

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 CUINSE 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> Francisco Wilson Falcão Júnior Paulo Cesar Marques de Carvalho Wilson Cabral de Sousa Júnior 	
DOI 10.22533/at.ed.67419220128	
SOBRE O ORGANIZADOR	390

METODOLOGIA COMPUTACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS DE IRRADIÂNCIA SOLAR

Marcus Vinícius Contes Calça

Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP
Botucatu - São Paulo

Matheus Rodrigues Raniero

Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP
Botucatu - São Paulo

Alexandre Dal Pai

Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP
Botucatu - São Paulo

Carlos Roberto Pereira Padovani

Faculdade de Tecnologia de Botucatu
Botucatu - São Paulo

Domingos Mario Zeca Fernando

Universidade Pedagógica de Moçambique
Manica - Moçambique

RESUMO: O correto dimensionamento de dados medidos permite que órgãos públicos, entidades acadêmicas e organizações não-governamentais planejem e gerenciem, de forma mais adequada, recursos energéticos renováveis. Correlacionando, inclusive, informações de energia solar em estudos de conversão de energia térmica, fotovoltaica e de biomassa, e em experimentos sobre a influência dos raios solares em cultivos de agrícolas. O objetivo do experimento foi desenvolver uma metodologia computacional de controle de qualidade de dados medidos de irradiância solar global, difusa e direta em superfície horizontal.

Os dados foram obtidos pela Estação de Radiometria Solar da FCA - UNESP de Botucatu, em uma amostra de janeiro a dezembro de 2008 com resolução temporal de 5 minutos. O procedimento foi desenvolvido com base em uma sequência de filtros computacionais de testes físicos e lógicos produzidos por meio da linguagem de consulta estruturada (SQL) com aplicação no SGBD MySQL. Observou-se que a irradiância global horizontal obteve a maior taxa de reprovação de suas medidas, enquanto que, a irradiância difusa e direta horizontal obtiveram taxas de reprovação estatisticamente similares. A metodologia foi capaz de identificar medidas espúrias, porém, análises estatísticas em gráficos desenhados a partir dos pontos medidos podem colaborar significativamente para resultados mais completos.

PALAVRAS-CHAVE: irradiância solar, radiação solar medida, filtragem de dados.

ABSTRACT: The correct measurement of data allows public bodies, academic entities and non-governmental organizations to plan and manage, more appropriately, renewable energy resources. Correlating, also, information of solar energy in studies of conversion of thermal, photovoltaic and biomass energy, and in experiments on the influence of solar rays in agricultural crops. The objective of the experiment was to develop a computational methodology for the quality

control of measured data of global, diffuse and direct solar irradiance on the horizontal surface. The data were obtained by the Solar Radiometry Station of the FCA - UNESP of Botucatu, in a period from January to December 2008 with a 5-min resolution. The procedure was developed based on a sequence of computational filters of physical and logical tests produced using the structured query language (SQL) with application in the MySQL DBMS. It was observed that the global horizontal irradiance obtained the highest reprobation rate of its measurements, whereas diffuse and direct horizontal irradiance obtained statistically similar reproduction rates. The methodology was able to identify spurious measures, however, statistical analyzes in graphs drawn from the measured points can collaborate significantly for more complete results.

KEYWORDS: solar irradiance, measured solar radiation, data filtering.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda, carência de oferta, e restrições socioeconômicas, são indicativos de que recursos energéticos alternativos sejam mais explorados no Brasil. A evolução da tecnologia neste setor resultou em diversos avanços no decorrer dos anos, por meio de estudos sobre a geração, transmissão e distribuição final de energia. Conjuntos de dados devidamente estruturados podem ser interpretados por órgãos públicos, entidades acadêmicas e organizações não-governamentais, no sentido de apoiar o planejamento e a gestão de recursos renováveis, nas diferentes regiões brasileiras. Além de possuir importância fundamental em áreas como arquitetura, agricultura, engenharia e biologia (ANEEL, 2005; MUNEER *et al.*, 2007).

