

# 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](http://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 CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub>.

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 CO<sub>2</sub> 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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>10</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6741922011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>24</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6741922012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>41</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6741922013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>54</b>
ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O CUIINSE <sub>2</sub> E SUA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS	
Yuri Hamayano Lopes Ribeiro Denis Gilbert Francis David Marcus Vinícius Santos da Silva Jailton Souza de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6741922014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>66</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6741922015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>78</b>
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**

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>317</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67419220124</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>333</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67419220125</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>344</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67419220126</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>359</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67419220127</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>376</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67419220128</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>390</b>

## 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**

Universidade Federal de Goiás – Escola de  
Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação  
– EMC / UFG  
Goiânia - Goiás

**RESUMO:** A expansão da energia solar fotovoltaica é uma alternativa cada dia mais viável para a matriz energética brasileira. No entanto, para que o investimento apresente maior produtividade e viabilidade financeira, é necessário um adequado dimensionamento do sistema que se torna mais preciso a partir de um estudo confiável do recurso solar, sua fonte primária de energia, com valores históricos pelo maior período possível. Neste estudo são apresentados os resultados obtidos a partir da medição e análise de dados meteorológicos medidos na estação meteorológica instalada na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação – EMC, da Universidade Federal de Goiás - UFG, no estado de Goiás, durante dois anos, agosto de 2015 a julho de 2016 e agosto de 2016 a julho de 2017. A partir das irradiâncias solares medidas, calculou-se a média de irradiância instantânea por minuto de cada mês e produziram-se curvas de dias

médios mensais, bem como do dia médio anual. Calcularam-se as irradiações solares diárias do mês, a partir das quais foram produzidos histogramas com apresentação do valor diário de irradiação ( $\text{kWh/m}^2$ ) e média mensal dos meses do período, bem como o mês diário anual e, por fim, a média global diária de irradiação do ano. Este estudo apresenta também os comportamentos da temperatura do ar, velocidade do vento, índice de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, com médias mensais anuais e dias médios mensais anuais, a fim de estabelecer possíveis correlações entre estes diversos fatores climáticos no desempenho de um sistema fotovoltaico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irradiação solar, Irradiância solar, Energia fotovoltaica

**ABSTRACT:** Photovoltaic solar energy has been a more viable alternative to Brazilian energy matrix composition due to its each day growing use. Nevertheless, a suitable and accurate system design is required in order increase productivity and financial viability to investment. Reliable photovoltaic system sizing is as accurate as better solar resource is assessed from long term reliable historical values once that is the primary resource for PV energy. This text presents results from solar irradiance processing and analysis of data

measured for two years, from August 2015 to July 2017, at a weather station installed at the School of Electrical, Mechanical and Computer Engineering (EMC) at the Federal University of Goiás (UFG), at City of Goiania, Goiás State, Brazil. The minute-to-minute average solar irradiance of theoretical equivalent days for each month over the year were calculated from one-minute sampled irradiance measurements for each day of a given month. Additionally, typical daily solar irradiances (kWh/m<sup>2</sup>) for each month over a year were calculated and presented as daily stem-plots of months as well as the average daily irradiation for each month over the measured period. Furthermore, a theoretical average month over a year was calculated from typical monthly days and the average daily irradiance over a year was assessed. This work also presents month average values over a year for air temperature in Celsius degrees, wind speed, rainfall quantities and air humidity in order to figure out possible correlation among these diverse weather quantities and PV system performance.

**KEYWORDS:** Solar Irradiation, Solar Irradiance, Photovoltaic Energy

## 1 | INTRODUÇÃO

Recentemente o setor de energia elétrica mundial vem sofrendo mudanças de paradigmas tais como a inserção de geração distribuída (GD) e de fontes renováveis intermitentes de energia tais como eólica, solar fotovoltaica (FV) e solar heliotérmica. Associado a estas transformações, a evolução de novas tecnologias de geração têm possibilitado uma diversificação da matriz energética e posicionando estes empreendimentos como uma alternativa de complementação das fontes convencionais de energia elétrica, conforme aponta Polizel e Pelegrini (2007). No Brasil as fontes despacháveis de energia elétrica capazes de atender a demanda são as hidroelétricas e as termoelétricas a gás, a óleo, a carvão e nucleares.

Diversamente das fontes convencionais despacháveis de energia, a energia solar é intermitente e apresenta variabilidades temporal e espacial elevadas em razão de sua forte relação com o clima local e fatores tais como cobertura de nuvens, concentração de gases atmosféricos, sistemas sinóticos, entre outros fatores astronômicos associados aos movimentos orbital e de rotação da Terra (PEREIRA, 2017, p. 9).

Assim, para a potencialização de projetos de aproveitamento de energia solar de um determinado local, é recomendável a realização de medições locais, procurando avaliar a radiação solar com variações anuais, sazonais, diárias e as influências climáticas. Uma análise do potencial do recurso solar requer um levantamento extenso dos níveis de radiação solar por meio de medições com instrumentos solarimétricos. Com o interesse de atender a essa necessidade, este trabalho busca tratar dados de irradiância solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica, medidos na estação meteorológica da EMC/UFG com

intervalos de amostragem de um minuto no período de agosto de 2015 a julho de 2017.

## 2 | ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica surge da conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Isso ocorre devido à interação da radiação luminosa (fótons) na estrutura atômica de determinados materiais semicondutores que ao absorverem radiação solar produzem pares de portadores elétron-lacunas, denominado efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico na região de cargas espaciais da junção semicondutora de materiais PN é denominado efeito fotovoltaico e é o princípio de funcionamento das células solares ou células fotovoltaicas.

A eficiência energética das células fotovoltaicas vem aumentando ao longo dos anos de seu desenvolvimento tecnológico.

