

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-472-6 DOI 10.22533/at.ed.726191107</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario</p> <p style="text-align: right;">CDD 509.81</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EVOLUÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS	
Marília Carvalho de Melo	
Alexandre Magrineli dos Reis	
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti	
Germano Luís Gomes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911071	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	
Arini de Menezes Costa	
Neyla Danquá dos Ramos	
Antonio Alisson Pessoa Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.7261911072	
CAPÍTULO 3	24
ANÁLISE QUALITATIVA E PROVENIÊNCIA DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE MUITA ÁGUA, MUNICÍPIO DE IMBITUBA, LITORAL CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL	
Patrícia Tortora	
Luiz Felipe Poli Schramm	
Norberto Olmiro Horn Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7261911073	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) EM RONDONÓPOLIS/MT: DA OMISSÃO LEGISLATIVA AO PREJUÍZO AMBIENTAL COLETIVO	
José Adolfo Iriam Sturza	
Cristiano Nardes Pause	
DOI 10.22533/at.ed.7261911074	
CAPÍTULO 5	52
ATUALIZAÇÃO DE LIMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS:O CASO DOS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE	
Christiane Freitas Pinheiro de Jesus	
Nelson Wellausen Dias	
Fernanda dos Santos Lopes Cruz	
Acacia Maria Barros Souza	
José Henrique da Silva	
João Carlos Marques Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911075	
CAPÍTULO 6	61
AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHOS DA RODOVIA RN-118	
Alisson Cabral Barreto	
Milany Karcia Santos Medeiros	
Alyne Karla Nogueira Osterne	
Ricardo Leandro Barros da Costa	
Lanna Celly da Silva Nazário	
DOI 10.22533/at.ed.7261911076	

CAPÍTULO 7 78

CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO TIPO MASSAPÊ PARA VERIFICAÇÃO DO SEU POTENCIAL EXPANSIVO

Larissa da Silva Oliveira
Stephanny Conceição Farias do Egito Costa

DOI 10.22533/at.ed.7261911077

CAPÍTULO 8 88

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA ARGILA VERMELHA USADA EM TRATAMENTOS FACIAIS

Ana Paula Zenóbia Balduino
Michele Resende Machado
Mônica Rodrigues Ferreira Machado
Giovanni Cavichioli Petrucelli

DOI 10.22533/at.ed.7261911078

CAPÍTULO 9 93

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas
Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Ubirajara Coletto Junior
Chrystopher Allan Miranda Pereira
Alexandre Zirpoli Simões
Leinig Perazolli
Maria Aparecida Zaghete

DOI 10.22533/at.ed.7261911079

CAPÍTULO 10 106

CÉLULAS COMBUSTÍVEIS: UMA VISÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOGÁS

Débora da Silva Vilar
Milson dos Santos Barbosa
Isabelle Maria Duarte Gonzaga
Aline Resende Dória
Lays Ismerim Oliveira
Caio Vinícius da Silva Almeida
Dara Silva Santos
Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110710

CAPÍTULO 11 121

COLAPSIBILIDADE DE UM PERFIL DE SOLO NÃO SATURADO

Roger Augusto Rodrigues
Alfredo Lopes Saab
Gustavo Tavernaro Tambelli

DOI 10.22533/at.ed.72619110711

CAPÍTULO 12 133

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Milagros Alvarez Sanz
Yuri Daniel Jatobá Costa
Carina Maia Lins Costa
Gracianne Maria Azevedo do Patrocínio

DOI 10.22533/at.ed.72619110712

CAPÍTULO 13 147

CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO NO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - MANAUS-AM

Mikaela Camacho Cardoso
Mauro Célio da Silveira Pio

DOI 10.22533/at.ed.72619110713

CAPÍTULO 14 156

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares
Evelin Silva Koch
Maria Victoria Manso Guevara
Fermin Garcia Velasco

DOI 10.22533/at.ed.72619110714

CAPÍTULO 15 163

DINÂMICA SOCIOESPACIAL EM PEQUENAS CIDADES:A PAISAGEM GEOGRÁFICA DE OUVIDOR (GO)

Angélica Silvério Freires
Idelvone Mendes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110715

CAPÍTULO 16 177

DIVERSIDADES DE CRITÉRIOS EM AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS SOCIOECONOMICOS

Giseli Dalla Nora
Patricia Regina Alves Palermo

DOI 10.22533/at.ed.72619110716

CAPÍTULO 17 184

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTORES PÚBLICOS: FORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES

Mary Lúcia da Silva Ferreira Lima
Laura Rocha de Castro
Marina Marques Gimenez
Ronei Pacheco de Oliveira
Amanda Baldochi Souza