A perspectiva coloca em evidência a importância de conjuntos de dados de qualidade, pois servem de subsídio em diversas aplicações da energia solar. No entanto o caminho percorrido até a obtenção de um conjunto de dados consistente, contém diversos impasses. Existem duas grandes categorias de problemas em dados medidos de irradiância solar, os erros oriundos dos equipamentos e os erros advindos das atividades de manutenção. As causas mais comuns para erros de equipamentos são o desalinhamento do anel de sombreamento da irradiância difusa, nivelamento incorreto dos sensores, excremento de pássaros sobre a cúpula do instrumento, campos elétricos na proximidade dos cabos, e o mais recorrente, apagões no sistema de fornecimento de energia. Já os erros causados por atividades de manutenção são ocasionados por atividades repetitivas de processamento de dados e por pouco domínio de conhecimento do perfil de irradiância incidente na localidade (MUNEER *et al.*, 2007; PASHIARDS; KALOGIROU, 2016).

O controle de qualidade em dados de irradiância solar é uma atividade de grande importância na área da climatologia, onde é responsável, principalmente, por identificar falhas e corrigi-las. Qualificando-se, portanto, como um excelente procedimento para filtragem de dados espúrios e obtenção de dados consistentes. Muitos dos

procedimentos da literatura apresentam filtros de controle de qualidade da irradiância solar global, difusa e direta em superfície horizontal, que se baseiam na relação física entre elas, delimitando valores máximos e mínimos, de acordo com a localidade da estação de coleta dos dados. Outro procedimento bastante utilizado é a análise gráfica de uma determinada série temporal de irradiâncias, que na maioria dos casos é feita após a aplicação dos filtros físicos (MUNEER *et al.*, 2007; MORENO-TEJERA *et al.*, 2015; PASHIARD; KALOGIROU, 2016; IL SUNG-ZO *et al.*, 2017).

Este estudo propôs a aplicação de um procedimento computacional para o controle de qualidade de dados medidos da irradiância solar, baseado em uma série sequencial de testes físicos e lógicos de filtragem de medidas. Os filtros foram produzidos por meio de algoritmos pela linguagem de consulta estruturada SQL, e foram executados a partir da tecnologia de gerenciamento de banco de dados MySQL. A proposta foi aplicada nas irradiâncias global, difusa e direta em superfícies horizontais, visto que são as mais comuns em estações solarimétricas e meteorológicas.

Na seção 2 será descrita a metodologia de implementação do experimento, onde na seção 2.1 são apresentadas informações a respeito da estação e instrumentação de coleta dos dados, na seção 2.2 é descrita as particularidades da amostra de irradiâncias solares utilizada, junto de uma breve descrição das ferramentas e tecnologias computacionais de automatização dos filtros, e na seção 2.3 é feito um detalhamento a respeito do processo de controle de qualidade. Na seção 3 são apresentados os resultados do experimento (amostra do ano de 2008). Por fim na seção 4 os autores relatam suas conclusões sobre o procedimento.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ESTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

A Estação de Radiometria Solar (latitude 22,85° sul, longitude 48,45° oeste e 786 metros de altitude) está inserida no ambiente rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP de Botucatu, e exerce atividades de monitoramento da radiação solar desde a década de 90. As medidas são armazenadas em arquivos no padrão ASCII e CSV e processadas posteriormente por meio de programas de computadores desenvolvidos para tais especificidades.

A irradiância global horizontal foi medida por um piranômetro Eppley - PSP, a direta em incidência normal por um pireliômetro Eppley - NIP equipado com um dispositivo Eppley - ST 3 de rastreamento solar, e a difusa horizontal também por um piranômetro Eppley - PSP equipado com um anel de sombreamento MEO, e corrigida a partir dos fatores criados por Dal Pai *et al.* (2016). As medidas foram gerenciadas pelo sistema de aquisição de dados CR23X da Campbell Scientific.

2.2 BANCO DE DADOS

O controle de qualidade foi criado para ser aplicado no banco de dados com resolução temporal de 5 minutos (5-min), também conhecido como série instantânea, ou dados brutos, na unidade de W/m^2 . As medidas foram coletadas a cada 5 segundos a partir de uma rotina de varredura no CR23X, e após a concretização de 60 leituras uma média é feita e registrada para aquele período totalizando 288 médias de 5 minutos para cada dia do ano. Semanalmente os dados foram descarregados em um servidor local (PC) por meio de um módulo I/O (entrada e saída de dados) de interface USB/Serial.

