

Energia Solar e Eólica 2

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E56 Energia solar e eólica 2 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-067-4

DOI 10.22533/at.ed.674192201

1. Energia – Fontes alternativas. 2. Energia eólica. 3. Energia solar. I. Abdala, Paulo Jayme Pereira.

CDD 621.042

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As chamadas energias renováveis, também conhecidas como energias alternativas ou ainda energias limpas são três denominações possíveis para qualquer forma de energia obtida por meio de fontes renováveis, e que não produzem grandes impactos ambientais negativos. Atualmente, com a grande preocupação mundial em compensar as emissões de CO₂, o consumo deste tipo de energia tem sido o foco de governos e empresas em todo globo.

Neste sentido, o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa, onde predomina o uso de hidrelétricas, apesar do crescimento do uso de termelétricas, as quais são abastecidas por combustível fóssil. No Brasil, o setor energético é responsável por grande parte das emissões de CO₂, ficando atrás somente do setor agrícola que reapresenta a maior contribuição para o efeito estufa brasileiro.

A energia proveniente do sol é a alternativa renovável mais promissora para o futuro e, por este motivo tem recebido maior atenção e também mais investimentos. A radiação solar gratuita fornecida pelo sol pode ser captada por placas fotovoltaicas e ser posteriormente convertida em energia elétrica. Esses painéis usualmente estão localizados em construções, como indústrias e casas, o que proporciona impactos ambientais mínimos. Esse tipo de energia é uma das mais fáceis de ser implantada em larga escala. Além de beneficiar os consumidores com a redução na conta de energia elétrica reduzem as emissões de CO₂.

Com relação à energia eólica, o Brasil faz parte do grupo dos dez países mais importantes do mundo para investimentos no setor. As emissões de CO₂ requeridas para operar esta fonte de energia alternativa são extremamente baixas e é uma opção atrativa para o país não ser dependente apenas das hidrelétricas. Os investimentos em parques eólicos vem se tornando uma ótima opção para neutralização de carbono emitidos por empresas, indústrias e etc.

Neste contexto, este EBOOK apresenta uma importante contribuição no sentido de atualizar os profissionais que trabalham no setor energético com informações extremamente relevantes. Ele está dividido em dois volumes contendo artigos práticos e teóricos importantes para quem deseja informações sobre o estado da arte acerca do assunto.

Paulo Jayme Pereira Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOS CAMPI IFG ITUMBIARA E URUAÇU	
Sergio Batista da Silva Olívio Carlos Nascimento Souto Fernando Nunes Belchior Ghunter Paulo Viajante Elias Barbosa Macedo Vera Ferreira Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6741922011	
CAPÍTULO 2	24
ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA INTEGRADA EM UM SHOPPING CENTER DE FORTALEZA - CE	
Sofia da Costa Barreto Paulo Cesar Marques de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.6741922012	
CAPÍTULO 3	41
ESTUDO DO COMPORTAMENTO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI SECADO EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO	
Raphaela Soares da Silva Camelo Juliana Lobo Paes Milena Araujo Silva Madelon Rodrigues Sá Braz Dhiego Santos Cordeiro da Silva Camila Lucas Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.6741922013	
CAPÍTULO 4	54
ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O CUIINSE ₂ E SUA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS	
Yuri Hamayano Lopes Ribeiro Denis Gilbert Francis David Marcus Vinícius Santos da Silva Jailton Souza de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6741922014	
CAPÍTULO 5	66
EXPERIÊNCIA DE CURSO GRATUITO DE INSTALADOR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OFERECIDO PELO IFTO CAMPUS PALMAS	
Claudio Silva dos Santos Abimael Ribeiro Martins Adail Pereira Carvalho Brunno Henrique Brito	
DOI 10.22533/at.ed.6741922015	
CAPÍTULO 6	78
IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO	
Isamara Quirino de Castro Carlos Brunno Henrique Brito	

Felipe Tozzi Bittencourt
DOI 10.22533/at.ed.6741922016

CAPÍTULO 7 91

IMPACTOS DOS INCENTIVOS DOS GOVERNOS DO ESTADO E DO MUNICÍPIO NA MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Allan Carlos do Nascimento Silva
Brunno Henrique Brito

DOI 10.22533/at.ed.6741922017

CAPÍTULO 8 104

IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DOIS GERADORES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS DIRETAMENTE NO BARRAMENTO C.C. DO LABORATÓRIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS/MINIRREDES (GEDAE/UFPA)

Jorge Augusto Leal Corrêa
Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa
Marcos André Barros Galhardo
João Paulo Alves Veríssimo
Israel Hidai Lobato Lemos
Edinaldo José da Silva Pereira
João Tavares Pinho

DOI 10.22533/at.ed.6741922018

CAPÍTULO 9 121

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa
Merlim dos Santos Ferreira de Faria
Fabio de Brito Gontijo

DOI 10.22533/at.ed.6741922019

CAPÍTULO 10 132

INFLUÊNCIA DO ESPECTRO SOLAR EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SOB CÉU LIMPO, CÉU PARCIALMENTE NUBLADO E CÉU NUBLADO

Guilherme Marques Neves
Waldeir Amaral Vilela
Enio Bueno Pereira
Luiz Angelo Berni