DOI 10.22533/at.ed.72619110717

CAPÍTULO 18	190
ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO	
Fernanda Valinho Ignacio Bruno Teixeira Lima Juliano de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.72619110718	
CAPÍTULO 19	203
FORMOSO DO ARAGUAIA-TO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO	
Roberto de Souza Santos	
DOI 10.22533/at.ed.72619110719	
CAPÍTULO 20	222
INCISÕES EROSIVAS URBANAS: UM PROBLEMA AMBIENTAL EM BOM JESUS DAS SELVAS (MA)	
José Sidiney Barros José Milton de Oliveira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.72619110720	
CAPÍTULO 21	229
MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL E ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Tânia Barbosa de Freitas Mirian Ferreira de Brito	
DOI 10.22533/at.ed.72619110721	
CAPÍTULO 22	238
MINERALIZAÇÃO AURÍFERA EM ZONA DE CISALHAMENTO, GARIMPO CUTIA, SERRA LESTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJAS, BRASIL	
Gilberto Luiz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.72619110722	
SOBRE OS ORGANIZADORES	244

ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS

Arini de Menezes Costa

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB
Redenção – Ceará

Neyla Danquá dos Ramos

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB
Redenção – Ceará

Antonio Alisson Pessoa Guimarães

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB
Redenção – Ceará

RESUMO: O presente trabalho apresenta uma metodologia para previsão diária de radiação solar incidente, a partir de métodos computacionais. A previsão diária de radiação solar tem um impacto para a área de planejamento energético, tornando-se uma referência para a implantação e desenvolvimento de projetos de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento residencial da energia solar. Contudo, os dados de previsão solar não estão disponíveis em todas as cidades ou regiões de interesse, devido a ausência de estações meteorológicas. Portanto, com o propósito de contornar tal situação, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos computacionais de estimação que possam responder de forma satisfatórias aos métodos científicos convencionais. Diante de

todo esse contexto, tal artigo visa o estudo de previsão de radiação solar por modelagem computacional baseada em Redes Neurais Artificiais (RNA's) Perceptron Multicamadas para a região serrana do Maciço de Baturité, a qual está localizada no Estado do Ceará. Para o referido trabalho, considera-se como parâmetros de entrada da RNA, para a previsão de radiação solar, os seguintes aspectos geográficos e meteorológicos: temperatura máxima média, precipitação, umidade relativa do ar, nebulosidade e pressão atmosférica, durante os meses de janeiro e fevereiro, compreendidos entre os anos de 1995 a 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Solar, Previsão, Energia Solar, Redes Neurais Artificiais, Modelagem Computacional.

SOLAR RADIATION ANALYSIS IN THE MONTHS OF JANUARY AND FEBRUARY FOR COMPUTATIONAL MODELING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT: The present work presents a methodology for daily prediction of incident solar radiation, using computational methods. The daily forecast of solar radiation has an impact on the area of energy planning, becoming a reference for the implantation and development of projects of photovoltaic plants

and residential use of solar energy. However, solar forecast data are not available in all cities or regions of interest due to the absence of weather stations. Therefore, in order to overcome this situation, it is necessary to develop computational estimation models that can respond satisfactorily to conventional scientific methods. Considering all this context, this article aims to study the prediction of solar radiation by computational modeling based on Artificial Neural Networks (RNA's) Perceptron Multicamadas for the mountainous region of the Baturité Massif, which is located in the State of Ceará. For the aforementioned work, the following geographic and meteorological aspects are considered as RNA input parameters for the solar radiation forecast: average maximum temperature, precipitation, relative humidity, cloudiness and atmospheric pressure, during the months of January and February, between the years of 1995 and 2018.

KEYWORDS: Solar radiation, Forecasting, Solar energy, Artificial neural networks, Computational modeling.

1 | INTRODUÇÃO

Com o aumento da preocupação e interesse na conservação de energia e proteção ambiental, o mundo de hoje está se movendo para uma nova era: transição da dependência quase total do combustível fóssil para uma maior utilização de fontes alternativas e renováveis de energia. A preservação do meio ambiente requer mais pesquisas sobre os diferentes recursos energéticos indispensáveis à vida humana. Nesse sentido, destaca-se a energia solar, a qual tem um impacto benéfico no que diz respeito à visão técnica, ambiental e política.

A energia solar está disponível livremente e pode ser facilmente aproveitada para reduzir a nossa dependência de energia à base de hidrocarbonetos. Segundo Villalva (2018), para a produção de energia elétrica existem basicamente três de sistemas: o hélio-térmico, a termo solar e o fotovoltaico.

Em sistemas hélio-térmico, a irradiação solar é convertida em calor que é utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade. Essa tecnologia utiliza espelhos para concentrar energia do sol e convertê-la em calor de alta temperatura para produzir vapor que aciona as turbinas para gerar energia elétrica.

No caso termo solar, tem-se um mecanismo de transferência do calor do sol para aquecimento de água e ar através de coletores térmicos. Apesar de não ser uma geração de eletricidade propriamente dita, seu uso é importante por ser capaz de reduzir o consumo elétrico, notadamente no horário de pico da carga. Estima-se que 8% de toda a eletricidade consumida no Brasil sejam utilizadas para o aquecimento de água. O que representa entre 18% e 25% da demanda no pico de carga do sistema elétrico (ANEEL, 2005).

