, 74, 87, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 104, 106, 107, 108, 113, 116, 117, 150

Terceirizados 143, 144, 145, 146, 151, 156, 157

Torrefação 62, 64, 68, 69, 70, 71, 135, 136, 137, 138, 141

Transformadas no domínio tempo-frequência 1

Transformer 159

V

Viabilidade 66, 73, 74, 77, 82, 84, 85, 86, 88, 93, 108, 110, 114

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA ELÉTRICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



[facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA ELÉTRICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



[facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)