DOI 10.22533/at.ed.67419220110

CAPÍTULO 11 146

INTENSIFICAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA ATRAVÉS DE GERADOR DE VÓRTICE LONGITUDINAL DO TIPO DELTA

Felipe Augusto Santos da Silva
Leandro Oliveira Salviano

DOI 10.22533/at.ed.67419220111

CAPÍTULO 12 161

METODOLOGIA COMPUTACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS DE IRRADIÂNCIA SOLAR

Marcus Vinícius Contes Calça
Matheus Rodrigues Raniero
Alexandre Dal Pai
Carlos Roberto Pereira Padovani
Domingos Mario Zeca Fernando

CAPÍTULO 13 174

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABRIGOS DE PONTOS DE ÔNIBUS NA AV. ALMIRANTE BARROSO – BELÉM/PA

Ana Laura Pinheiro Ruivo Monteiro
Edinaldo José da Silva Pereira
Everton Leandro Santos Amaral
Ítalo de Sousa
Magda Tayane Abraão de Brito

DOI 10.22533/at.ed.67419220113

CAPÍTULO 14 191

PROJETO PRELIMINAR DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIR A IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL

Franciele Carlesso
Jenny Marcela Rodriguez Gomez
Luiz Angelo Berni
Graziela da Silva Savonov
Luis Eduardo Antunes Vieira
Waldeir Amaral Vilela
Edson Luiz de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.67419220114

CAPÍTULO 15 200

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTE DE FOGÕES SOLARES

Diego Lopes Coriolano
Erico Diogo Lima da Silva
Iraí Tadeu Ferreira de Resende
Vanina Cardoso Viana Andrade
Denilson Pereira Gonçalves
Renan Tavares Figueiredo
Odésia Leonor Sanchez de Alsina

DOI 10.22533/at.ed.67419220115

CAPÍTULO 16 213

PROPOSTA DE RETROFIT NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UM DOS BLOCOS DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.67419220116

CAPÍTULO 17 229

PROPOSTA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA OTIMIZAÇÃO DO GASTO PÚBLICO COM O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE DE ENSINO FEDERAL IMPLANTADA NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Adriano Moraes da Silva
Rebeca Lorena Santos Maia e Silva
Danielle Bandeira de Mello Delgado

DOI 10.22533/at.ed.67419220117

CAPÍTULO 18 246

PLATAFORMA PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO PARA A AQUISIÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA

DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Júlio César Madureira Silva
Augusto César da Silva Bezerra
Claudinei Rezende Calado
Ana Luiza F. Maia
Amanda Ribeiro Amorim

DOI 10.22533/at.ed.67419220118

CAPÍTULO 19 255

SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM SERVIDOR REMOTO UTILIZANDO PLATAFORMAS OPEN SOURCE RASPBERRY PI E ARDUINO

José Ilton de Oliveira Filho
Wilk Coelho Maia

DOI 10.22533/at.ed.67419220119

CAPÍTULO 20 263

SUJIDADE DEPOSITADA SOBRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM GOIÂNIA: MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Pedro Victor Valadares Romanholo
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Enes Gonçalves Marra
Sérgio Pires Pimentel

DOI 10.22533/at.ed.67419220120

CAPÍTULO 21 275

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA EMC/UFG

Jéssica Alice Alves da Silva
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Sérgio Pires Pimentel
Enes Gonçalves Marra

DOI 10.22533/at.ed.67419220121

CAPÍTULO 22 290

TESTES DE SENSIBILIDADE PARA DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS DO MODELO WRF PARA MELHORAR AS ESTIMATIVAS DE VENTO

Lucia Iracema Chipponelli Pinto
Francisco Jose Lopes de Lima
Fernando Ramos Martins
Enio Bueno Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67419220122

CAPÍTULO 23 303

O ENSINO SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

André Barra Neto
Ana Paula Pinheiro Zago
Márcia Helena da Silva
Mirian Sousa Moreira
José Eduardo Ferreira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.67419220123

CAPÍTULO 24	317
POTENCIALIDADE DO BIOGÁS GERADO PELA CODIGESTÃO ENTRE DEJETO BOVINO E SUÍNO	
Juliana Lobo Paes	
Camila Ferreira Matos	
Gabriel Araújo e Silva Ferraz	
Giancarlo Bruggianesi	
Camila Kelly de Queiroz	
Caroline Stephanie Gomes de Castro Soares	
DOI 10.22533/at.ed.67419220124	
CAPÍTULO 25	333
SIMULAÇÃO DE UMA PLANTA OTEC DE CICLO FECHADO OPERANDO NO BRASIL	
Marcus Godolphim de Castro Neves	
Hélio Henrique Rivabene Ferreira Dias	
Cassio Roberto Macedo Maia	
Ricardo Alan Verdú Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.67419220125	
CAPÍTULO 26	344
ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE 24 MESES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NO ESTADO DO TOCANTINS	
Brunno Henrique Brito	
Thálisson Câmara Belém	
Márcio Serafim de Almeida	
Felipe Tozzi Bittencourt	
DOI 10.22533/at.ed.67419220126	
CAPÍTULO 27	359
ESTUDO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MICROALGAS	
Robson de Souza Santiago	
Bruno Lindbergh Sousa	
Yordanka Reyes Cruz	
Estevão Freire	
Suely Pereira Freitas	
Gisel Chenard Díaz	
DOI 10.22533/at.ed.67419220127	
CAPÍTULO 28	376
INFLUÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS SOBRE A SEGURANÇA DAS OPERAÇÕES AERONÁUTICAS	
Francisco Wilson Falcão Júnior	
Paulo Cesar Marques de Carvalho	
Wilson Cabral de Sousa Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.67419220128	
SOBRE O ORGANIZADOR	390