Atualmente encontram-se células fotovoltaicas com rendimento em ambiente de laboratório superior a 20%, havendo inclusive células fotovoltaicas com tecnologia de heterojunção associada à concentração solar por lentes com rendimento energético em laboratório de até 34% (VALLÊRA E BRITO, 2006).

A eficiência energética das células fotovoltaicas não depende somente de fatores intrínsecos tais como pureza do material, métodos de fabricação, mas também de fatores externos como chuva, sombreamento provocado por nuvens ou árvores, poeira, umidade relativa do ar, temperatura ambiente, velocidade do vento, poluentes dispersos no ar, entre outros fatores externos. Os fatores climáticos não são controláveis, embora relativamente previsíveis, e tornam necessária a determinação adequada dos fatores climáticos a fim de realizar projetos confiáveis.

### 2.1 Radiação solar

A radiação solar é uma forma de transferência de energia advinda do sol, por meio da propagação de ondas eletromagnéticas (ABNT, 2013). Assim sendo, a irradiância solar é a quantidade de energia solar que incide sobre uma superfície por unidade de área desta superfície e é medida em watts por metro quadrado ( $W/m^2$ ). Já a grandeza irradiação solar é a irradiância solar integrada durante um intervalo de tempo, geralmente dado em horas e é medida em watts vezes hora por metro quadrado ( $Wh/m^2$ ).

A energia incidente sobre a superfície terrestre depende de condições atmosféricas, como também da latitude local, bem como do horário e da estação do ano. A Figura 1 ilustra de forma simplificada a interação da radiação solar com a atmosfera.

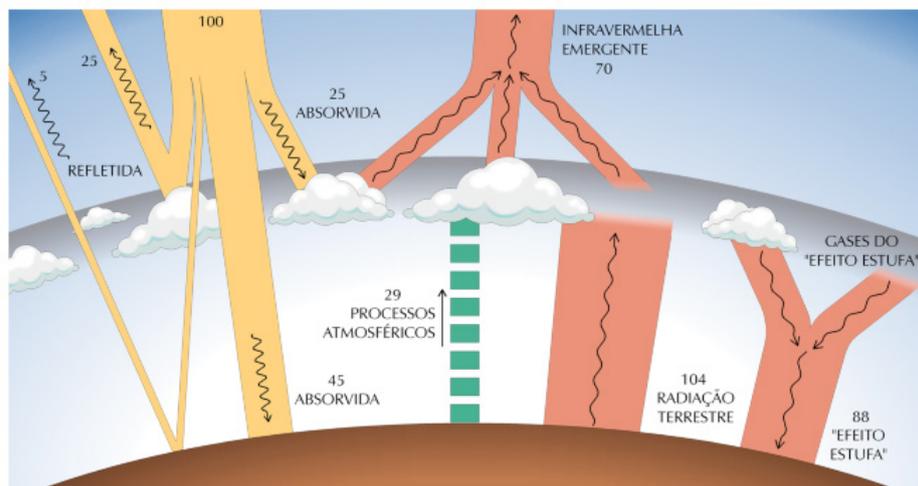


Figura 1- Imagem esquemática da fração de radiação solar em diversos processos de interação com constituintes atmosféricos.

Fonte: (PEREIRA, 2017).

Observa-se então que a atmosfera terrestre age como um filtro que bloqueia e dispersa parte da irradiância solar incidente. Assim, a irradiância total, ou potência radiante solar total, é a junção de três componentes, a irradiância direta, difusa e de albedo. A irradiância direta é a irradiância solar que incide diretamente na superfície, sem sofrer reflexões. A irradiância difusa é a potência solar proveniente de reflexões provocadas pela atmosfera. Há também o albedo, que é a reflexão solar provocada pelo ambiente tais como solo, vegetação, edificações e outros. De acordo com Pinho e Galdino (2014), em um dia totalmente sem nuvens no mínimo 20% da irradiância que incide sobre uma superfície de captação é difusa, enquanto que em um dia totalmente nublado 100% da irradiação que incide sobre uma superfície de captação é difusa.

### 3 | METODOLOGIA

#### 3.1 Estação Meteorológica – EMC/UFG

Os dados utilizados nesse estudo foram medidos na estação meteorológica instalada na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), a uma latitude de 16,68° Sul e uma longitude de 49,24° Oeste. A estação está instalada sobre o telhado do Bloco B da EMC, no Campus Colemar Natal e Silva da Universidade Federal de Goiás (UFG) possui instrumento para registrar irradiância solar global ( $W/m^2$ ) no plano horizontal, temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ), velocidade do vento (m/s), direção do vento ( $^{\circ}$ ), índice de precipitação pluviométrico (mm), umidade relativa do ar (%) e pressão atmosférica (mBar), amostrados e registrados em períodos de 1 (um) minuto e disponibilizados para o público por este grupo de estudos da EMC/UFG através da página <http://sites.google.com/site/sfvemcufg> na internet desde julho do ano de 2015.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as especificações técnicas dos instrumentos instalados na estação meteorológica da EMC/UFG ilustrada na Figura 2.

<b>Marca / Modelo</b>	Hukseflux – LP02	<b>Faixa de medição</b>	0 a 2000 W/m <sup>2</sup>
<b>Grandeza medida</b>	Radiação Solar	<b>Classificação ISO</b>	Segunda Classe
<b>Faixa espectral</b>	285 nm – 3000 nm	<b>Sensibilidade (nominal)</b>	15μV / (W/m <sup>2</sup> )
<b>Grau de incerteza</b>	Verão: 6,2%; Inverno: 9,9%		

Tabela 1 – Especificações técnicas: piranômetro

Grandeza	Marca / Modelo	Resolução	Precisão
Temperatura	Campbell - CS215	0,01 °C	± 0,4 °C (5 a 40 °C)
Umidade Relativa do ar		0,03 %	± 4 % (0% a 100%)
Precipitação Pluviométrica	Texas Electronics -TR25I	0,2 mm	1 % até 50 mm/hr
Velocidade do Vento	R M Young – 03002-5	-	± 0,5 m/s

Tabela 2 – Especificações técnicas dos demais instrumentos



Figura 2- Estação meteorológica da EMC/UFG (lat.: - 16,68° e long.: - 49,24°).

