

# Física:



Produção de conhecimento  
relevante e qualificado 3

Glécilla Colombelli de Souza Nunes  
(Organizadora)

A Newton's cradle with five silver spheres hanging from thin wires against a dark grey background. One sphere on the left is in motion, having just struck or about to strike the others.

# Física:

Produção de conhecimento  
relevante e qualificado 3

Glécilla Colombelli de Souza Nunes  
(Organizadora)

### **Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Editora executiva**

Natalia Oliveira

### **Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

### **Imagens da capa**

iStock

### **Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Física: produção de conhecimento relevante e qualificado 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Glécilla Colombelli de Souza Nunes

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: produção de conhecimento relevante e qualificado 3 / Organizadora Glécilla Colombelli de Souza Nunes. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0515-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.153220109>

1. Física. I. Nunes, Glécilla Colombelli de Souza (Organizadora). II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

A coleção “Produção de conhecimento relevante e qualificado 4” é uma obra composta por cinco capítulos que possuem como foco principal as Ciências Naturais. Os trabalhos aqui reunidos foram realizados em diferentes instituições de ensino do país e tem como linha central o desenvolvimento de novos materiais, técnicas e instrumentos, em especial, nas áreas de Biofísica, Física e Química.

Essa coleção aborda temas atuais e de interesse da comunidade científica que vão desde a aplicação de sistemas magnéticos à medicina até o impacto da COVID-19 no ensino de Física nas escolas públicas de nosso país. Sendo este último, um tema que contribuirá para que os docentes reflitam e pensem em estratégias (e metodologias) de como suprir os déficits de aprendizagem deixados pela pandemia da COVID-19.

Além disso, esta obra traz uma revisão sobre os avanços que a comunidade científica já conseguiu na produção de supercondutores  $Nb_3Sn_{(s)}$  e um estudo de caso sobre o comportamento das componentes da radiação solar em um município do Rio Grande do Norte, no qual pesquisou a viabilidade de projetos que envolvem a geração de energia solar na região.

Deste modo, a obra - “Produção de conhecimento relevante e qualificado 4” - apresenta artigos interdisciplinares e que são bem fundamentados nos resultados práticos obtidos. Além do que, as discussões e os dados dos trabalhos desta coleção estão muito bem organizados e os autores conseguiram apresentar seus trabalhos de forma clara e didática.

Por fim, sabe-se o quão importante é a divulgação científica e, por isso, evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulgarem seus trabalhos científicos.

Glécilla Colombelli de Souza Nunes



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **BIOSUSCEPTOMETRIA AC PARA A AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

Guilherme A. Soares

Gabriel G.A. Biasotti


Leonardo A. Pinto

Erick G. Stoppa

Lais P. Buranello

Gabriele M. Pereira

Jose R.A. Miranda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201091>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS MAGNÉTICOS PARA FUTURAS APLICAÇÕES BIOMÉDICAS**

Guilherme A. Soares

Erick G. Stoppa

Leonardo A. Pinto

Jose R.A. Miranda


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201092>

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **CHEMICAL INFLUENCES AND CHALLENGES ASSOCIATED WITH ENHANCED NB3SN SUPERCONDUCTOR DEVELOPMENT**

Erick Agnolin

Ana P. H. Vaniel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201093>

### **CAPÍTULO 4..... 35**


#### **AVALIAÇÃO DAS COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR E DO ÍNDICE DE CLARIDADE PARA CAICÓ/RN**

José Augusto Ferreira Neto

Thiago Gonçalves da Silva

Everton Felipe de Souza Pinheiro

Paula Andressa Alves de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201094>

### **CAPÍTULO 5..... 48**


#### **A IMPORTÂNCIA DA NOTAÇÃO CIENTÍFICA E DAS UNIDADES DE MEDIDAS PARA UM APRENDIZADO MAIS SIGNIFICATIVO NO ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Marilene Aparecida Fernandes Pereira