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa

Centro Universitário de Patos de Minas,
Departamento de Engenharia Elétrica
Patos de Minas - Minas Gerais

Merlim dos Santos Ferreira de Faria

Centro Universitário de Patos de Minas,
Departamento de Engenharia Elétrica
Patos de Minas - Minas Gerais

Fabio de Brito Gontijo

Centro Universitário de Patos de Minas,
Departamento de Engenharia Elétrica
Patos de Minas - Minas Gerais

RESUMO: Este trabalho pretende mostrar as diferenças entre a produção de energia elétrica em placas fotovoltaicas limpas e sujas. Entenda-se “limpas” como placas fotovoltaicas livres de acúmulo de poeira, lama, folhas, fezes ornitológicas e outros tipos de materiais que impedem o fluxo de raios solares até o interior das células das placas fotovoltaicas, prejudicando assim o seu rendimento na geração de energia elétrica. Já as placas sujas são as que apresentam algum tipo das sujeiras descritas acima, visto que os sistemas instalados em topos de residências e edifícios ficam sujeitos ao acúmulo destes materiais com o passar do tempo. Com base nos dados coletados é possível verificar a necessidade de realizar limpezas periódicas nas placas

fotovoltaicas que compõem esses sistemas, pois o rendimento deste, com placas limpas pode ser até 10% maior em relação a sistemas que não recebem nenhum tipo de limpeza.

PALAVRAS-CHAVE: placa fotovoltaica, raios solares, sujeira.

ABSTRACT: This work shows the differences between the production of electric energy in clean and dirty photovoltaic panels. The term “clean” is understood to mean photovoltaic panels free of accumulation of dust, mud, leaves, ornithological faeces and other types of materials that impede the flow of solar rays into the cells of the photovoltaic cells, thus damaging their yield in the generation of electricity. The dirty plates are those that present some type of dirt described above, since the systems installed in tops of residences and buildings are subject to the accumulation of these materials over time. Based on the data collected, it is possible to verify the need to perform periodic cleaning on the photovoltaic panels that make up these systems, since the efficiency of these with clean plates can be up to 10% higher in relation to systems that do not receive any type of cleaning.

KEYWORDS: photovoltaic plate, solar rays, dirt.

1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia dos sistemas fotovoltaicos está cada vez mais desenvolvida e acessível em quase todo mundo. O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (BLASQUES, PINHO, 2007). O sistema fotovoltaico permite a transformação de raios solares em energia elétrica através do efeito fotovoltaico, e quando esse processo ocorre é possível posteriormente transformar a tensão contínua produzida pelos painéis em alternada, para que assim possa alimentar a maioria das cargas domésticas e industriais de todo mundo.

As características de um sistema fotovoltaico dependem dos materiais empregados na constituição das placas, podendo ser eles o silício, germânio, gálio, entre outros elementos. O mais comumente utilizado é o silício, visto que este é o segundo elemento mais abundante no planeta Terra, obtido através do quartzo ou areia de praia, o que o torna extremamente barato e acessível em relação a outros elementos semicondutores. (CECCHINI, 2003)

As placas fotovoltaicas que utilizam silício na sua constituição normalmente são denominadas monocristalino, com grau de pureza de até 99,9999% de silício, obtendo assim um aproveitamento de conversão entre 15% a 20% da luz solar incidente. Também podem ser feitas de silício policristalino, com aproveitamento entre 10% a 15%, ou ainda de amostras de silício amorfo, sendo este com menor aproveitamento de conversão, da ordem de 5% a 10%. (BLASQUES, PINHO, 2007)

Fatores externos também podem alterar a eficiência de um painel fotovoltaico, o grau de insolação de um determinado local onde o sistema será instalado e a temperatura a que o mesmo estará exposto são os principais fatores analisados antes da instalação de uma planta fotovoltaica, mas, um fator bastante importante tem sido deixado de lado por empresas que implementam esse tipo de tecnologia, o “fator sujeira”. Ocorre que na composição do ar além de oxigênio, nitrogênio e gás carbônico, existe outros fatores que podem ocasionar o acúmulo de sujeira nos painéis fotovoltaicos, fatores estes como poeira, restos de seres vivos ou organismos microscópicos como o ácaro, lama, folhas, fezes ornitológicas e outros tipos de materiais que possam impedir a passagem dos raios solares até as células das placas fotovoltaicas. Estes elementos, com o passar do tempo formam uma camada de sujeira sobre a superfície dos módulos fotovoltaicos causando assim uma possível perda na geração de energia. (MUNDO ESTRANHO, 2011)

Com dados coletados de um sistema fotovoltaico grid-tie, foi possível a realização de ensaios durante um período de trinta dias a fim de observar a influência do fator sujeira na geração fotovoltaica, obtendo dados de geração de placas limpas sem influência de qualquer tipo de “sujeira” e de placas “sujas”, sendo a maior parte da sujeira formada por poeira, provinda principalmente de obras de construções civis

presentes na região.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O Sol é a principal fonte de energia para a Terra, além disso, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de sua utilização por meios de conversão e armazenamento de energia, como por exemplo, a térmica e a elétrica (CRESCER-CEPEL, 2014).