### 3.2 Tratamento e análise dos dados

Os dados de irradiância solar, assim como também os de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e velocidade do vento foram coletados via internet (<http://sites.google.com/site/sfvmcufg>). A Figura 3 apresenta a distribuição dos dados disponibilizados.

Instante do medido	Registro	Velocidade do vento	Direção do vento	Temp. Ambiente	Umidade Relat. do Ar	Índice Pluviométrico	Irradiância Solar	Press. Atmosf.
Measurement Time	RECORD	Wind Speed	Wind Direction	Air Temperature	Relative Humidity	Precipitation	Solar Irradiance	Atm. Pressur
mm/dd/aa hh:mm	#	m/s	° (0=North, CW)	°C	%	mm	W/m² - Global	mBar
01/05/2017 00:00	743852	0.4083333	72.63	21.44	79.32	0	2.834926	941.43
01/05/2017 00:01	743853	0.5583333	131.53	21.4	79.57	0	2.902119	941.47
01/05/2017 00:02	743854	0.3083334	82.78	21.39	79.65	0	2.905319	941.56
01/05/2017 00:03	743855	0.75	100.34	21.36	79.65	0	2.906919	941.33
01/05/2017 00:04	743856	0.7666667	109.26	21.37	79.76	0	2.90052	941.43
01/05/2017 00:05	743857	0.225	68.7	21.35	79.78	0	2.778931	941.49
01/05/2017 00:06	743858	0.3958333	76.15	21.33	79.92	0	2.924517	941.39
01/05/2017 00:07	743859	0.3708333	111.23	21.32	79.95	0	2.79173	941.58

Figura 3 – Dados disponibilizados pela estação meteorológica

Após coleta dos dados, cada variável foi analisada separadamente, desta forma alocaram-se os dados em planilhas distintas no Excel, por variável e por mês, para o tratamento e análise. Considerou-se um período de amostragem de dois anos, envolvendo os meses de agosto de 2015 a julho de 2016 para o primeiro ano e agosto de 2016 a julho de 2017 para o segundo ano.

A fim de se produzirem curvas de dias médios teóricos típicos mensais de irradiância, calculou-se a média de irradiância solar instantânea por minuto de cada mês, com a metodologia mostrada na Eq. (1).

$$G_{mi} = \frac{\sum_{d=1}^n G_d}{n} \quad (1)$$

sendo  $G_{mi}$  é a irradiância média mensal instantânea (no instante 00:00, 00:01, 00:02...),  $G_d$  é a irradiância solar do instante para aquele dia em questão,  $n$  é a quantidade de dias do mês analisado. As curvas do dia médio teórico típico anual para os dois anos de medição foram calculadas a partir dos valores dos dias teóricos médios mensais por minuto de irradiância solar.

As irradiações médias diárias teóricas de cada mês foram calculadas a partir do método de integração numérica da curva de irradiância em watts por metro quadrado, a partir da aproximação da integral pela soma das irradiâncias instantâneas dos 1440 minutos que há em um dia, conforme Bomfim e Santos (2017) apresentam. A Eq. 2 ilustra esse método.

$$H = \int_a^b G(x) dx = \sum_{i=0}^n G_{mi} * \Delta x \quad (2)$$

onde  $G_{mi}$  é a irradiância média mensal instantânea encontrada pela Eq. (1),  $\Delta x$  é a variação do tempo, ou seja, um minuto. Uma vez conhecida a área sob a curva, tem-se a irradiação diária do período em questão. Assim produziram-se histogramas com apresentação da irradiação solar diária média mensal, bem como também a média global do mês em estudo para todos os meses analisados.

Os dados de temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar, seguem

a mesma metodologia aplicada à irradiância solar, utilizando então a Equação 1. Portanto, calcula-se a média instantânea por minuto de cada mês para estas grandezas, permitindo a construção das curvas de dias médios mensais de temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar, para o período de medição.

O índice de precipitação pluviométrica foi calculado através da soma de todos os valores diários de precipitação. O índice é calculado em milímetros sendo que cada milímetro equivale a um litro de água por metro quadrado de superfície. Assim, produziram-se histogramas com o índice de precipitação pluviométrica média diária para cada mês e determinou-se também a respectiva média mensal. Foram também produzidos histogramas com o índice de precipitação pluviométrica total de cada mês do período.

Por fim, produziram-se gráficos relacionando os fatores climáticos analisados com o intuito de verificar se existe relação entre duas ou mais variáveis que interferem no desempenho de um sistema fotovoltaico. Com a finalidade de fundamentar essa relação utiliza-se da correlação estatística, Montgomery e Runger (2015) afirma que a correlação é uma medida de associação do grau de relacionamento entre duas variáveis, ela é calculada a partir da Eq. (2).

$$r = \frac{cov(x,y)}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Produziram-se curvas de dias médios para todos os meses e do dia médio anual, para os dois anos analisados, agosto de 2015 a julho de 2016, e também agosto de 2016 a julho de 2017, bem como a curva com o dia médio para todo o período registrado. Foram também agrupados os meses semelhantes com a finalidade de observar a diferença do mesmo mês para diferentes anos.

Após cálculo de irradiação diária, produziram-se histogramas com apresentação da irradiação solar diária e sua respectiva média mensal para cada mês analisado. A Tabela 3 apresenta a irradiação média mensal para o período.