José Domingos de Oliveira

Zilanda Veríssimo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1532201095>

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>61</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>62</b>

## AVALIAÇÃO DAS COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR E DO ÍNDICE DE CLARIDADE PARA CAICÓ/RN

*Data de aceite: 01/09/2022*

**José Augusto Ferreira Neto**

<http://lattes.cnpq.br/0401494432064481>

**Thiago Gonçalves da Silva**

<http://lattes.cnpq.br/9247213148151165>

**Everton Felipe de Souza Pinheiro**

<http://lattes.cnpq.br/3226955524305254>

**Paula Andressa Alves de Araújo**

<http://lattes.cnpq.br/4857107569349842>

**RESUMO:** O presente trabalho buscou realizar uma avaliação dos comportamentos das componentes da radiação solar, e entender o comportamento delas durante o período do estudo, para os três intervalos de classificação do índice de claridade, que é de suma importância para avaliação do desempenho e viabilidade dos projetos que envolvem a geração de energia solar. Utilizando a razão entre a irradiância global a superfície e a irradiação solar extraterrestre obtivemos o Índice de Claridade (Kt), a partir da utilização de alguns cenários de condição do céu, com foco no município de Caicó/RN (-6,4700; -37,0800), para o período entre janeiro de 2010 e dezembro de 2020, a partir de valores coletados no site SoDa e valores calculados. Os resultados obtidos através da metodologia utilizada, foi a distribuição durante um ano para um ano na análise do box-plot, onde temos os maiores valores da irradiância durante o verão austral e menores durante o inverno, já para o índice de claridade temos um domínio dos dias

de céu claro com aproximadamente 54,60% dos dias (corresponde a 2194) e menos de 1% para os dias com céu nublado (37 dias). Para o período estudado no trabalho os resultados foram satisfatórios, pois conseguimos observar um determinado padrão que se repete ao longo dos anos, os resultados representam um bom indicativo para o desenvolvimento de projetos que envolvem energia solar, mas carece de mais estudo específicos, que concederam um maior embasamento para outras pesquisas e projetos de prospecção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação solar, atmosfera terrestre, energias renováveis.

### EVALUATION OF SOLAR RADIATION COMPONENTS AND CLARITY INDEX FOR CAICÓ, RN

**ABSTRACT:** The present work sought to carry out an evaluation of the behavior of the components of solar radiation, and to understand their behavior during the study period, for the three classification intervals of the brightness index, which is of paramount importance for evaluating the performance and feasibility of projects involving the generation of solar energy. Using the ratio between the global surface irradiance and the extraterrestrial solar irradiation, we obtained the Clarity Index (Kt), from the use of some sky condition scenarios, focusing on the municipality of Caicó/RN (-6.4700; - 37.0800), for the period between January 2010 and December 2020, from values collected on the SoDa website and calculated values. The results obtained through the methodology used, was the distribution during a year to a year in the analysis

of the box-plot, where we have the highest values of irradiance during the austral summer and the lowest during the winter, as for the brightness index we have a domain of clear sky days with approximately 54.60% of the days (corresponds to 2194) and less than 1% for days with cloudy skies (37 days). For the period studied in the work, the results were satisfactory, as we were able to observe a certain pattern that is repeated over the years, the results represent a good indication for the development of projects that involve solar energy, but it needs more specific study, which granted a greater basis for other research and prospection projects.

**KEYWORDS:** Solar radiation, Earth's atmosphere, Renewable energies.

## 1 | INTRODUÇÃO

A energia radiativa é a grande responsável pela energia primária que impulsiona todos os processos no planeta, tais como: a fotossíntese, os processos biológicos e meteorológicos e a energia que impulsiona o desenvolvimento das tempestades, para Souza *et al.* (2005). A radiação solar incidente sobre a atmosfera está presente todos os dias com diferentes condições, influenciando na quantidade de radiação que irá chegar até o solo durante o ciclo diurno. Quando ela atravessa a atmosfera, a radiação sofre alguns processos de interação com os componentes atmosféricos, como a reflexão, difusão e absorção. De acordo com Iqbal (1983), a radiação direta é aquela que chega até a superfície vinda diretamente do sol, já difusa é aquela dispersa ao longo do caminho e a global se refere ao valor da soma das duas componentes da radiação citadas anteriormente.