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). Edmond Becquerel relatou o fenômeno em 1839, quando nos extremos de uma estrutura de matéria semicondutora surge o aparecimento de uma diferença de potencial elétrico, devido à incidência de luz, explicado através da Fig. 1 (BOAVENTURA, 2013).

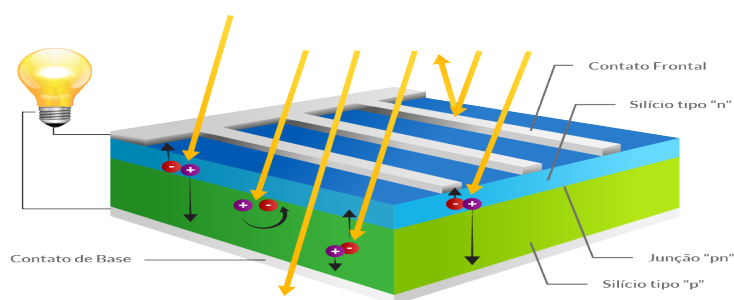


Figura 1 - Princípio de funcionamento de um módulo fotovoltaico

A irradiação solar e a temperatura são os dois principais fatores que influenciam a produção de energia pelos módulos fotovoltaicos. A corrente gerada pelo módulo varia linearmente com a irradiância, enquanto que a tensão varia logaritmicamente. Fig.2 apresenta as características de corrente e tensão em uma célula fotovoltaica da Kyocera modelo KC50T, retirada do data sheet do fabricante.

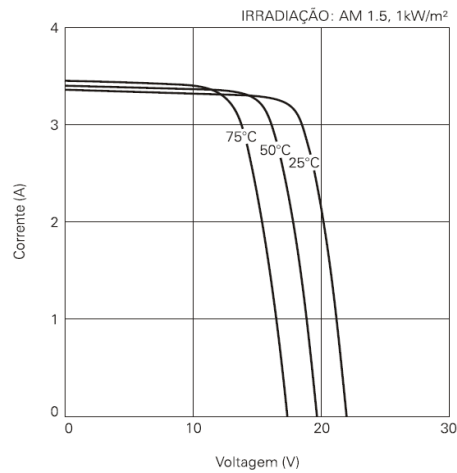


Figura 2 - Características de corrente e tensão em uma célula fotovoltaica

Com o aumento da irradiação, aumenta também a temperatura da célula e, conseqüentemente, esta tende a reduzir a eficiência do módulo. Isso ocorre porque a tensão diminui significativamente com o aumento da temperatura, enquanto que a corrente sofre uma elevação muito pequena (PALZ, 1995).

A autora Giovanna (2010) afirma que, para que haja recepção de uma maior intensidade luminosa é necessário o acompanhamento, ou, pelo menos, um melhor posicionamento das placas fotovoltaicas para o aproveitamento máximo deste movimento. As placas fotovoltaicas são geralmente instaladas em uma posição fixa, devido ao alto custo dos equipamentos que seguem a posição do sol no céu. Deste modo, é fundamental determinar a melhor inclinação para cada região, em função da latitude local e das características climáticas da região, a fim de estabelecer uma maior eficiência, evitando ainda o acúmulo de grandes quantidades de sujidades, acarretando uma menor produção de energia.

A sujidade pode ser composta por diferentes partículas. A poeira pode ser definida como qualquer material particulado de diâmetro inferior a 500µm é composto por pequenas quantidades de pólen (vegetação, fungos, bactérias), células humanas/animais, fibras de carpete/materiais têxteis e outras micro areias, sendo mais comumente, minerais orgânicos geomorfológicos (areia, argila, calcário erodido). O tamanho da partícula, dos componentes, e do formato da poeira pode variar de região para região no mundo inteiro. Além disso, o comportamento da deposição e a taxa de acumulação podem variar significativamente em diferentes localidades. Esses fatores são baseados na geografia, no clima e na urbanização de uma região (KAZMERSKI, 2015). Perdas por poeira podem ser mitigadas através de limpeza evitando sombreado indesejado das células.