O banco de dados compunha uma amostra com medidas da irradiância global horizontal (I_g), difusa horizontal (I_d), e direta horizontal (I_b). As medidas originais da irradiância direta foram realizadas a partir da incidência solar, portanto, para se chegar a irradiância direta simulada no plano horizontal as medidas tiveram de ser multiplicadas pelo cosseno do ângulo zenital para cada instante do dia. As três componentes foram selecionadas pois são as mais comuns em estações meteorológicas e solarimétricas ao redor do mundo, nesse sentido, espera-se maiores aplicações envolvendo-as. A amostra continha dados de janeiro a dezembro do ano de 2008 e compreendia um total de 103.643 registros incluindo o período noturno.

Os dados foram manipulados por meio da tecnologia de gerenciamento de banco de dados MySQL (Oracle Corporation) em sua versão 5.7 SE - *Standard Edition*. O MySQL SE é um programa computacional do tipo SGBD - Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados *open source* que possibilita o acesso, organização e manipulação de dados a partir de entidades e relacionamentos. As entidades são tabelas estruturadas por linhas e colunas, de forma similar as planilhas eletrônicas do Microsoft Excel®, e são interconectadas a partir de relacionamentos. A maior vantagem ao utilizar um SGBD como um repositório de dados (estrutura lógica de armazenamento) é a existência de uma linguagem interna, de alto nível, de gerenciamento do conteúdo, neste caso, conhecida como SQL (*structured query language*), ou linguagem de consulta estruturada (TAKAI *et al.*, 2005).

2.3 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade em dados solarimétricos (radiometria solar) é uma atividade laboriosa que envolve uma série de filtros computacionais de aplicação de limites (máximo e mínimo) aceitáveis, dentro dos quais se espera que os dados estejam (JOURNÉE E BERTRAND, 2011). Neste estudo o controle de qualidade foi baseado em algoritmos SQL e implementados com o objetivo de selecionar os dados que estiverem dentro dos limites, conseqüentemente, nenhuma informação será

descartada do banco de dados.

Os filtros aplicaram uma série de testes lógicos nos valores, o que retornou uma resposta *booleana* (aprovado ou reprovado). Neste sentido foram desenvolvidos três filtros sequenciais, que testaram os dados e de acordo com o resultado selecionaram essa informação para compor o conjunto final de dados. Isto é, os algoritmos foram responsáveis por verificar se uma medida estava entre um limite máximo e mínimo, caso estivesse, essa medida estava apta a passar no próximo teste, caso não estivesse, essa medida simplesmente era ignorada, e não selecionada para o próximo teste. No último teste os dados considerados aptos foram convertidos em um arquivo ASCII e disponibilizados para estudos posteriores.

A primeira fase de filtragem foi responsável por identificar e marcar como nulos os valores das irradiâncias global, difusa e direta na horizontal registrados para o período noturno. Nesse caso, o filtro é responsável por selecionar medidas que compreendiam ângulo zenital (Eq. 1) menor que 80° , que representa o período diurno. O filtro permitiu descartar medidas afetadas pelo efeito do cosseno (precisão do instrumento).

$$Z = \arccos(\text{Cos}Z) \quad (1)$$

onde $\text{Cos}Z$ (Eq. 2) é o cosseno do ângulo zenital.

$$\text{Cos}Z = \text{sen } \Phi \text{ sen } \delta + \text{cos } \Phi \text{ cos } \delta \text{ sen } h \quad (2)$$

onde Φ é a latitude do local e δ (Eq. 4) é a declinação solar e h é o ângulo horário instantâneo (Eq. 3).

$$h = (12 - h^*) \cdot 15 \quad (3)$$

onde h^* é a hora do dia.

$$\delta = 23.45 \text{ sen}\left(\frac{360}{365}(\text{DJ}-80)\right) \quad (4)$$

onde DJ é o dia juliano que representa os dias do ano (dias decorridos de 1 a 365 para anos comuns e de 1 a 366 para anos bissextos).

A segunda fase de filtragem foi desenvolvida baseada na seleção de valores que apresentassem resposta positiva a uma série de comparações lógicas propostas por Dal Pai *et al.* (2016), e implementadas para os dados brutos de estudos do Laboratório de Radiometria Solar da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP de Botucatu e nos estudos de Kudish e Evseev (2008). Foram selecionadas medidas onde a irradiância global horizontal fosse menor do que a irradiância no topo da atmosfera em superfície horizontal e maior que zero, onde a irradiância direta horizontal fosse menor do que a constante solar e maior ou igual a zero, e onde a irradiância difusa

horizontal fosse maior do que 10% da irradiância global horizontal e menor do que a irradiância global horizontal. A irradiância difusa horizontal, antes de ser filtrada, teve de ser corrigida a partir dos fatores de correção do anel de sombreamento MEO, uma vez que, este método de medida causa uma certa subjetividade nos valores medidos (DAL PAI *et al.*, 2016).