Nuvens são conjuntos visíveis de gotículas de água, poeira, fumaça e partículas de gelo, que podem estar em suspensão na atmosfera. São consideradas, de acordo com Souza Echer (2006), como um dos componentes presentes na atmosfera com a maior variação no tempo e maior efeito sobre a energia radiante que chega até o solo. Algumas literaturas, como Liu e Jordan (1960) e Rensheng *et al.* (2004), apresentam que o número ou a taxa de nuvens presentes na atmosfera, específica para um local, influencia bastante no caminho da radiação até o solo, possibilitando definir um Índice de Claridade (Kt). O índice de claridade atmosférico é definido como a razão entre a radiação solar que chega até a superfície e a radiação solar no topo da atmosfera (radiação extraterrestre). O referido índice também é conhecido na literatura, por evidenciar a condição de nebulosidade do céu, segundo Dal Pai e Escobedo (2015).

Conforme foi fundamentado por Pereira *et al.* (2017), em oposição a outras fontes convencionais de energia utilizadas, a energia solar possui uma intermitência e variabilidade espacial. Sendo assim, estudos sobre o recurso solar são essenciais para impulsionar a utilização dessa forma de energia. O conhecimento sobre a quantidade de energia que chega ao solo e suas variações ao longo do ano, que são importantes na avaliação de projetos de energia solar e no que se refere ao registro dos dados, de acordo com Abdullahi e Nasir (2014), eles são considerados ferramentas indispensáveis para pesquisas interdisciplinares como a previsão do rendimento de uma determinada cultura

ou também como uma ferramenta para medição das alterações climáticas. Mediante a isso, esse trabalho buscou realizar uma avaliação do comportamento das componentes da radiação solar, calculando e utilizando três dos cenários propostos pelo índice de claridade atmosférica, no contexto de nebulosidade ou condição de céu claro para o período de janeiro de 2010 até dezembro de 2020 na cidade de Caicó, no estado do Rio Grande do Norte.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada no município de Caicó (Latitude: -6,4700; Longitude: -37,0800), no estado do Rio Grande do Norte (Fig. 1). A coordenada utilizada para a coleta dos dados baseou-se na localidade da estação meteorológica convencional do SERIDÓ (código: 82690), disponibilizada pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essa escolha se deu em função da presença de uma estação já instalada, o que serve como indicativo da existência de um ambiente apropriado para a coleta dos dados. O município fica situado na microrregião do Seridó Ocidental (IBGE, 1990), com uma extensão territorial de 1.288,584 km<sup>2</sup>, tendo a localidade de coleta exata uma altitude de 155m em relação ao nível médio do mar. A região possui uma vegetação de Caatinga, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), apesar de estar localizada em uma zona de transição entre a caatinga Hiperxerófila e a Subdesértica, de acordo com Beltrão *et al.* (2005). Em um trabalho de Alvares *et al.* (2014), foi proposta uma classificação para o Brasil baseado nos critérios de Köppen, analisando a localidade escolhida, e aplicando essa classificação, entende-se que a localização é do tipo Bsh, o que indica que a cidade é localizada em uma região seca, tipo semiárido de baixa latitude e baixa altitude. Devido à escassez de chuvas, possui baixa nebulosidade, o que impacta diretamente na quantidade de radiação que chega até a superfície. Dessa forma, há forte insolação e temperatura média anual sempre acima de 18°C. Segundo o Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte (IDEC, 1991), a precipitação pluviométrica média anual é maior que 800 mm e sua temperatura média anual fica acima dos 27,4°C.