De acordo com Kamila (2013), o acúmulo de sujeira pode ocasionar pequenas sombras sobre as células, podendo reduzir o rendimento do sistema como um todo, pois a célula sobre a qual incidir a menor quantidade de radiação é que irá determinar a corrente de geração do módulo e, conseqüentemente, a potência gerada de todo o

conjunto de geração. Uma célula quando sombreada pode vir até a atuar como uma carga, levando ao aquecimento do módulo.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema fotovoltaico utilizado encontra-se instalado na Cidade de Patos de Minas, mais especificamente no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). O município está localizado na região do Triângulo Mineiro e Auto Paranaíba, com 18° 34' 44" latitude Sul, 46° 31' 05" longitude Oeste e apresenta uma altitude de 832 metros. (GEOGRAFO,2016)

A Micro usina Fotovoltaica do UNIPAM é considerada como sistema on-gride por ser interligada à rede de distribuição de energia elétrica, contém 240 placas fotovoltaicas, possuindo uma potência máxima de geração de 12 kWp. As placas estão fixadas a 70 cm do solo por blocos de concreto e estruturas metálicas, tendo como inclinação 20 graus apontando para o Norte, como mostra a Fig. 3.



Figura 3 - Micro usina fotovoltaica UNIPAM

A micro usina está subdividida em três conjuntos de 80 placas (denominada de strings) do tipo policristalino, fabricante Kiocera, modelo KT 50, tensão padrão 17,11 volts, corrente máxima 3,11 Ampere e potência de 56 Watts, como mostram as especificações técnicas disponibilizadas pelo fabricante apresentadas na Tab. 1.

CARACTERIZA	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Máxima potência	54 Watts
Tolerância	+15% / - 5%
Voltagem de máxima potência	17,4 Volts
Corrente de máxima potência	3,11 Amps
Voltagem de circuito aberto	21,7 Volts
Corrente de curto circuito	3,31 Amps
Peso	5,0 kg

Temperatura nominal de operação de célula	47 °C
Icc coeficiente de temperatura de corrente	$1,33 \times 10^{-3} \text{ A/}^\circ\text{C}$
Vca coeficiente de temperatura da tensão	$-8,21 \times 10^{-2} \text{ A/}^\circ\text{C}$

Tabela 1 - Especificações técnicas do módulo fotovoltaico KC50T da KYOCERA

O inversor no sistema de geração fotovoltaica realiza o processo de transformação dos sinais contínuos, vindos da placa, para um sinal alternado. O sistema onde ocorreu a realização deste trabalho utiliza três inversores INGETEAM, modelo Ingecon Sun Lite 3,68TL. Os inversores são divididos por strings, cada inversor realiza o processo de transformação de sinais contínuos para sinais alternados de uma string. A Fig. 4 apresenta os inversores INGETEAM, modelo Ingecon Sun Lite 3,68TL instalados na edificação em estudo.



Figura 4 – Inversor INGETEAM modelo Ingecon Sun Lite 3,68TL

O aparelho possui uma interface com o usuário através de um display de cristal líquido, no qual são mostrados dados de geração como corrente, tensão e potência. O valor máximo tensão e corrente de entrada no inversor respectivamente 550V e 22A. Já sua saída tem como tensões configuráveis 220V/230V/240V com frequência de 50-60hz, e corrente de 17 amperes.

A micro usina conta ainda com um medidor polifásico eletrônico bidirecional classe B, fabricante Nansen e um quadro de junção de carga onde ocorre a injeção da energia elétrica gerada na micro usina à rede de energia já existente na edificação.

Para a realização da pesquisa foram utilizadas as três string (uma string limpa e duas string sujas). Os painéis sujos estão há um ano trabalhando sem manutenção, tendo como forma de limpeza apenas a água da chuva, considerando que no período de 10 maio até 31 de julho de 2016 não houve nenhuma intervenção climática na região, conclui-se que a sujeira acumulada depositou-se de forma natural proveniente de poeira e fezes de aves.

A limpeza das placas foi realizada a cada sete dias, no período de 01 a 31 de Julho de 2016. Foram utilizados como material de limpeza a água e um tecido humedecido. A aquisição de dados foi adquirida através dos inversores citados anteriormente, as

quais fornecem através do software de monitoramento da planta, INGECON SUM monitor, que armazena os dados de potência a cada 15 minutos.

4 | RESULTADOS

Uma usina solar, com tecnologia fotovoltaica, necessita de irradiação solar para entrar em operação. A micro usina do UNIPAM não faz uso de banco de baterias ou algo similar para suprir a energia nos períodos em que não houver insolação. Como a usina é diretamente conectada à rede elétrica, o objetivo é produzir o máximo de energia para a rede no período em que houver irradiação disponível. De acordo os dados obtidos através de análise da geração de energia nos meses de junho e julho de 2016, foi possível obter a curva característica de geração por horas do dia, o regime de produção diário dos meses em estudo é previsto de acordo com o formato de curva indicado na Fig. 5.