A terceira fase de filtragem se baseou na seleção de valores que compreendiam as frações instantâneas da irradiância global ($K_t = I_g/I_o$), difusa ($K_d = I_d/I_g$) e direta ($K_b = I_b/I_g$) em superfície horizontal, onde I_o representa a irradiância no topo da atmosfera em superfície horizontal (Eq. 5). As frações foram calculadas e gravadas em estruturas (*table*) na plataforma MySQL, onde seu resultado deveria compreender um valor entre zero e um. Neste filtro foram selecionadas apenas as medidas em que a fração continha um valor entre o intervalo esperado. Os resultados entre o intervalo proposto representam para K_t a quantidade de irradiância global horizontal, com relação a irradiância no topo da atmosfera no plano horizontal (I_o) que chegou a superfície. Representam para K_d a porção de irradiância difusa horizontal compreendida na irradiância global horizontal e para K_b a porção de irradiância direta horizontal compreendida na irradiância global horizontal.

$$I_o = I_{sc} E_o \cos Z \quad (5)$$

onde I_{sc} é a constante solar (1367 W/m^2) e E_o é o fator de correção da excentricidade da órbita terrestre (Eq. 6).

$$E_o = 1 - 0.0009464 \sin(F) - 0.01671 \cos(F) - 0.0001489 \cos(2F) - 0.00002917 \sin(3F) - 0.0003438 \cos(4F) \quad (6)$$

considerou-se $F = 360 \text{ DJ}/365$.

As três fases do controle de qualidade dos dados foram aplicadas em uma sequência de 7 filtros computacionais (Tab. 1) por meio de algoritmos SQL. A sequência foi desenvolvida de acordo com procedimentos de mesma natureza, descritos na literatura. A maioria das metodologias considera não descartar as medidas reprovadas nos filtros, marcando-as com *flags* (mecanismo lógico que confirma ou não um determinado conteúdo) que identificam sua qualidade. Porém, para este caso, as medidas filtradas foram replicadas para outras estruturas da tecnologia MySQL, o que significa dizer que os dados brutos (sem filtragem), ao final do processo, compunham uma estrutura lógica e os dados aprovados (com filtragem) no controle de qualidade compunha outra estrutura lógica, mantendo dessa forma todas as informações (MUNEER *et al.*, 2007; KUDISH; EVSEEV, 2008; JOURNÉE; BERTRAND, 2011; Dal Pai *et al.*, 2016; IL SUNG-ZO *et al.*, 2017).

Sequência	Fase	Filtro Condição de Aprovação
(1)	1ª Fase	$Z > 80^\circ$
(2)	2ª Fase	$0 < I_g < I_o$
(3)	2ª Fase	$0 \leq I_b < I_{sc}$
(4)	2ª Fase	$0.1 I_g \leq I_d \leq I_g$
(5)	3ª Fase	$0 < K_t < 1$
(6)	3ª Fase	$0 < K_d < 1$
(7)	3ª Fase	$0 \leq K_b < 1$

Tabela 1 - Sequência dos filtros computacionais de controle de qualidade dos dados.

Em termos computacionais os dados brutos (sem tratamento) foram importados e armazenados em uma estrutura lógica (*table*) do SGBD MySQL. Os algoritmos de aplicação das três fases de filtragem foram desenvolvidos e executados a partir de funções (*stored procedures*) SQL sequencialmente. Enquanto que ao final do processo os dados filtrados foram exibidos a partir de uma estrutura de visualização (*view*) e armazenados em outra estrutura lógica (*table*), o que permitiu a exportação das medidas tratadas para um arquivo ASCII semelhante ao arquivo de dados brutos. Neste sentido, o MySQL proporciona um ambiente computacional completo para o tratamento, armazenamento, processamento e disponibilização dos dados. É uma ferramenta de software (servidor de banco de dados) amplamente utilizada pela comunidade acadêmica e fornece uma experiência similar ao Microsoft Excel®, Microcal Origin® e até mesmo o MathWork MATLAB®, com a diferença e vantagem de ser um produto nativo para gerenciamento de grandes volumes de dados relacionados e não-relacionados, que permite a interconexão com interfaces pela internet.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados das irradiâncias solares foram processados com base nos meses do ano de 2008, para que desta forma, o resultado das filtrações pudesse apresentar informações sazonais a comunidade científica. Neste contexto, a Tab. 2, a seguir, retrata a quantidade de medidas que continha a irradiância global horizontal (I_g), irradiância difusa horizontal (I_d) e irradiância direta horizontal (I_b) no arquivo ASCII com os dados brutos (sem tratamento).