## LOCALIZAÇÃO DE CAICÓ, RN, BRASIL

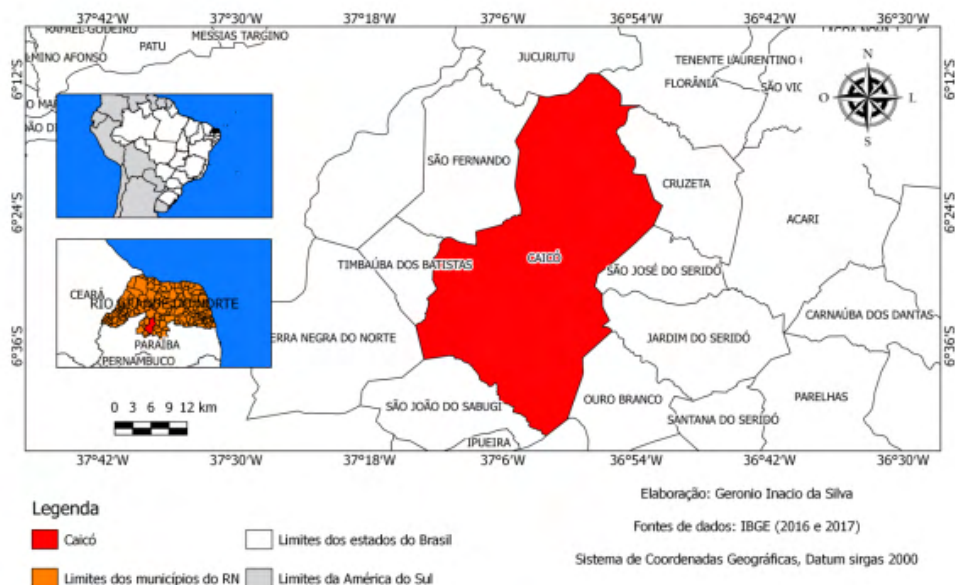


Figura 1 - Mapa da localização da área de estudo no município de Caicó, RN - Brasil.

Fonte: SILVA, 2020.

## 2.2 Dados Utilizados

Os valores utilizados no presente trabalho advêm das variáveis irradiância Global Horizontal (GHI), irradiância Difusa Horizontal (DHI) e a irradiância Direta Horizontal (BNI), todas foram coletadas do *Solar Energy Services for Professionals*, site *Solar Radiation data* (SoDa) na aba de serviços web na secção *CAMS Radiation Copernicus*. O SoDa, segundo Santos (2020), é um projeto de origem europeia financiado por uma Comissão Europeia no ano de 1999. Atualmente, é um banco de dados disponibilizado gratuitamente que fornece séries temporais calculadas a partir de dados de satélite, de irradiações globais, difusas e diretas na superfície horizontal, para condições climáticas reais, bem como em condições de céu claro, para a Europa, África, Oceano Atlântico e Oriente Médio, com resolução espacial de 3 km em Nadir e aproximadamente 4 a 5 km em 45° de latitude, sendo todas elas na unidade de (Wh/m<sup>2</sup>). Foram utilizadas outras informações, tais como a latitude local, o ângulo solar ao meio dia e ao pôr do sol e o dia do ano, consultados com base no calendário juliano para todos os dias entre 2010 e 2020, totalizando 4018 observações. Em razão dos valores serem obtidos através de dados de satélite, a série não possui falhas.

## 2.3 Cenários de Nebulosidade

Os cenários utilizados no referido trabalho foram definidos com base no Índice de Claridade (Kt), que trata-se de um número sem dimensão que varia de acordo com a quantidade de aerossóis e nuvens presentes na atmosfera em um dado momento, considerando a diminuição das componentes difusa ou direta da radiação solar que chega até a superfície terrestre, possibilitando classificar o céu de acordo com a sua nebulosidade, o que foi proposto por Tavares (2005).