Por fim, para o sistema fotovoltaico tem-se a célula fotovoltaica que é a unidade fundamental do processo de conversão. Estas células são componentes óptico-eletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. São

basicamente constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o material mais empregado. Ao incidir a luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons que a integram chocam-se com os elétrons da estrutura do silício tipo P dando-lhes energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado, os elétrons são orientados e fluem, gerando assim um fluxo de elétrons (corrente elétrica) na conexão. Enquanto a luz continuar a incidir na célula, o fluxo de elétrons se manterá. A intensidade da corrente gerada variará proporcionalmente conforme a intensidade da luz incidente (VILLALVA, 2018).

Segundo a *European Photovoltaic Industry Association – EPIA* (2013), nos últimos anos, houve um aumento expressivo nos investimentos em geração de energia elétrica a partir da implantação de parques geradores de energia solar em várias partes do mundo. A capacidade total fotovoltaica instalada em todo o mundo atingiu mais de 67,4 GW no final de 2011. Além disso, a energia solar é atualmente, depois de hidroeletricidade e eólica, o terceiro tipo de energia renovável mais importante em termos de parques instalados globalmente. Especificamente, a taxa de crescimento em 2011 chegou a quase 70%, um nível de destaque entre todas as tecnologias renováveis. Os relatórios da EPIA ainda mencionam que produção total de energia elétrica via células fotovoltaicas pode chegar a 80 bilhões de kWh e esta quantidade de energia é suficiente para cobrir as necessidades de fornecimento de energia anuais de mais de 20 milhões de famílias em todo o mundo.

No que diz o *Joint Research Centre – JRC* (2011), as taxas de crescimento anuais ao longo dos últimos dez anos foram mais de 40%, em média, o que torna o setor fotovoltaico uma das indústrias de mais rápido crescimento no presente. Muitos analistas de negócios vislumbram que os investimentos em pesquisa, tecnologia e indústria pode chegar a 70 bilhões de euros em 2015, enquanto os preços para os consumidores estão continuamente diminuindo, ao mesmo tempo. Paralelamente, a capacidade de mercado do setor fotovoltaico chinês em 2010 estava entre 500-700 MW, elevando a capacidade instalada acumulada de cerca de 1 GW (WANG *et al.*, 2012). Este foi um aumento significativo de 160 MW em comparação com 2009, mas ainda são apenas 5 a 7% da total produção da China no sistema energético. Ainda segundo Wang *et al.* (2012), o novo plano de desenvolvimento de energias renováveis elaborado pelo governo chinês propõe a instalação de outros parques geradores de energia solar que produzirão uma capacidade de 20 GW até 2020.

No Brasil e, particularmente, no Estado do Ceará se observa essa tendência mundial de aumento nos investimentos na geração de energia solar, apesar de ser um movimento ainda tímido. Em meio ao clima semiárido do Estado, o município de Tauá foi escolhido para sediar a Usina Solar de Tauá por apresentar vantagens técnicas sobre os demais. A cidade, a cerca de 360 quilômetros da capital Fortaleza, passou por um processo seletivo rigoroso. Tauá concorreu com outros dois municípios cearenses: Irauçuba e Sobral, ambos privilegiados por uma intensa radiação solar. Contudo, Tauá foi o município escolhido, caracterizado por receber uma média de 177,7 horas de

radiação solar, por mês, no primeiro semestre do ano, e 244,8 horas de radiação no segundo semestre (SOLAR TAUÁ, 2012).

No que diz Solar Tauá (2012), com base em dados históricos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), desde 1961 até 1990, medidos através de uma estação meteorológica localizada no município de Tauá, a alocação de tal usina levou em consideração alguns fatores, tais como: as médias anuais de Temperaturas (mínima, média e máxima), bem como dados referentes à Irradiação Global Horizontal, Precipitação Total e Nebulosidade.

A cidade conta ainda com infraestrutura viária instalada e com a proximidade de uma subestação da Eletrobrás/Chesf. Com o rótulo de município inovador, os seus programas de inclusão digital são amplamente conhecidos, capacitando moradores da área a utilizar equipamentos de informática e disponibilizando internet em locais de fácil acesso à população. A usina vem despertando o interesse da comunidade acadêmica, com a tendência de que o turismo científico ganhe cada vez mais espaço entre as atividades econômicas. Já existe uma parceria com a Universidade Estadual do Ceará (UECE), no campus de Tauá, para o monitoramento dos dados obtidos na operação da Usina Solar. Desta forma, universitários serão capacitados na área de energia solar, realizando estudos que podem ajudar na evolução do conhecimento sobre a fonte no Brasil.