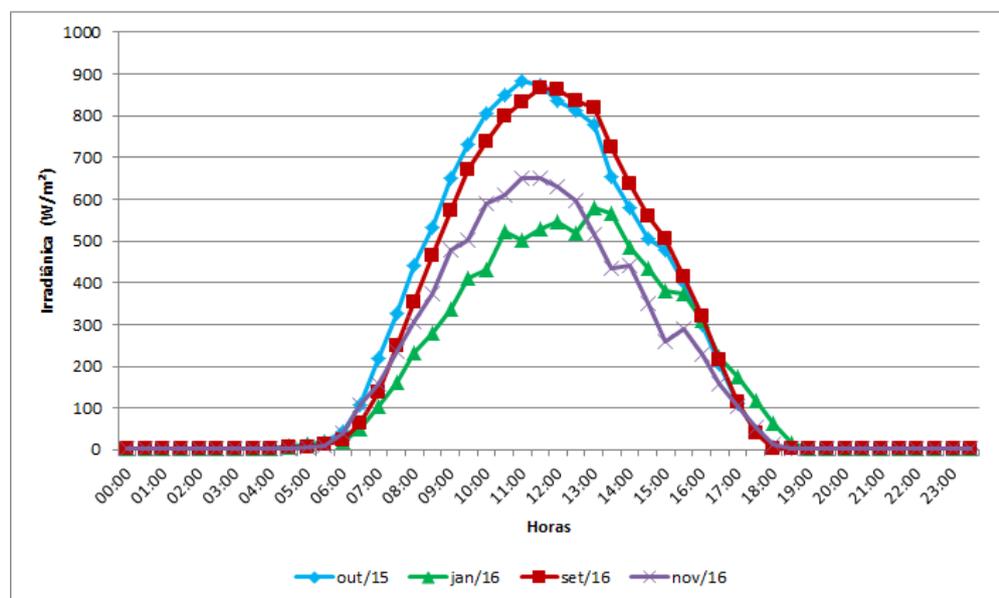
Meses	Irradiação (kwh/m <sup>2</sup> )	Meses	Irradiação (kwh/m <sup>2</sup> )
Agosto/15	5,71	Agosto/16	5,23
Setembro/15	5,42	Setembro/16	5,95
Outubro/15	5,86	Outubro/16	5,73
Novembro/15	5,47	Novembro/16	4,52
Dezembro/15	5,43	Dezembro/16	5,58
Janeiro/16	4,11	Janeiro/17	5,57
Fevereiro/16	5,65	Fevereiro/17	5,13

Março/16	4,99	Março/17	5,10
Abril/16	5,56	Abril/17	4,97
Mai/16	4,75	Mai/17	4,86
Junho/16	4,76	Junho/17	4,75
Julho/16	5,16	Julho/17	5,32

**Tabela 3** – Irradiação média mensal em kWh/m<sup>2</sup>

Observa-se que para o ano de agosto de 2015 a julho de 2016 os meses que apresentaram maior e menor irradiação foram outubro e janeiro, respectivamente. No entanto, para o ano de agosto de 2016 a julho de 2017, os meses que apresentaram maior e menor irradiação foram setembro e novembro, respectivamente.

Desta forma, a Figura 4 apresenta as curvas do dia médio mensal de irradiação solar para os meses que obtiveram os melhores e os piores índices de irradiação solar apresentados na Tabela 3 acima.



**Figura 4** – Curvas do dia médio mensal de irradiação para os melhores e os piores meses analisados.

Nota-se que o desempenho das curvas para outubro de 2015 e setembro de 2016 foram próximos, mesmo se tratando de anos diferentes. Observa-se que as curvas de janeiro de 2016 e novembro de 2016 foram bem instáveis mesmo se tratando de curvas de irradiação solar média mensal, isso se justifica pelas intensas variações climáticas destes meses, que apresentam dias chuvosos ou ensolarados.

A Figura 5 apresenta uma comparação entre três curvas de dias médios mensais e anual de irradiação solar para o período em estudo.