Para estimar o valor de H0, utiliza-se a Eq. (1) proposta por Duffie e Beckman (2013), calculada em função da constante solar ( $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$ ), latitude ( $\varphi$ ), ângulo solar ( $\delta$ ) ao meio-dia com relação ao plano do Equador, ângulo do pôr do sol ( $\omega_s$ ) e o dia do ano com base no calendário juliano (N).

$$H_0 = \frac{24}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos \left( \frac{360N}{365} \right) \right] \cdot \left( \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta \right) \quad (1)$$

Utilizando a Eq. (1), a partir dos resultados e dos valores medidos de H, a classificação de cobertura do céu aplicada foi uma modificação proposta por Escobedo *et al.* (2009), onde foram estabelecidos alguns cenários, céu nublado ( $0,35 \geq Kt \leq 0,55$ ) e céu parcialmente claro ( $0,55 \geq Kt \leq 0,65$ ) que foram combinados. Foi utilizado, no referido trabalho, as categorias definidas como: céu nublado ( $Kt < 0,35$ ), céu com cobertura intermediária ( $0,35 \geq Kt \leq 0,65$ ) e céu claro ( $Kt > 0,65$ ). Assim, é proposta uma classificação para todos os anos do estudo e também isolada para cada mês, a fim de identificar a presença de possíveis períodos predominantes para a classificação.

Possuindo os valores de H e H0 tem-se a classificação dos valores de Kt. Assim, é possível aplicá-lo para cada um dos dias abordados no estudo. Para tal, utiliza-se a Eq. (2), onde H que é a irradiação solar global e H0 a irradiação solar global extraterrestre, ambas com frequência diária e no plano horizontal.

$$Kt = \frac{H}{H_0} \quad (2)$$

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Componentes Solares

Os valores diários foram coletados durante o período entre janeiro de 2010 e dezembro de 2020. Na Fig. 2 são apresentados os comportamentos: da irradiação solar global referente à linha azul, dos ciclos da irradiância global extraterrestre calculada através da Eq. (1) e a coletada a partir das informações obtidas por satélite, referentes à linha vermelha e amarela, respectivamente. Dessa forma, foram representados esses

comportamentos sobre a localidade em questão para um período de aproximadamente 11 anos, pois com um maior período de estudo há uma maior confiabilidade nos resultados obtidos.

Os valores da irradiação extraterrestre, que é um fluxo por unidade de área, foram abordados de duas diferentes formas: o segmento vermelho, que representa a irradiação calculada através da Eq. (1), e os valores do segmento amarelo, pertence à mesma variável obtida a partir dos dados de satélite. Ambos possuem valores muito próximos e comportamento sazonal estatisticamente idênticos, havendo apenas um pequeno distanciamento nos pontos de picos e vales. Há a presença de um grande vale durante o inverno, um aumento no período de outono e, durante o pico presente no verão, ocorre uma diminuição momentânea, que torna a aumentar. Tal comportamento também é observado no segmento azul com os valores da irradiação global, tal qual possui o mesmo comportamento sazonal presente nos segmentos anteriormente citados. Porém, ele possui uma maior variação em decorrência à sua interação com os componentes atmosférico, os quais possuem bastante variação ao longo de um curto período, ficando com os seus valores máximos por volta de 7500 Wh/m<sup>2</sup>, enquanto que seu mínimo ficou abaixo de 2500 Wh/m<sup>2</sup> em pontos específicos dos anos de 2017 e 2019.