A usina tem potência nominal de aproximadamente 1MWp, o suficiente para suprir 1.500 residências, gerando 1,56GWh por ano. Para isto estão instalados 4.680 painéis fotovoltaicos de alta tecnologia, em uma área de 12 mil metros quadrados. No futuro, a potência da usina poderá ser estendida até 5 MWp, já que possui autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) para o aumento da capacidade instalada. E o projeto permite ainda, pelas características do terreno disponível, a ampliação gradual da usina para até 50 MWp (SOLAR TAUÁ, 2012).

Por outro lado, segundo nota da imprensa local (Jornal Tribuna do Ceará), em 2013 o Ceará recebeu investiu cerca de 80 milhões de reais para instalação uma nova usina no Estado, sendo esta no Município de Russas que se localiza a 160 quilômetros da capital. Tal usina terá capacidade para abastecer uma cidade com cerca de 100 mil habitantes, cuja instalação destina-se uma potência estimada de 10 MW.

Diante de tudo que foi exposto, ferramentas de estimativa de radiação solar são importantes na concepção de sistemas solares. Em um contexto geral, ao utilizar energia solar exige-se uma estimativa exata da radiação solar em locais propostos. Este assunto normalmente é possível através de equipamentos de medição, mas estes dispositivos não estão disponíveis em alguns lugares remotos ou zonas rurais que especialmente possuem potencial de instalação de usinas. Para tais situações, faz-se uso de ferramentas analíticas ou computacionais como modelos de previsões, os quais proporcionam boas estimativas do potencial de energia solar.

Portanto, é essencial para prever a radiação solar, em um determinado local, fazer

uso de várias variáveis climáticas. A seguir são listadas algumas dessas variáveis: insolação, temperatura ambiente máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, altitude, latitude, longitude, mês e dia do ano, radiação global diária, cobertura total de nuvens, índice de claridade, nebulosidade média, velocidade média dos ventos, pressão atmosférica, radiação difusa média, etc. Dentre estas, a insolação é facilmente disponível e medida na maior parte os locais do globo, por isso, é efetivamente utilizada para a modelagem de radiação solar (MENEZES NETO; COSTA; RAMALHO, 2009). Em resumo, a climatologia e a meteorologia são parâmetros fundamentais na indicação da quantidade de radiação solar na região selecionada. Por sua vez, a aplicação de redes neurais artificiais (RNA's) pode ser uma ferramenta valiosa na determinação dos efeitos de tais parâmetros e, conseqüentemente, apresentar resultados de previsão de radiação solar plausíveis.

Em linhas gerais, uma RNA fornece uma maneira computacionalmente eficiente de determinação empírica, adotando um relacionamento possivelmente não linear entre as variáveis de entrada e uma ou mais variáveis de saída. Além disso, tal recurso computacional é aplicado em problemas de modelagem voltados a identificação, otimização, previsão e controle de sistemas complexos, dentre outros (HAYKIN, 1994). Conseqüentemente, diante das variáveis propostas, ela pode ser utilizada para prever a radiação solar em uma determinada área, o qual é objeto de estudo desse artigo científico.

Em suma, este trabalho de pesquisa tem como objetivo, mediante a utilização de Redes Neurais Artificiais, fornecer uma estimativa de radiação solar na região serrana do Maciço de Baturité para os meses de janeiro e fevereiro de 2019.

2 | JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A energia que recebemos do Sol é indispensável para a vida na Terra, pois ela é responsável por diversos processos que ocorrem em nosso planeta, desde a fotossíntese realizada pelas plantas até os fenômenos atmosféricos. Esta energia pode também ser aproveitada para gerar energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos, ou para aquecimento.

O Estado do Ceará é abundante na quantidade de energia solar e sua conversão em energia elétrica deve ser estimulada, o que certamente contribuirá para poupar a água armazenada nos reservatórios das usinas hidroelétricas, permitindo o seu uso para fins mais nobres, já que a região citada sofre bastante com problemas de escassez de água.

Especificamente, este trabalho propõe-se a apresentar uma metodologia, via Redes Neurais Artificiais, para estimar a quantidade de radiação solar na região serrana do Maciço de Baturité, a qual a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) está inserida.

Com mais detalhes, o Maciço do Baturité/CE possui uma área de 4.820 km² e

abrange treze municípios: Acarape, Aracoíaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Itapiúna, Guaramiranga, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia, e Redenção. A região possui uma população de 274.634 habitantes e densidade demográfica de 57 habitantes por quilômetro quadrado, com cerca de 65% em áreas urbanas e 35% na zona rural (IPECE, 2010). Dados censitários de 2010 indicam que a população economicamente ativa abrange quase 61% do total, sendo que destes apenas 11, 6% possuem emprego formal. Além disso, cerca de 31% vivem em situação de extrema pobreza e apenas 3% tem renda mensal superior a dois salários mínimos (IPECE, 2010). As cidades que compõem a região serrana, com suas respectivas altitudes, são: Baturité (175 metros), Palmácia (704 metros), Pacoti (736 metros), Mulungu (801 metros), Aratuba (830 metros) e Guaramiranga (865 metros).