Mês	Dados Brutos		
	I_g	I_d	I_b
Janeiro	4594	3635	4063
Fevereiro	4068	3703	3175
Março	4450	2773	4028
Abril	4095	3265	3899

Maio	3972	3931	3863
Junho	3409	3386	3299
Julho	3535	3903	3772
Agosto	4019	4001	3929
Setembro	4223	4200	4168
Outubro	4618	4605	4573
Novembro	4676	4657	4669
Dezembro	4863	4717	4737
TOTAL	50522	46776	48175

Tabela 2 - Quantidade de Medidas no Arquivos de Dados Brutos.

Nota-se que o período com maior ocorrência de medidas no arquivo de dados brutos é dezembro para todas as irradiâncias, onde a irradiância global horizontal obteve a maior quantidade com 4863 pontos medidos. O período com menor ocorrência de medidas é junho para a irradiância global horizontal, maio para a irradiância difusa horizontal e fevereiro para a irradiância direta horizontal, onde a difusa obteve a menor quantidade com 2773 pontos medidos.

Obeve-se, para cada fase do controle de qualidade, uma resposta (aprovado ou reprovado) dos algoritmos com relação aos dados para cada filtro (Tab. 2). O resultado das etapas após as três fases do controle de qualidade pode ser observado no esquema a seguir (Tab. 3).

Mês	Após 1ª Fase			Após 2ª Fase			Após 3ª Fase		
	Ig	Id	Ib	Ig	Id	Ib	Ig	Id	Ib
Janeiro	4097	3249	3713	4088	3244	3713	4088	3244	3713
Fevereiro	3639	3316	2868	3636	3307	2863	3636	3307	2859
Março	3934	2547	3642	3933	2529	3642	3933	2529	3638
Abril	3566	2866	3444	3566	2863	3444	3566	2863	3444
Maio	3404	3400	3336	3404	3340	3336	3404	3340	3336
Junho	2894	2894	2814	2894	2877	2814	2894	2877	2814
Julho	3042	3374	3225	3042	3374	3225	3042	3374	3221
Agosto	3518	3515	3441	3518	3464	3441	3518	3464	3411
Setembro	3747	3747	3715	3747	3746	3715	3747	3746	3653
Outubro	4138	4139	4129	4138	4139	4129	4138	4139	4129
Novembro	4170	4166	4166	4169	4166	4166	4169	4166	4155
Dezembro	4315	4296	4242	4314	4295	4242	4314	4295	4237
TOTAL	44464	41509	42735	44449	41344	42730	44449	41344	42610

Tabela 3 - Quantidade de Medidas no Após Filtragens.

Após a aplicação da primeira fase de controle de qualidade observou-se a maior redução de medidas das irradiâncias, devido ao descarte de valores ao nascer e pôr do sol, que poderiam estar afetados pelo erro do cosseno. Esta etapa é importante também pois permite o descarte de medidas imprecisas devido as características

de operação dos instrumentos de medida (JOURNÉE; BERTRAND, 2011). Para a irradiância global horizontal a diferença total de dados brutos (Tab. 2) com relação a primeira fase do controle de qualidade (Tab. 3) foi de 6058 medidas, que representam em torno de 12% dos dados. Para a irradiância difusa horizontal a diferença foi de 5267 medidas, que representam em torno de 11% dos dados. E para a irradiância direta horizontal a diferença foi de 5440 medidas, que representam em torno de 11% dos dados. Neste sentido, para a primeira fase do controle de qualidade, uma média de 11.35% dos dados do conjunto inicial (dados brutos) foram classificados como reprovados, ou inadequados, para compor o conjunto final (dados filtrados).