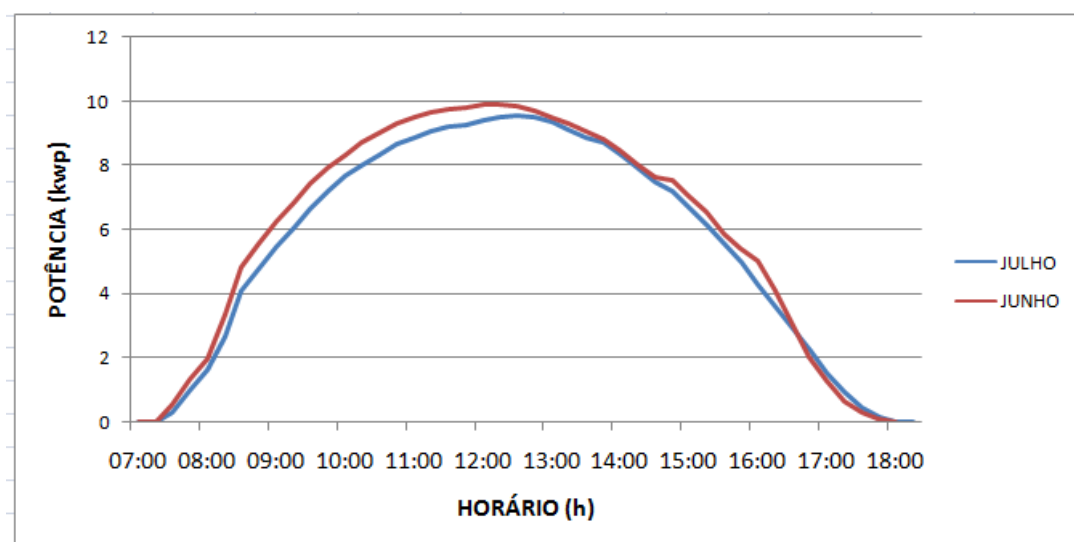


Figura 5 – Curva da potência gerada na micro usina em kWp pela hora do dia

Analisado o comportamento da produção de energia por horas do dia, pode-se concluir que a potência gerada em Kwp manteve os mesmos parâmetros de geração entre os meses de Junho e Julho, confirmando que não houve alterações climáticas nos meses em estudo. Após a confirmação da estabilidade das condições climáticas iniciou-se a coleta de dados através do banco de dados do INGECON SUM, a fim de obter os dados de geração nos meses de Junho e Julho de 2016.

A geração total de energia no mês de Junho foi de 1.639,22 kWh, sendo, 548,14 kWh no inversor 1, 546,66 kWh no inversor 2, 547,42 kWh no inversor 3, A Fig. 6 apresenta a comparação da geração de energia entre as três string referente ao mês de Junho de 2016, antes da limpeza dos painéis.

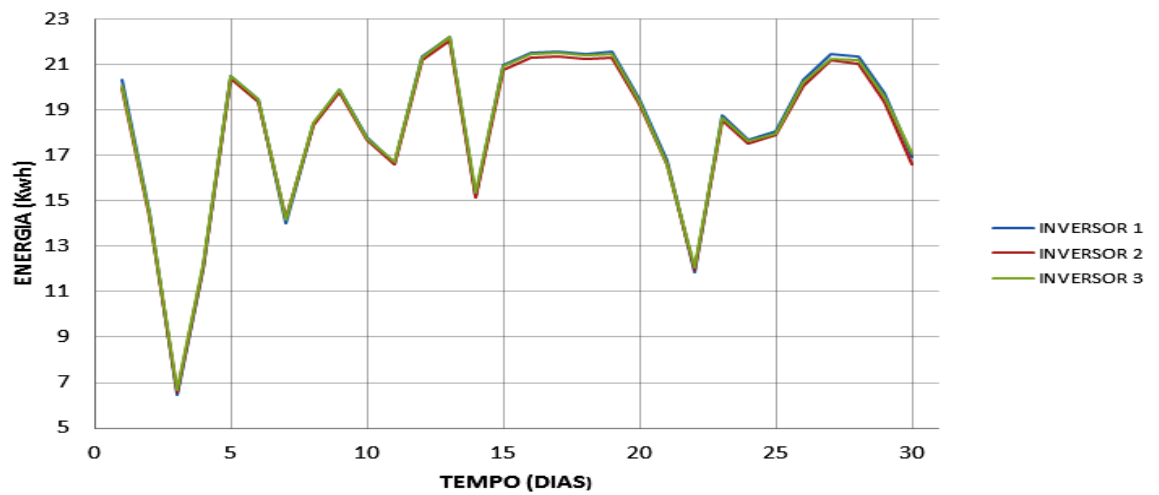


Figura 6 - Geração de Energia antes da limpeza das placas

Analisando os dados obtidos através da Fig. 6, observa-se que a geração de energia no mês de Junho obteve as mesmas características de geração nas três strings em estudo.

De acordo com o objetivo da pesquisa, o qual é analisar a produção de energia pelas placas, sendo elas sujas e limpas, deu-se início em Julho de 2016 a limpeza das mesmas, podendo ser observado que, quando a limpeza das placas é realizada, a produção aumenta. A Fig.7 apresenta a comparação das placas fotovoltaicas antes e depois da limpeza, respectivamente.