Diante do exposto anteriormente, o mapeamento da radiação solar incidente na região serrana do Maciço de Baturité, bem como nas outras regiões do Estado, é de extrema importância para o planejamento energético regional. Desse modo, isto permite que projetos de instalação de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento de energia solar pelas mais diversas tecnologias, possam ser efetuados em uma base sólida, que reduza os riscos econômicos e estratégicos para os investidores ou o próprio governo.

Por fim, a importância deste setor de estudo apresenta-se diretamente relacionada com a velocidade dos avanços tecnológicos, sustentabilidade, e das mudanças no cenário econômico-ecológico mundial. Desta forma, tal estudo é de extrema relevância aos interesses da UNILAB, pois se enquadra em suas diretrizes e está contextualizado ao perfil dos desafios propostos pelo Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável (IEDS). Além disso, os potenciais resultados poderão contribuir com o desenvolvimento tecnológico e energético do Estado do Ceará, bem como alavancar o setor econômico da região.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

A busca de métodos, baseados em modelos para a previsão de curto, médio e longo prazo, passou a despertar especial interesse, tanto de gestores quanto de pesquisadores nas mais diversas áreas, tais como economia, marketing, finanças e engenharia. Os modelos tradicionais de previsão – baseados em ferramentas estatísticas – ainda hoje são amplamente usados. Entretanto, devido ao acelerado avanço tecnológico observado nas duas últimas décadas, as pesquisas passaram a ser direcionadas para o uso de ferramentas mais modernas para desempenhar a tarefa de fazer previsões.

Por exemplo, no trabalho de Guarnieri *et al.* (2007), para a estimativa de radiação solar incidente, foi proposto o uso de redes auto organizáveis em um modelo de estrutura hierárquica via redes neurais e, paralelamente, o modelo estatístico de Regressão Linear de múltiplas variáveis, com a proposta de comparar tais resultados

e testar a eficiência de cada método.

Portanto, prever radiação solar, mesmo com um dia de antecedência, envolve muitas incertezas. Parte da incerteza é relacionada ao fato de a incidência de radiação solar na superfície terrestre ser dependente das condições meteorológicas, especialmente nuvens, envolvendo processos físicos não lineares de transmissão de radiação. Outra parcela de incertezas é relacionada à própria imprecisão na obtenção de previsões das condições de tempo futuros pelos modelos numéricos, bem como de propriedades óticas do estado atmosférico futuro, devido à natureza caótica e não-linear da evolução do tempo meteorológico (GUARDIERI et al., 2007). Apesar de tais incertezas, alguns modelos numéricos de previsão possuem códigos de parametrização de radiação, uma vez que a energia solar alimenta a quase totalidade dos processos atmosféricos e atua como uma força em movimentos de ar de diferentes escalas. Contudo, estudos têm mostrado que esta previsão de radiação é sistematicamente superestimada (CHOU *et al.*, 2002; HINKELMAN *et al.*, 1999).

Grande parte dos trabalhos publicados na literatura referente ao estudo de previsão de radiação solar tem adotado especificamente a estimativa da radiação solar global, segundo duas importantes componentes: a direta e a difusa. Contudo, há necessidade de se estimar estas componentes na ausência de valores medidos. Davies e McKay (1982) e Gueymard (1993) usaram modelos de transferência radiativa na estimativa de radiação solar direta. Esses modelos levam em conta as interações entre a radiação solar direta e a atmosfera terrestre. O problema com o uso de tais modelos é a indisponibilidade de algumas informações atmosféricas necessárias. Por outro lado, modelos mais simples que relacionam a radiação solar direta com radiação global foram desenvolvidos por Louche *et al.* (1991). Por sua vez, Mubiru et al. (2004), propuseram outros modelos empíricos que fazem a previsão em relação à umidade e massa de ar absoluta; a precisão da previsão encontrada foi de $\pm 10\%$ com limites de confiança de 95%.

No entanto, a natureza incerta da radiação solar e as habilidades da modelagem das Redes Neurais Artificiais têm inspirado a aplicação de técnicas de RNA para prever a radiação solar (GUARDIERI et al., 2007). Geralmente, as redes neurais têm sido aplicadas com sucesso em várias áreas de aplicação, tais como: Matemática, Engenharia, Medicina, Economia, Meteorologia, Psicologia, Neurologia, etc. Obviamente, há uma larga variedade de aplicações incluindo: o reconhecimento de padrões, problema de classificação, aproximação de funções e previsões, problema de otimização e controle, compressão de dados, diagnósticos, detecção de falhas, processamento de digital de sinais, dentre outros (HAYKIN, 1994).