Após a aplicação da segunda fase do controle de qualidade, que é uma etapa responsável por delinear o limite mínimo (valor inferior que uma medida pode apresentar) e o limite máximo (valor superior que uma medida pode atingir), observou-se uma leve redução na quantidade de medidas. Nesta fase é feita uma verificação, com o intuito de averiguar se as medidas apresentavam valores maiores que o limite superior, ou menores que o limite inferior, de acordo com os filtros 2, 3 e 4 (Tab. 1). Medidas reprovadas nestes filtros tendem a apresentar erros operacionais, de desalinhamento do anel de sombreamento da irradiância difusa, por causa do orvalho (bastante recorrente nas primeiras horas do dia) e/ou devido a excremento de pássaros nos sensores, ou falhas maiores como o desligamento do sistema de aquisição de dados (MUNEER *et al.*, 2007). Para a irradiância global horizontal a diferença total de dados da primeira com relação a segunda fase do controle de qualidade (Tab. 3) foi de 15 medidas, que representam 0.03% dos dados. Para a irradiância difusa horizontal a diferença foi de 165 medidas, que representam aproximadamente 0.4% dos dados. E para a irradiância direta horizontal a diferença foi de 5 medidas, que representam algo em torno de 0.01% dos dados, respectivamente. Neste sentido, para a segunda fase de controle de qualidade, com relação a primeira, uma média de 0.14% dos dados foram reprovados para compor o conjunto final.

Por fim, após a aplicação da terceira fase de controle de qualidade, observou-se a menor reprovação dos dados pelos filtros. Esta etapa tem como objetivo a identificação de picos e/ou saltos extremos das medidas, além da detecção de medidas onde o sensor estava obstruído. Para a irradiância global horizontal e difusa horizontal não se obteve diferença, na segunda com relação a terceira fase do controle de qualidade. E para a irradiância direta horizontal a diferença foi de 120 medidas, que representam algo em torno de 0.3% dos dados, respectivamente. Neste sentido, para a terceira fase do controle de qualidade, com relação a segunda fase, apenas dados da irradiância direta na horizontal foram reprovados a compor o conjunto final.

O controle de qualidade de dados de irradiâncias solares é um procedimento composto por testes computacionais semi-automatizados e análise gráfica e estatística de medidas de uma determinada série histórica. Para este estudo foi aplicado apenas o controle de qualidade a partir de testes computacionais, uma vez que, é um tipo de análise bem fundamentada e de fácil operação. Entretanto a literatura demonstra

que o desenho dos dados medidos em gráficos proporciona boas metodologias para análise e validação de valores. O gráfico mais recorrente neste tipo de assunto é o que relaciona o K_t e o K_d com o intuito de demarcar estatisticamente os limites máximos e mínimos para as duas irradiâncias (MUNEER, et al., 2007; PASHIARD; KALOGIROU, 2016).

Pode-se obter maiores indícios da qualidade dos dados medidos a partir da plotagem de gráficos da irradiância global horizontal sem filtragem (Fig. 1-a) e após a filtragem (Fig. 1-b), irradiância difusa horizontal sem filtragem (Fig. 1-c) e após a filtragem (Fig. 1-d) e da irradiância direta horizontal sem filtragem (Fig. 1-e) e após a filtragem (Fig. 1-f).