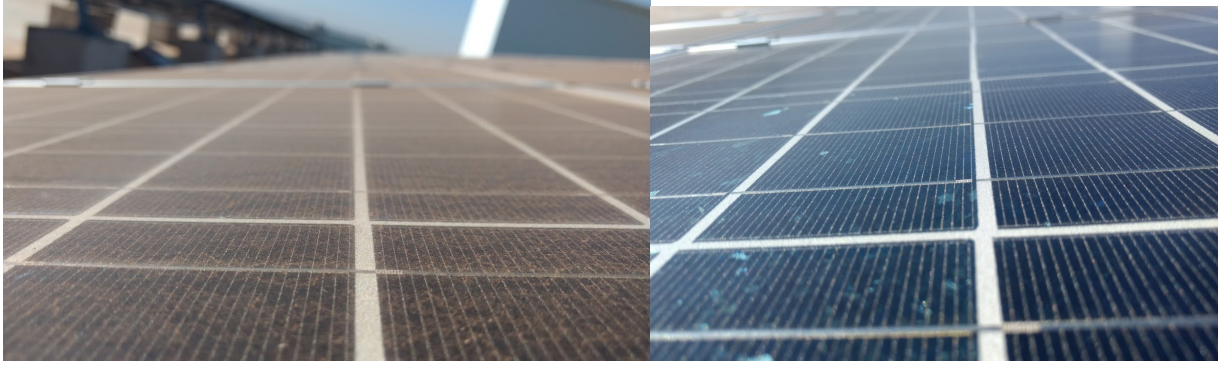


Figura 7 - Comparação dos módulos fotovoltaicos antes da limpeza e depois da limpeza

A geração de total de energia no mês de Julho, onde ocorreu a limpeza das placas referente a string 3, inversor 3 foi de 1.834,62 kWh, sendo, 594,8 kWh no inversor 1, 592,13 kWh no inversor 2 e 647,69 kWh no inversor 3. A Fig. 8 apresenta a comparação da geração de energia entre as três strings no mês de Julho, onde ocorreu a limpeza das placas a cada sete dias.

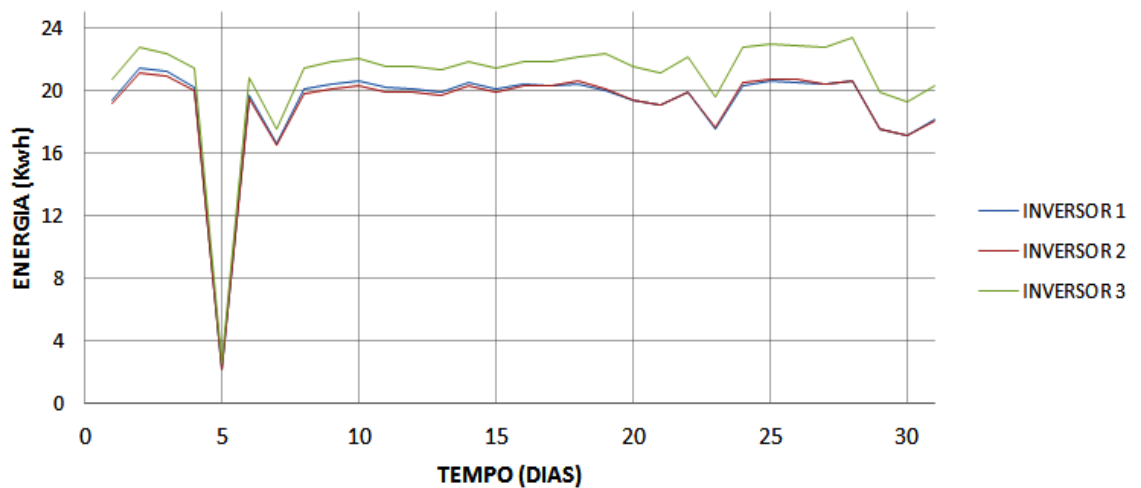


Figura 8 - Comparação da geração de energia entre as três strings no mês de Julho

Verificou-se, após a análise e comparação, que a os dados obtidos no inversor 3 utilizado na string onde houve a limpeza das placas apresentou uma eficiência 10,26% maior que a configuração de painéis sujos. A Fig. 9 apresenta a comparação da geração de energia da string 3 antes e depois da limpeza.