Ainda segundo Haykin (1994), uma rede neural é um sistema inteligente que tem a capacidade de aprender, memorizar, e criar relações entre dados. Além disso, é um tipo de técnica de Inteligência Artificial que imita o comportamento do cérebro humano. As RNAs têm a capacidade de modelar sistemas lineares e não-lineares, sem a necessidade de fazer pressupostos implicitamente como na maioria das abordagens

estatísticas tradicionais. Com um pouco mais de detalhes, a rede geralmente consiste de uma camada de entrada, algumas camadas ocultas e uma camada de saída. Na sua forma mais simples, cada neurônio é conectado a outros neurônios de uma camada anterior através de pesos sinápticos adaptáveis. Na sequência, durante o processo de treinamento, os pesos de conexão são modificados de certa maneira, usando um método de aprendizagem adequado. A rede utiliza um modo de aprendizagem, no qual uma entrada é apresentada para a rede, juntamente com a saída desejada e as ponderações são ajustadas de modo a que a rede tenta produzir o resultado desejado. Portanto, os pesos, após o treinamento contêm informações significativas.

Recentemente, modelos de redes neurais artificiais têm sido utilizados com sucesso na modelagem climática Krasnopolsky e Fox-Rabinovitz (2006), na previsão de temperatura da superfície do mar Wu *et al.* (2006), na geração de “perda de carga de probabilidade” direcionadas as curvas para o dimensionamento de sistemas PV autônomos Hontoria *et al.* (2005) e na estimativa radiação solar médio mensal ver Muribu (2004).

4 | METODOLOGIA

Para este trabalho, mediante a utilização de Redes Neurais Artificiais, propõe-se uma estimativa de radiação solar nas cidades que compõem a região serrana do Maciço de Baturité. Contudo, para obter êxito nas execuções das atividades, seguir-se-á a seguinte metodologia que consiste em contemplar, basicamente, algumas etapas:

1. Coleta de dados.
2. Pré-processamento dos dados.
3. Construção e treinamento da RNA.
4. Análise de erro de aproximação.
5. Análise dos resultados.

Na sequência, são descritos cada etapa sucintamente:

4.1 Coleta de dados

Coleta e preparação de dados de amostra é o primeiro passo na concepção de modelos da RNA. A priori, tomou-se como variáveis de entrada do referido modelo, os dados de medição de temperatura máxima (°C), velocidade dos ventos, a média de umidade relativa do ar (%), precipitação, nebulosidade média e pressão atmosférica. Por sua vez, o parâmetro radiação solar (kWh/m²), foi tomada como variável de saída da rede. Os dados foram referentes a região serrana do Maciço, para os meses de

janeiro e fevereiro durante o período 2005-2018, ou seja, um período de 13 anos, cujos dados foram coletados por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.2 Pré-processamento dos dados

Após a coleta de dados, alguns procedimentos de pré-processamento de dados foram realizados com o objetivo de treinar a RNA de forma mais eficiente, tais como: resolver o problema de preenchimento de falhas de dados (*missing data*), análise das variáveis de insignificância estatística para que não sejam incorporadas na execução da RNA (nenhuma delas foi descartada), e normalização os dados. Para o desenvolvimento da rede escolheu-se o *GNU Octave*, o qual é um *software* livre e possui grande compatibilidade com o MATLAB.

4.3 Construção e treinamento da RNA

A arquitetura escolhida para RNA foi do tipo *feedforward* de camada múltipla com processo de aprendizado supervisionado. Para a topologia da rede, foram escolhidas seis variáveis de entradas, as quais foram descritas na Subseção 4.1; três camadas ocultas, sendo dois neurônios em cada camada; uma camada de saída, cujos resultados são comparados como os índices de radiação solar coletados pelo bando de dados do INMET e para cada camada, exceto na de saída, foi acrescentado um limiar de ativação (*bias*). Na sequência, tomou-se a função logística como função de ativação da rede e, por fim, adotou-se algoritmo *backpropagation* para o treinamento da rede.

4.4 Análise de erro de aproximação

A precisão da previsão de radiação solar foi avaliada com base no Erro Quadrático Médio (EQM), com base na diferença entre os valores gerados pela rede e os valores reais disponíveis no banco de dados do INMET.

4.5 Análise dos resultados

Discutiremos tais resultados na seção subsequente.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados foram realizados em conformidade com os procedimentos metodológicos propostos e a análise dos índices de radiação solar forma separados para os meses de janeiro e fevereiro, cujos meses para a região serrana do Maciço apresentam, geralmente, bons índices precipitação. Além disso, com intuito de garantir que algoritmo tenha capacidade de generalização, os dados foram subdivididos em três conjuntos: treinamento (70% dos dados), validação (15%)

e teste (15%). Contudo, para apresentar o comportamento da convergência do Erro Quadrático Médio (EQM) e o processo de validação cruzada entre o número de épocas do modelo, plotou-se apenas os conjuntos de validação e teste, as figuras subsequentes deixarão claras essa afirmação. Importante comentar que toda a RNA e o processo de análise de erros foram desenvolvidos pelo próprio grupo de pesquisa, o qual está inserido este trabalho, não sendo utilizado qualquer tipo de *Toolbox* ou algoritmo pronto.