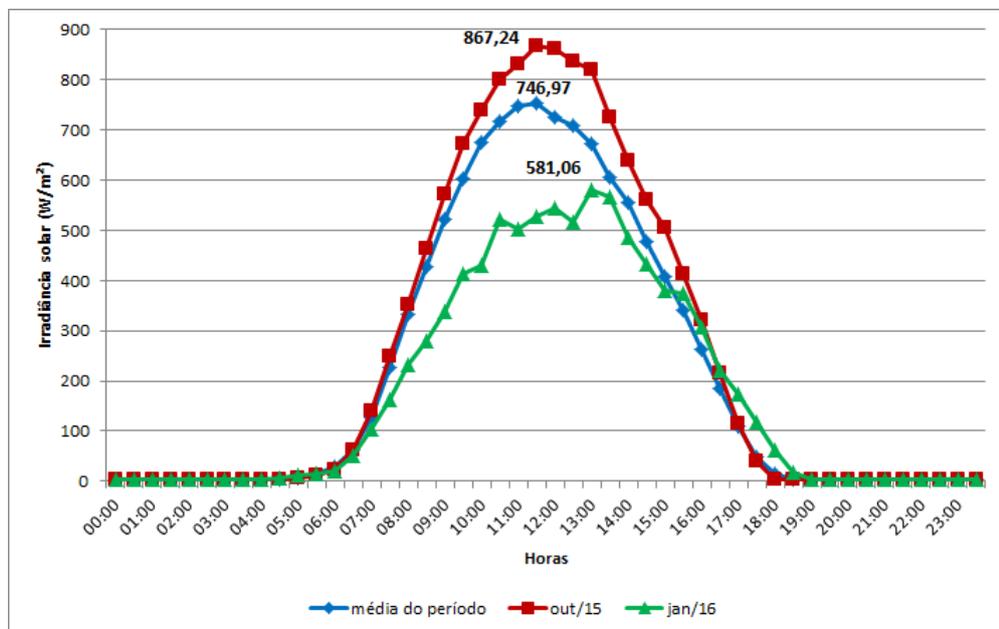
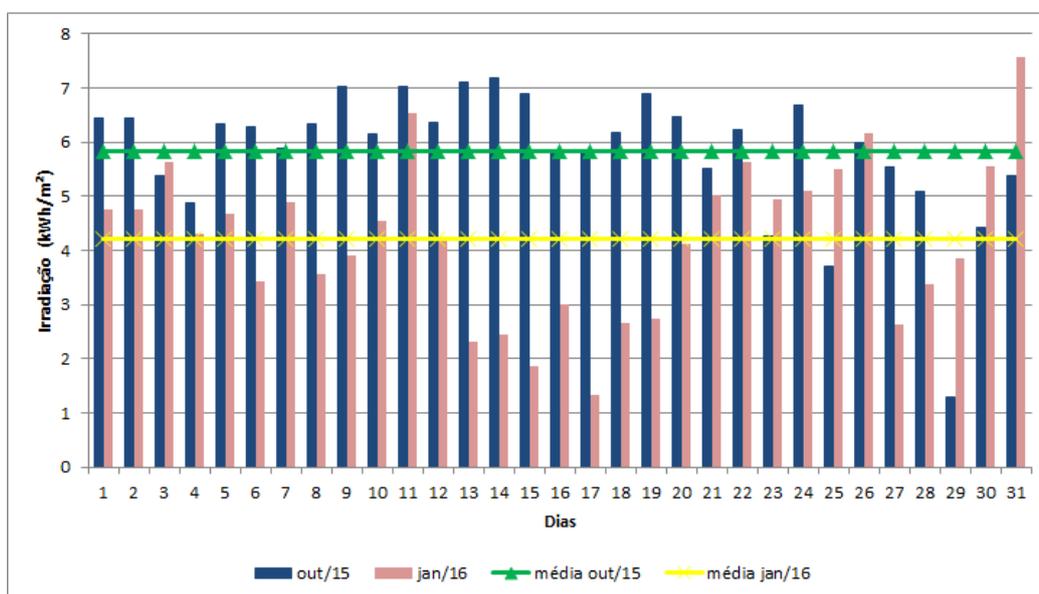


Figura 5 - Comparação entre curvas do dia médio de irradiância solar.

O critério adotado para selecionar os meses utilizados na Figura 5 foi aquele que obteve maior e menor pico de irradiância solar dentre os meses analisados. Sendo assim, observa-se que a curva que possui maior irradiância solar equivale ao mês de outubro de 2015, na qual tem um pico de irradiância por volta das 12 (doze) horas, com valor de 867,24 W/m<sup>2</sup>. A curva do meio representa o dia médio dos dois anos analisados, este possui um pico de irradiância por volta 12 (doze) horas, com valor de 756,97 W/m<sup>2</sup>. A curva que possui menor irradiância solar equivale ao mês de janeiro de 2016, que possui um pico de irradiância solar por volta das 13 horas e 30 minutos aproximadamente, com valor de 581,06 W/m<sup>2</sup>.

Para os meses analisados acima se produziram também os histogramas de irradiação solar média diária e sua respectiva média mensal. A Figura 6 apresenta este histograma.

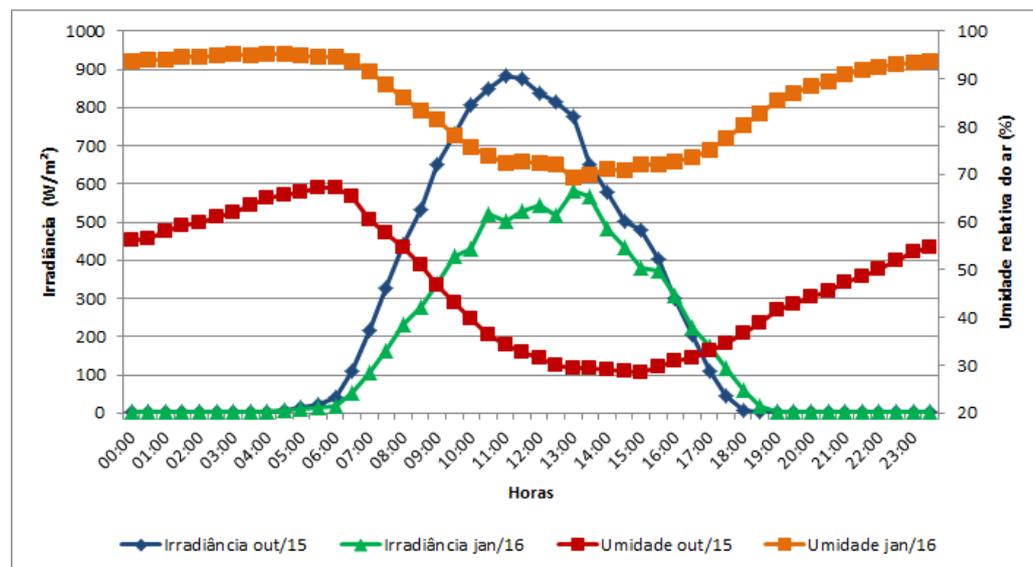


**Figura 6** - Irradiação diária para outubro de 2015 e janeiro de 2016 com suas respectivas médias mensais.

O mês de janeiro em Goiânia é marcado por chuvas frequentes, localizadas em dias de sol com nuvens, característica do verão local, o que corrobora com os índices de irradiação solar diários de janeiro do ano de 2016, apresentados na Figura 6, tendo apresentado a menor média mensal. Por outro lado, o mês de outubro encontra-se entre o final do inverno e início de primavera, o qual é marcado por bastante sol, o que justifica os resultados encontrados para os maiores índices de irradiação solar diária da figura acima para o mês de outubro do ano de 2015.

Com a finalidade de relacionar alguns outros fatores climáticos que influenciam no desempenho dos painéis fotovoltaicos com a incidência de radiação solar, em Goiânia, seguem-se algumas relações realizadas entre os fatores climáticos analisados.