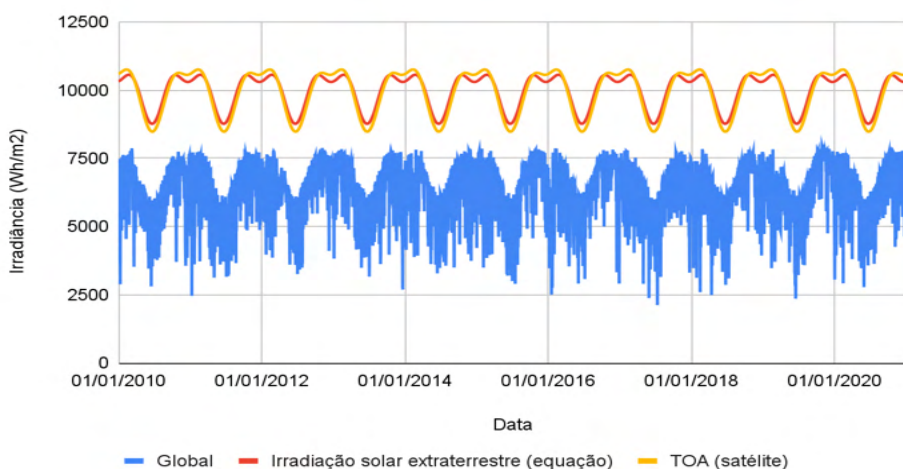


Figura 2 - Fluxo da radiação no topo da atmosfera (equação e satélite) e global entre 2010 e 2020.

Com auxílio da Fig. 3 é apresentado um box-plot, dividindo os anos mensalmente para obter uma análise mais assertiva sobre o comportamento anual da irradiação difusa em Wh/m<sup>2</sup>. Num primeiro momento buscou-se destacar o comportamento do ciclo anual da variável, da mesma forma que foi apresentado recentemente por Fernando *et al.* (2019). O ciclo da variável registrou os maiores valores durante o verão austral, e os menores durante



o período do inverno. Isso ocorre devido à sazonalidade e à declinação solar, que são consequência dos movimentos de rotação e translação da terra. Nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, foram observados no gráfico os valores máximos da série, com os valores por volta de 3500 Wh/m<sup>2</sup> e superiores, junto com as maiores médias e também os mais elevados mínimos valores, próximo dos 1000 Wh/m<sup>2</sup>, destacando que nos meses de dezembro à março, a média ficou acima do valor da mediana. Porém, deve-se observar que nos citados meses do verão houve uma alta dispersão dos valores dentro do mês, que pode ser verificada através do tamanho das caixas do Box-plot (Fig. 3), onde os valores do 1° quartil e 3° quartil, que representam respectivamente os valores de 25% e 75% das observações, ficam a uma meia distância da mediana, a qual divide o gráfico em dois, com 50% acima e 50% abaixo.

Com o final do verão e o início do outono entre março e abril, os valores da componente difusa da radiação começam a diminuir a partir da estação de transição, que ocorre entre o final de março e início de junho, em direção ao inverno, a diminuição observada nos valores do gráfico é de 7,14% nos valores máximos e mínimos para o mês de abril. Após esse período de declínio, é verificado que, os meses de junho e julho possuem os menores valores da componente difusa durante os meses citados, de modo que a máxima, média e mínima são as menores. Entretanto, destaca-se também a diferença entre os meses, pois possuem comportamentos internos diferentes. Por exemplo, em julho a amplitude é maior que o antecessor, tendo a média e a mediana maiores. Antes do aumento do verão passasse pela primavera, outra estação de transição. Todavia, durante esse período, os valores são ascendentes, como é possível observar nos meses de setembro, outubro, novembro e no início do mês de dezembro.