Análise do mês de janeiro (período 1995 - 2018)

A Figura 1, sumariza as curvas de treinamento e validação na análise dos índices de radiação solar, para o período supramencionado, tendo no eixo das abcissas o número de épocas do processo de aprendizagem da RNA e no eixo das ordenadas, os valores de EQM. O número de épocas representa a quantidade de vezes que os dados serão processados até chegar aos parâmetros desejados.

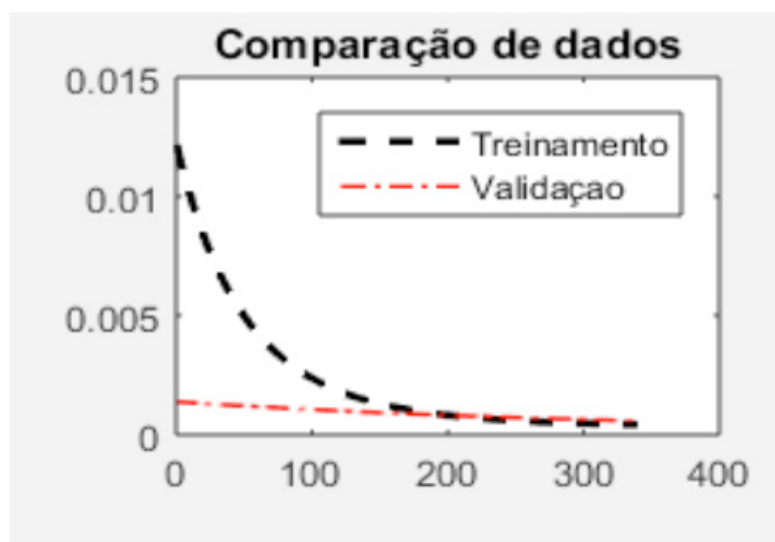


Figura 1 – Comparação entre os dados de treinamento e validação (mês de janeiro).

Fonte: Autores, 2019.

Como esperado, as curvas de treinamento e validação convergiram, diante do processo de aprendizagem da RNA, para pequenos valores de Erro Quadrático Médio. Além disso, no final da validação cruzada entre as curvas, nota-se um valor ligeiramente maior de EQM para o conjunto de validação. Tal afirmação é justificada pelo fato de o referido conjunto representar apenas 15% do total dos dados disponíveis, os quais são retirados de matriz denominada de matriz de treinamento.

Os comportamentos do EQM das curvas, em função do número de épocas de treinamento, ilustram convergência rápida desse do algoritmo de aprendizagem. Especificamente, para o mês de janeiro, obteve-se 350 épocas e um baixo EQM, o qual ficou em torno de 0,0012. Concluindo, assim, que índices obtidos pela rede são suficientemente próximos dos disponibilizados pelo INMET. Além disso, tal rede é capaz de generalização, ou seja, ao ser fornecida uma entrada, o sistema apresenta

uma saída corresponde e plausível para o ano corrente.

Análise do mês de fevereiro (período 1995 - 2018)

Na sequência, na Figura 2 tem-se as curvas de treinamento e validação na análise dos índices de radiação solar referente ao mês de fevereiro.

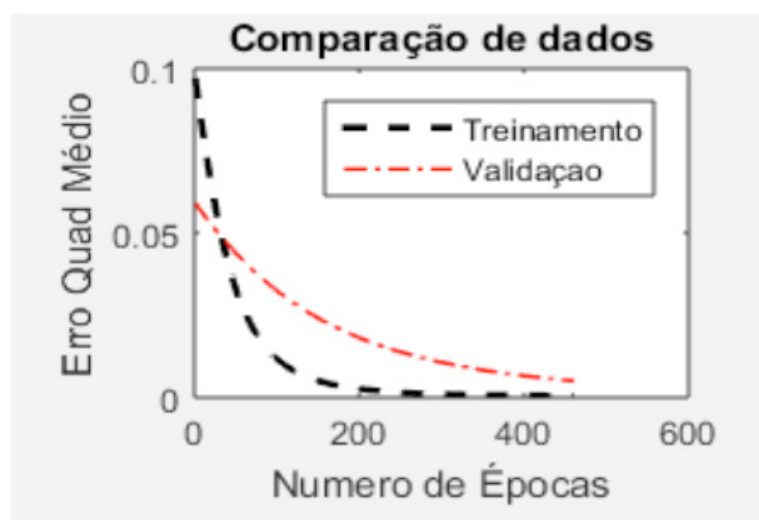


Figura 2 – Comparação entre os dados de treinamento e validação (mês de fevereiro).