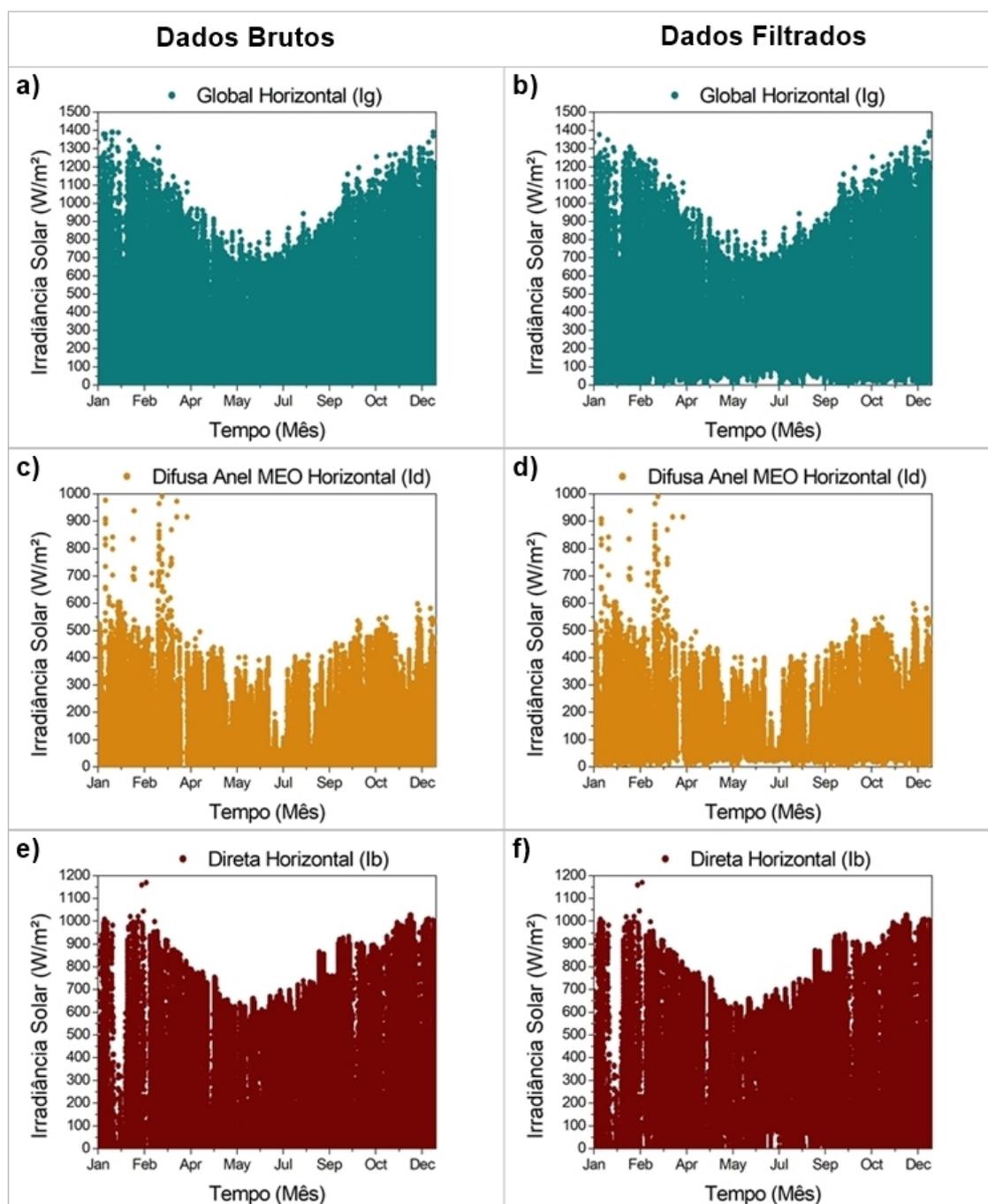


Figura 1 - Gráficos das Irradiâncias Antes e Após a Filtragem.

A plotagem dos dados da irradiância solar em gráficos de dispersão é um processo de extrema importância em atividades de pesquisa, pois tem como finalidade auxiliar o pesquisador na investigação de lacunas no período medido. Neste caso específico pode-se observar que as três irradiâncias seguem uma tendência, apresentando os maiores valores no verão e os menores no inverno. Para a irradiância global e direta horizontal é mais perceptível a tendência, enquanto que para a irradiância difusa horizontal observa-se pontos dispersos entre os meses de janeiro a março, o que pode representar anomalias (pontos fora da curva de tendência) nos dados. O tratamento desse tipo de anomalia (identificada por meio da plotagem de uma série histórica) é algo que deve ser melhor estudado, devido a relevância dos dados anômalos para a série de dados, porém, é uma tarefa essencial para atividades posteriores de modelagem.

A ausência de medida, em muitos casos, pode ser um transtorno, principalmente se os dados forem utilizados para modelagem estatística, ou matemática, de uma componente solar. Uma forma lógica de se contornar esta situação (lacunas) é realizar a estimativa da irradiância global (I_{gEst}) por meio da soma das medidas da irradiância difusa e direta (Eq. 6) para o mesmo período, porém, é preciso que a difusa esteja corretamente corrigida a partir dos métodos desenvolvidos para cada caso, ou seja, que se tenha uma medida de qualidade. Este método é válido para a irradiância global horizontal uma vez que é uma componente solar compreendida por dois tipos de medidas, a difusa, que é resultado da ação de espalhamento da atmosfera, e a direta, que é a irradiância provinda diretamente do disco solar. O método da estimativa por diferença é uma forma de se contornar a ausência dos valores da irradiância direta (I_{bEst}) e difusa (I_{dEst}) horizontal, isto requer que, ao menos, se tenha medidas de duas irradiâncias com qualidade comprovada. No caso da irradiância direta horizontal, usa-se a diferença entre a global e a difusa horizontal (Eq. 7) e no caso da irradiância difusa horizontal, usa-se a diferença entre a global e a direta horizontal (Eq. 8).