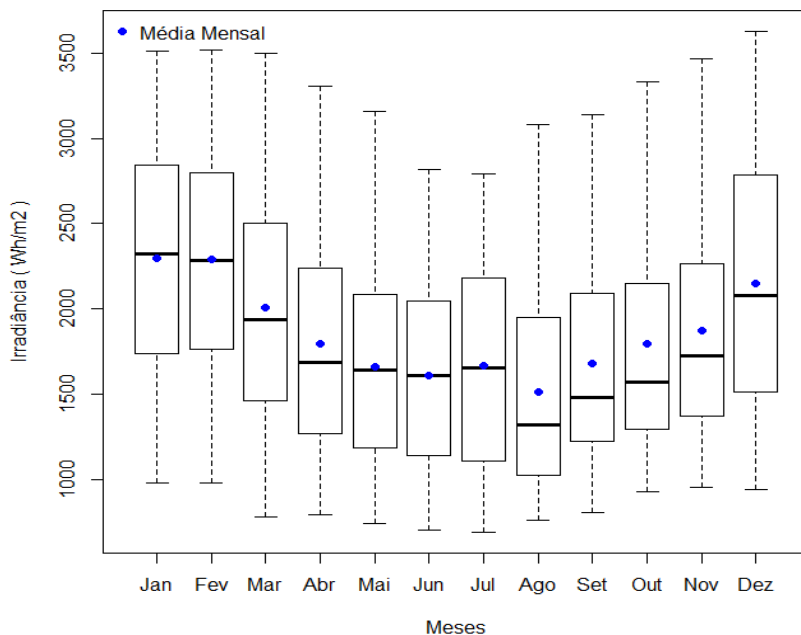


Figura 3 - Box-plot mensal da Irradiância Difusa (Wh/m<sup>2</sup>) de janeiro de 2010 a dezembro de 2020.

Através da análise visual da Fig. 4, observa-se que a componente direta tem um comportamento bastante diferente daquilo que foi observado nas global e difusa, as quais possuem um comportamento sazonal com maiores valores no verão e menores no inverno e, devido à relação entre a direta e a difusa, mostraram-se inversamente proporcionais durante a análise dos dados e de outros trabalhos que contêm as mesmas variáveis. Em todos os meses tem-se uma média sempre abaixo da mediana, e essa situação é causada devido os valores mínimos estarem muito distante do limite do primeiro quartil. Ou seja, a presença de outliers, que são valores discrepantes na série, presente nos meses de abril, maio, e entre agosto a novembro, de modo que no mês de outubro é apresentada a maior quantidade de valores atípicos.

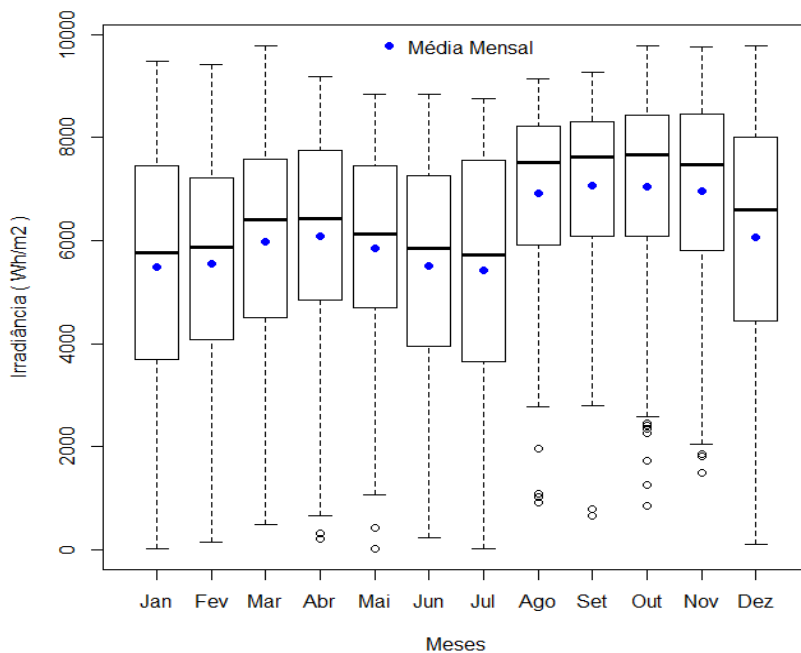


Figura 4 - Box-plot mensal da Irradiância Direta (Wh/m<sup>2</sup>) de janeiro de 2010 a dezembro de 2020.