De acordo com Cantor (2017), a umidade relativa do ar está relacionada com a quantidade de água dispersa como suspensão na atmosfera. Quando a radiação solar atinge uma gota de água no ar, esta pode sofrer reflexão, refração ou difração, desta forma a quantidade de radiação direta que atinge uma superfície será menor no período seco (baixa umidade relativa do ar). Deste modo, a Figura 7 relaciona a irradiação solar ( $W/m^2$ ) com a umidade relativa do ar (%) para os meses de janeiro de 2016 e outubro de 2015.

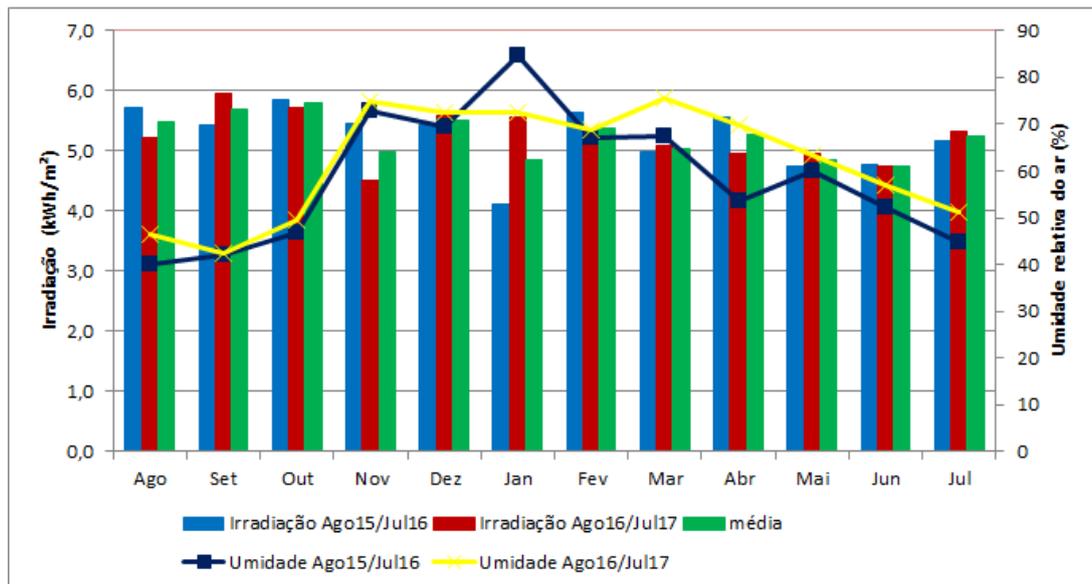


**Figura 7** - Irradiância solar ( $W/m^2$ ) e umidade relativa do ar (%) para os meses de outubro de 2015 e janeiro de 2016.

A Figura 7 demonstra então que o aumento da umidade reduz a irradiação, consequentemente a potência de saída do sistema fotovoltaico. Observa-se que o mês de outubro possui uma curva de irradiação elevada, em contrapartida a umidade relativa do ar atingiu até 30% no período de maior irradiação. Já o mês de janeiro possui uma curva de irradiação menor, no entanto a umidade relativa do ar foi elevada durante todo o dia típico para este mês. A Figura 8 apresenta uma comparação entre

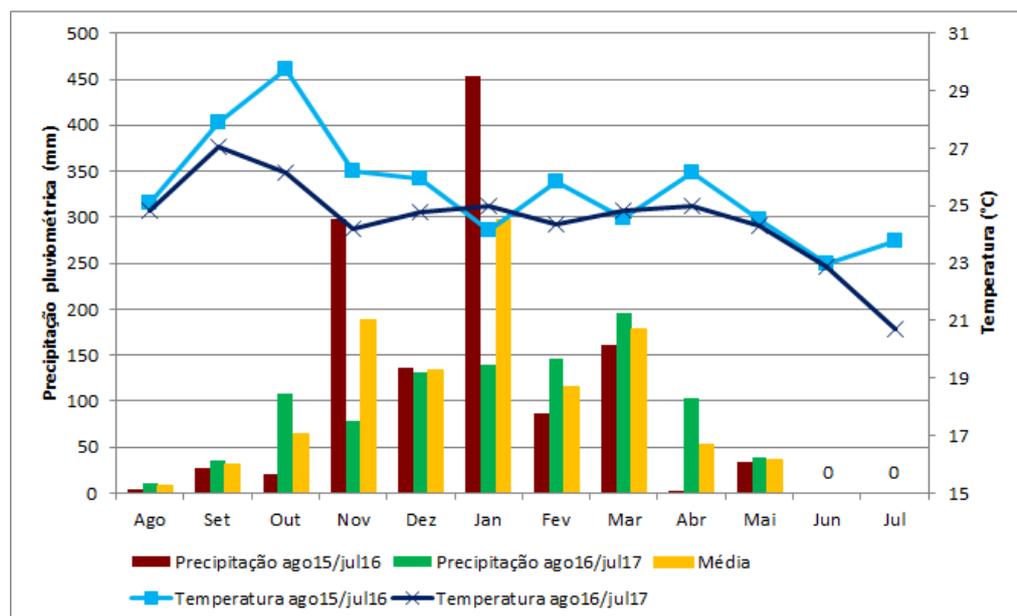
a irradiação média mensal (kWh/m<sup>2</sup>) com a umidade relativa do ar média (%).

A Figura 8 indica que os meses de agosto, setembro e outubro apresentaram índices de umidade relativa do ar inferiores aos demais, de outro modo a irradiação foi superior. Além disso, o mês de janeiro exibe uma grande diferença entre os dois anos analisados tanto para irradiação como para a umidade relativa do ar, indicando a variação climática local ao longo dos anos, havendo verões mais chuvosos com temperaturas mais amenas e verões menos chuvosos com temperaturas mais elevadas.