$$I_{gEst} = I_d + I_b \quad (6)$$

$$I_{bEst} = I_g - I_d \quad (7)$$

$$I_{dEst} = I_g - I_b \quad (8)$$

É importante ressaltar que as análises e propostas de soluções apresentadas a respeito do preenchimento de medidas das irradiâncias nos períodos de ausência podem ser realizadas para qualquer conjunto de dados, desde que, se tenha boas medidas das componentes solares. Tais propostas devem ser implementadas antes do procedimento de controle de qualidade, já que, o algoritmo desenvolvido para aplicação dos filtros pode ignorar tais dados se apresentarem reprovação as condições apresentadas (Tab. 2).

4 | CONCLUSÃO

A primeira fase do controle de qualidade foi a que demonstrou a maior filtragem das medidas das irradiâncias solares, uma vez que a delimitação do ângulo zenital em 80° provoca a reprovação das primeiras medidas do dia, que são afetadas pelo erro do cosseno e pela imprecisão do instrumento de medição. A segunda e terceira fase do controle de qualidade apresentaram poucas reprovações nos testes, o que indicou que a maioria dos dados se encontravam dentro de um padrão de qualidade pré-estabelecido pelos autores em questão e pela literatura da área.

A irradiância global horizontal (I_g) foi a que obteve a maior taxa de reprovação de suas medidas. Do total de 50522 medidas (dados brutos), 44449 valores (filtrados) foram aprovados e selecionados para compor o conjunto de dados de qualidade, o que representa uma taxa de reprovação de 12.02% dos dados. A irradiância difusa (I_d) e direta (I_b) horizontal obtiveram praticamente a mesma taxa de reprovação de suas medidas. Do total de 46776 medidas (dados brutos), 41344 valores (filtrados) foram aprovados e selecionados para compor o conjunto de dados de qualidade para a irradiância difusa e dos 48175 pontos medidos (dados brutos), 42610 valores (filtrados) foram aprovados e selecionados. Respectivamente, 11.61% e 11.55% dos dados da irradiância difusa e direta horizontal foram reprovados.

A metodologia computacional para o controle de qualidade dos dados de irradiâncias solares (global, difusa e direta em superfície horizontal) foi capaz de identificar medidas espúrias e descartá-las na consolidação de um conjunto de dados de qualidade das medidas. Porém, colaborativamente a este método, composto de filtros físicos e comparações lógicas, é necessário a aplicação de métodos estatísticos de análise de gráficos das medidas, pois pode-se observar nos gráficos desenhados que ainda restam pontos fora da curva de tendência das componentes solares.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. ANEEL, Brasília, 2 ed., 2005.

DAL PAI, A., *et al.* MEO shadowring method for measuring diffuse solar irradiance: Corrections based on sky cover. **Renewable Energy**, n. 99, p. 754-763, 2016.

IL SUNG-ZO., *et al.* Baseline Surface Radiation Network (BSRN) Quality Control of Solar Radiation Data on the Gangneung-Wonju National University Radiation Station. **Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences**, n. 53, p. 11-19, 2017.

JOURNÉE, M. BERTRAND, C. Quality control of solar radiation data within the RMIB solar measurements network. **Solar Energy**, v. 85, p. 72-86, 2011.

KUDISH, A. I., EVSEEV, E. G. The assessment of four different correction models applied to the diffuse radiation measured with a shadow ring using global and normal beam radiation measurements for Beer Sheva, Israel. **Solar Energy**, n. 82, p. 144-156, 2008.

MUNEER, T., *et al.* Discourses on solar radiation modeling. **Renewable & Sustainable Energy**

Reviews, n. 11, p. 551-602, 2007.

MORENO-TEJERA, S., ET AL. A proposed methodology for quick assessment of timestamp and quality control results of solar radiation data. **Renewable Energy**, n.78, p. 531-537, 2015.

PASHIARDS, S., KALOGIROU, S. A. Quality control of solar shortwave and terrestrial longwave radiation for surface radiation measurements at two sites in Cyprus. **Renewable Energy**, n. 96, p. 1015-1033, 2016.

TAKAI, O. K., *et al.* **Introdução à Banco de Dados**. São Paulo: DCC-IME-USP. 2005. Acesso em: 17 out. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2qYjUxK>>.

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