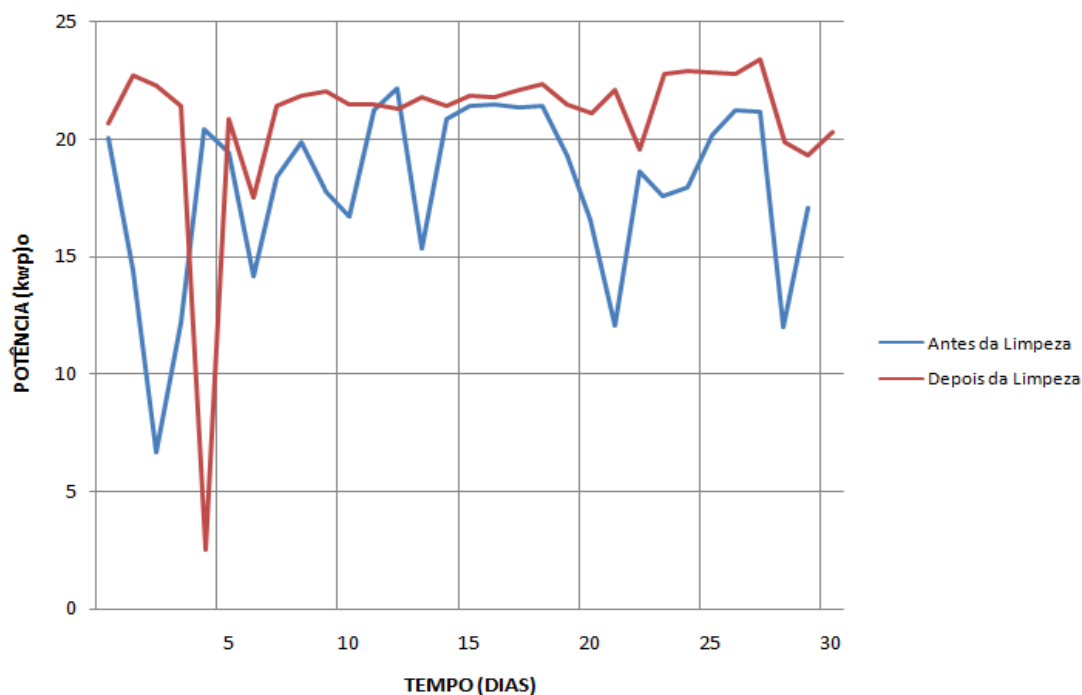


Figura 9 - Comparação da geração de energia antes e depois da limpeza

Levando em consideração que a produção de energia elétrica através do efeito fotovoltaico está ligada diretamente à irradiação solar e temperatura ambiente, foi possível concluir que a falta de manutenção nos módulos fotovoltaicos influencia diretamente na geração de energia, pois o acúmulo de “sujeira” impede a incidência dos módulos com a irradiação solar, dificultando também a troca de calor dos mesmos com o ambiente externo. Confirmando que a sujeira dos painéis causa uma diminuição na eficiência do sistema.

5 | CONCLUSÃO

Esta pesquisa permitiu entender o funcionamento de um sistema fotovoltaico e o impacto que a sujeira sob as placas fotovoltaicas pode causar no rendimento do sistema como um todo. Através dos dados obtidos do sistema fotovoltaico utilizado, foram feitas análises técnicas que permitiram comparar os valores de geração de energia advinda das placas totalmente limpas com as que continham acúmulo de “sujeiras”. Assim sendo foi constatada uma produção de energia de quase 10% menor das placas sujas em relação às placas limpas. O acúmulo de sujeira foi agregado durante aproximadamente um ano nas placas “sujas” analisadas, já as placas limpas tiveram uma manutenção semanal de limpeza feita com água e utilizando um pano tipo flanela limpo. Constatou-se então que através de um procedimento relativamente simples, prático e de baixo custo é possível fazer um sistema fotovoltaico apresentar rendimento nominal muito próximo do apresentado quando o sistema é novo, sem incidência de desgaste pelo tempo e pela sujeira. Para isso as manutenções de limpeza

das placas fotovoltaicas devem ser feitas periodicamente, visto que o acúmulo de sujeira é diferente de acordo com o lugar onde o sistema está implantado fica evidente que a periodicidade pode variar, sendo o ideal entre limpezas semanais, quinzenais ou mensais.

REFERENCIAS

Blasques, L. C. M., Vale, S. B., Pinho, J. T., 2007. **Sistema Solar Fotovoltaico para Geração de Eletricidade na Estação Científica Ferreira Penna do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Caxiuanã – Pará, I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza.

BOAVENTURA, B.B. **A Energia Solar Fotovoltaica e a Aplicação na Usina Solar de Tauá**. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.

CECCHINI, T. **Otimização das regiões altamente dopadas de células solares fabricadas por processos térmicos rápidos de pequeno porte**. 2003. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CRESSEB-CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Grupo de Trabalho de Energia Solar. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos** / Rio de Janeiro, CRESEB, 2014.

GEOGRAFO: **Coordenadas Geográficas**. <http://www.geografos.com.br/cidades-minas-gerais/patos-de-minas.php> Acesso 30/09/2016 Acesso 10 dezembro 2016

GIOVANNA, C. C. Giovanardi.; COBENGE, **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, XXXVIII.**, 2010, Fortaleza-CE.; Hotel Gran Marquise, 2010.

KAMILA. **Aplicação de Energia Fotovoltaica para Prédios Administrativos e Áreas Industriais**. – Juis de Fora: UFJF / Engenharia Elétrica, 2013.

POR REDACAO MUNDO ESTRANHO. **Como se forma a poeira ?**. Mundo estranho. Sao Paulo Sp, 18 apr. 2011. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-se-forma-a-poeira/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

SOBRE O ORGANIZADOR:

Paulo Jayme Pereira Abdala possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - RJ (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005) e pós-graduação em Gestão de Aviação Civil pela Universidade de Brasília (2003). Entre 1989 e 2008 foi Chefe do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores do DAC/ANAC, tendo desenvolvido centenas de estudos sobre poluição sonora e atmosférica oriundas da atividade aeronáutica. Foi representante oficial do Brasil em diversos Fóruns Internacionais sobre meio ambiente promovidos pela Organização de Aviação Civil Internacional OACI - Agência da ONU. Foi Coordenador dos Cursos de Engenharia de Produção, Elétrica, Civil e Mecânica na UNOPAR/PG entre 2013 e 2018. Atualmente é Consultor Independente para a AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, OACI e INFRAERO. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: acústica, meio ambiente e pedagogia (metodologia TRAINAIR/OACI).

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-067-4



9 788572 470674