**Figura 8** - Irradiação solar média mensal e umidade relativa do ar média mensal para os meses de agosto de 2015 a julho de 2017.

A Figura 9 ilustra os resultados da precipitação pluviométrica total (mm) e a temperatura média (°C) por mês.

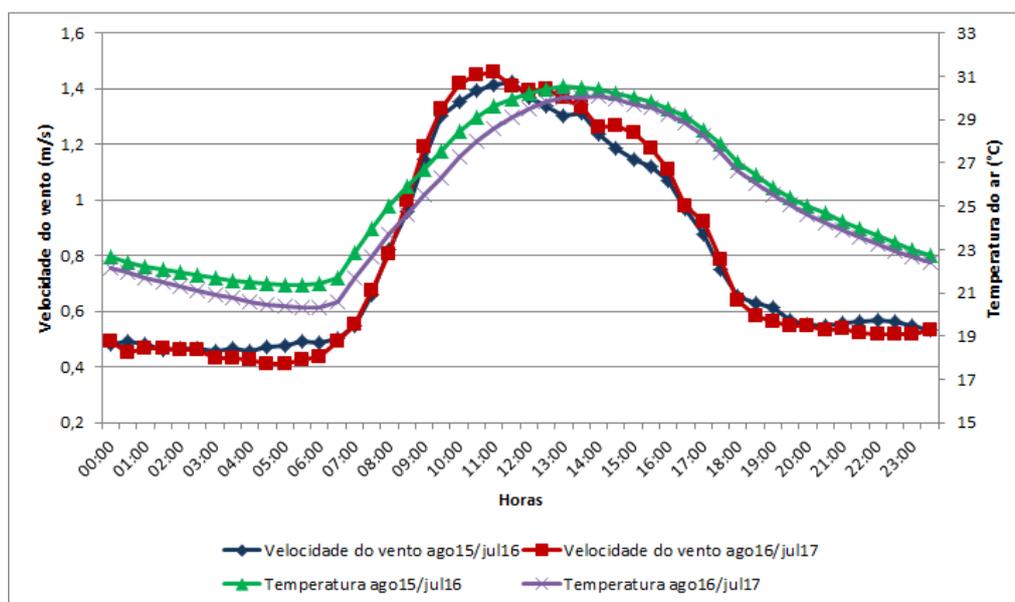


**Figura 9** – Precipitação total mensal e temperatura média mensal para o período de agosto de 2015 a julho de 2017.

Observa-se que a temperatura média mensal varia em torno de nove graus durante o ano. Os meses de junho e julho apresentam as temperaturas mais baixas do ano, tempo seco e escassez de chuvas.

Outra variável climática que interfere no desempenho do sistema fotovoltaico é o vento. Este atua em processos de troca de calor com o ambiente, consequentemente reduzindo a temperatura de módulos fotovoltaicos. Quanto maior for a velocidade do vento, maior será a troca de calor por convecção na superfície de um módulo. Segundo TamizhMani (2003), a temperatura do módulo pode ser reduzida cerca de  $1,45^{\circ}\text{C}$  por cada m/s de velocidade do vento.

Assim a Figura 10 apresenta a velocidade do vento e a temperatura do ar. Pode-se observar que os índices de velocidade do vento do período de agosto de 2016 a julho de 2017 foram maiores e como consequência os índices de temperatura ao longo do dia foram inferiores ao período de agosto de 2015 a julho de 2016.



**Figura 10** – Velocidade do vento em m/s: dia médio anual para os períodos de agosto de 2015 a julho de 2016 e agosto de 2016 a julho de 2017.

Todo o tratamento e análise de dados, com suas respectivas curvas e histogramas estão disponibilizados através da página <https://sites.google.com/site/tratamentoeanalisededados/home> na internet.

#### 4.1 Validação dos resultados encontrados

A fim de se validar as comparações realizadas entre os dados observados associados aos gráficos mostrados neste trabalho seguem-se os índices de correlação calculados e alguns diagramas de dispersão. A Tabela 4 apresenta a correlação das variáveis com dados do dia médio anual, ou seja, uma análise ao longo de um dia típico do ano.

<b>Correlação</b>	Irradiância (W/m <sup>2</sup> )	Velocidade do vento (m/s)
Temperatura (°C)	0,7738	0,8981
Umidade relativa do ar (%)	-0,7220	-0,8603

**Tabela 4** – Correlação: dia médio anual

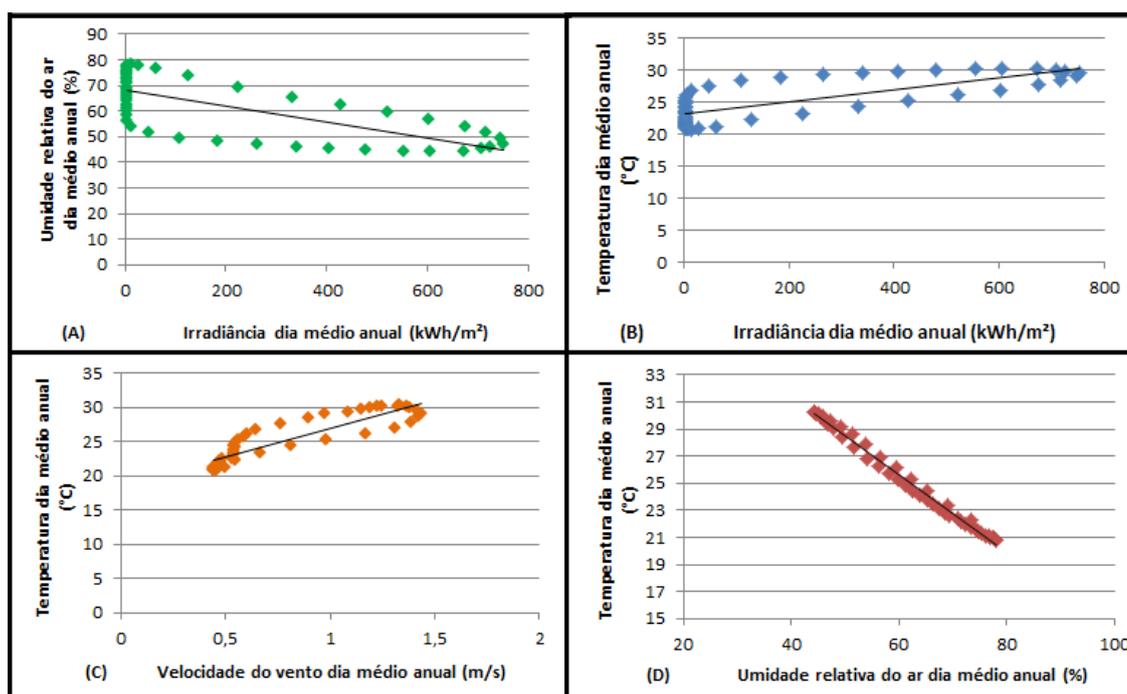
Por outro lado a Tabela 5 apresenta índices de correlação calculados através das médias mensais das variáveis.