Fonte: Autores, 2019.

A análise das curvas é semelhante ao caso da Figura 1. Porém, nesse caso houve um menor EQM no treinamento do algoritmo (aproximadamente 0,0001), o que implica em excelentes resultados de aproximação entre os valores reais e os obtidos pela rede. Em contrapartida, o processo de aprendizagem finalizou com 430 épocas, gerando um pouco mais de carga computacional.

6 | CONCLUSÃO

A partir deste trabalho foi possível propor um estimador de índices de radiação solar para os meses de janeiro e fevereiro do ano de 2019, a partir da construção de uma RNA com treinamento supervisionado, tendo como variáveis de entrada para a rede: temperatura máxima (°C), velocidade dos ventos, a média de umidade relativa do ar (%), precipitação, nebulosidade média e pressão atmosférica.

Os resultados obtidos, mediante a arquitetura e topologia proposta à rede, foram suficientemente próximos entre os valores desejados e os gerados na saída da rede, e tais aproximações foram comprovadas pelo método do Erro Quadrático. Ademais, constatou-se uma rápida velocidade de convergência no processo de aprendizagem.

Por fim, para trabalhos futuros pretende-se aperfeiçoar o processo do algoritmo *backpropagation* com o objetivo de tornar o processo de convergência mais rápido ou eficiente. Lembrando que todo algoritmo proposto por este trabalho foi desenvolvido pelo próprio grupo de pesquisa.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC/UNILAB pela concessão de bolsa, cujo trabalho foi decorrente de um projeto de IC. Agradecemos também ao Grupo de Pesquisa em Sinais, Sistemas e Inovação (PROSAS/UNILAB) pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica – ANEEL**. 2 ed. Brasília, 2005.

CHOU, S. C.; TANAJURA C. A. S.; XUE, Y.; NOBRE, C. A. **Validation of the coupled Eta/SsiB model over South América**, Journal of Geophysical Research, vol.107, n. D20, pp.1-20, 2002.

DAVIES, J. A.; MCKAY, D. C. **Estimating solar irradiance and components**, Solar Energy, vol. 29, no. 1, pp. 55–64, 1982.

EPIA. EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global Market Outlook: For Photovoltaics**. Brussels, 2013. Disponível em: <<http://www.epia.org/news/publications/>>. Acesso em: jan. 2019.

GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; CHAN, C. S. **Previsões de Radiação Solar Utilizando Modelo de Mesoescala: Refinamento com Redes Neurais**. I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza-CE, 2007.

GUEYMARD, C. **Critical analysis and performance assessment of clear sky solar irradiance models using theoretical and measured data**, Solar Energy, vol. 51, no. 2, pp. 121–138, 1993.

HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**, Macmillan, New York, NY, USA, 1994.

HONTORIA, L.; AGUILERA, J.; ZUFIRIA, P. **A new approach for sizing stand alone photovoltaic systems based in neural networks**, Solar Energy, vol. 78, no. 2, pp. 313–319, 2005.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. [Online] <http://www.inmet.gov.br/>

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2010. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: mar. 2017.

JOINT RESEARCH CENTRE (JRC). **Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics**; PV Status Report; Publications Office of the European Union: Ispra, Italy, 2011.

KRASNOPOLSKY, V. M.; FOX-RABINOVITZ, M. S. **Complex hybrid models combining deterministic and machine learning components for numerical climate modeling and weather prediction**, Neural Networks, vol. 19, no. 2, pp. 122–134, 2006.

LOUCHE, A.; NOTTON, G.; POGGY, P.; and SIMONNOT, G. **Correlations for direct normal and global horizontal irradiation on a French Mediterranean site**, Solar Energy, vol. 46, no. 4, pp. 261–266, 1991.

MENEZES NETO, O. L.; COSTA, A. A.; RAMALHO, F. P; **Estimativa de Radiação Solar via Modelagem Atmosférica de Mesoescala**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 3, p. 339-345, 2009.

MUBIRU, J.; BANDA, E.; OTITI, T. **Empirical equations for the estimation of monthly average daily diffuse and beam solar irradiance on a horizontal surface**, Discovery and Innovation, vol. 16, no. 3-4, pp. 157–164, 2004.

SOLAR TAUÁ. **Preparando-se Para o Futuro**. Energia, MPX. Rio de Janeiro, 2012.

VILLALVA, Marcelo Gadelha. **Energia solar fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2 ed. Editora Érica, 2018.

WANG, F.; MI, Z.; SU, S.; Zhao H. **Short-Term Solar Irradiance Forecasting Model Based on Artificial Neural Network Using Statistical Feature Parameters**. *Energies*, 2012, n. 5, p. 1355-1370.

WU, A.; HSIEH, W. W.; TANG, B. **Neural network forecasts of the tropical Pacific sea surface temperatures**, *Neural Networks*, vol. 19, no. 2, pp. 145–154, 2006.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-472-6