<b>Correlação</b>	Irradiação (kWh/m <sup>2</sup> )
Temperatura (°C)	0,577901303
Precipitação pluviométrica (mm)	-0,331035996

**Tabela 5** – Correlação: média mensal

Segundo Cohen (1988), citado por Figueiredo Filho e Júnior (2009), valores entre 0,10 a 0,29 podem ser considerados como pequenos; de 0,30 a 0,49 podem ser considerados como médios, e valores entre 0,50 e 1,0 podem ser interpretados como grandes dependências estatísticas lineares entre as variáveis. Assim percebe-se que para a análise do dia típico anual todas variáveis tem grande relação estatística. Por outro lado, na Tabela 5 a precipitação pluviométrica apresenta uma média dependência, o que pode ser justificado pela grande variabilidade climática do local.

Para a construção dos diagramas de dispersão considerou-se o dia médio anual para cada variável analisada. A Figura 12 apresenta estes diagramas.



**Figura 12** – Diagramas de dispersão associando algumas variáveis analisadas.

## 5 | CONCLUSÕES

Apesar da relevância do assunto, os resultados obtidos constituem apenas uma etapa inicial da análise de dados da Estação Solarimétrica da EMC/UFG. Tendo em vista os resultados expostos, conclui-se que há variação climática com potencial para exercer significativa influência sobre o desempenho de sistemas fotovoltaicos. A irradiação, irradiância, temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e velocidade do vento variaram de modo simultâneo e interrelacionado. O melhor desempenho do sistema seria potencialmente atingido sob condições de maior irradiância solar, menor precipitação pluviométrica, menor temperatura, maior velocidade do vento e menor umidade relativa do ar.

No local de coleta dos dados analisados, observou-se que quanto maior for à umidade relativa do ar, menores serão o índice de claridade e a irradiância direta sobre a superfície de captação, acarretando redução da produtividade do sistema. Ademais, o aumento da umidade no ar produz maior precipitação pluviométrica e reduz a irradiância direta.

A velocidade do vento acarreta deslocamento de massas de ar e redução da umidade relativa. Por outro lado, o vento favorece a redução na temperatura dos módulos fotovoltaicos através da troca de calor, elevando a produtividade.

Por fim, a análise indicou uma irradiação solar global média diária de 5,24 kWh/m<sup>2</sup>, equivalente a um período diário médio de aproximadamente 5,24 horas de sol pleno (HSP) ao logo do período avaliado na estação meteorológica da EMC/UFG em Goiânia-GO, Brasil.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado para Jéssica A. A. da Silva. Este trabalho foi desenvolvido através do Projeto de P&D ANEEL número PD-3033-002/2014 financiado pelas Empresas: Espora Energética S/A; Transenergia Renovável S/A (TER), Transenergia São Paulo S/A (TSP) e Caldas Novas Transmissão (CNT).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 2013. 11 p.

BONFIM, H. V.; SANTOS, S. F. D. **Utilização de Conceitos de Cálculo para Verificação da Eficiência de uma Placa Solar**. Revista de Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2017.

CANTOR, G. A. R. **Influência dos Fatores Climáticos no Desempenho de Módulos Fotovoltaicos em Regiões de Clima Tropical**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Energias Renováveis. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)**. Revista Política Hoje, Pernambuco, v. 18, n. 1, 2009.

HUKSEFLUX, Thermal Sensors. **User Manual LP02: Second class pyranometer**. Disponível em: <[https://www.hukseflux.com/sites/default/files/product\\_manual/LP02\\_manual\\_v1606.pdf](https://www.hukseflux.com/sites/default/files/product_manual/LP02_manual_v1606.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2017.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 5<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 522p.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2<sup>a</sup> ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530 p.

POLIZEL, L. H.; PELEGRINI, M. A. **Espaço e Entraves Regulatórios da Inserção de Geração Distribuída no Sistema Elétrico Brasileiro**. Congresso Brasileiro de Regulação. Recife. 2007.

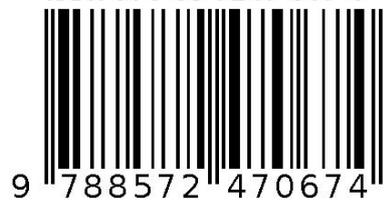
TAMIZHMANI, G. Et al. **Photovoltaic module thermal/Wind performance: Long – Term Monitoring and Model Development Fot Energy Rating**. Arizona State University East, Photovoltaic Testing Laboratory, NCPV and Solar Program Review Meeting. Meza, Arizona. 2003.

VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. **Meio Século de História Fotovoltaica**. 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

## **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