### 3.2 Índice de Claridade(falta falar sobre o número de dias)

Na Fig. 5 está representada uma distribuição das irradiâncias em função do Kt. Para o período que foi estudado, calculou-se o índice de Kt, e o mínimo para todo o tempo estudado encontrado foi o valor de 0,2375 no dia 10 de janeiro de 2011. Tal valor representa uma condição de céu nublado, que pode ser identificado a partir do valor de 0,35, de modo que, quanto menores os valores, mais nebulosa é a condição do céu no ponto em que o estudo foi aplicado. O valor máximo foi de 0,7605 no dia 30 de outubro de 2019, indicando uma condição de céu claro, estabelecida a partir do valor de 0,65 de Kt. Tal comportamento também foi observado em um trabalho feito recentemente por Rondón, Ducati e Haag (2020), onde para apenas um ano e em uma localidade diferente foi observado um comportamento relativamente próximo.

Quando abordamos a Fig. 5 para os valores do intervalo de  $Kt < 0,35$  a global e a difusa são praticamente iguais, ou seja, os pontos são quase sobrepostos. Já a direta fica com valores muito próximos de zero, o que é um indicativo de condição de céu nublado. No segundo ponto do índice,  $0,35 \geq Kt \leq 0,65$ , existe uma proximidade entre os valores da global, direta e difusa, no valor de 0,40 de Kt que é uma condição de céu com cobertura intermediária, ao avançarmos até o valor de 0,50 começamos a observar um afastamento dos pontos da direta e da difusa. O comportamento das duas é distinto, pois a direita

aumenta o seu valor em Wh/m<sup>2</sup> juntamente com o aumento do índice de claridade, enquanto que a difusa possui um comportamento inversamente proporcional ao aumento do índice de claridade, ou seja, quando uma aumenta a outra diminui.

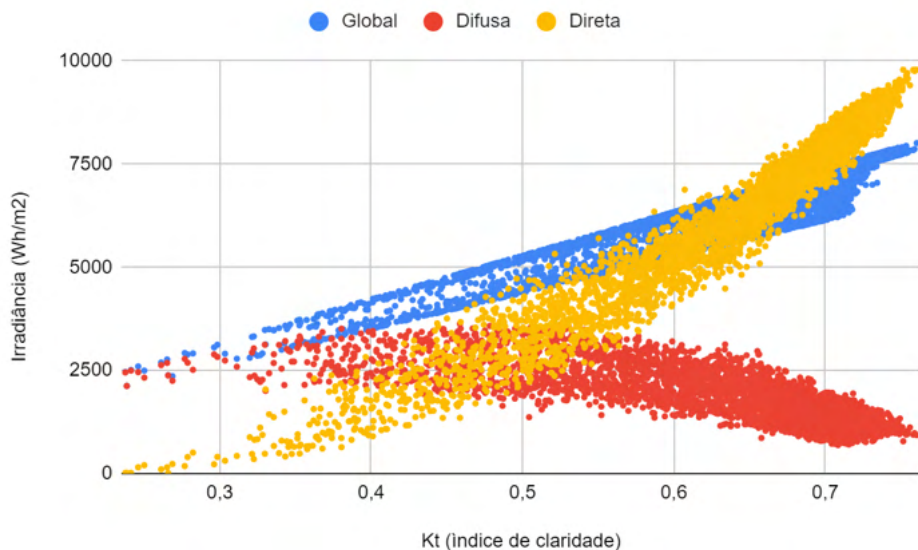


Figura 5 - Distribuição da irradiância global, difusa e direta em função de Kt.

Na Fig. 6 é apresentado um histograma de frequência em função do índice de claridade (Kt), foram delimitadas duas linhas verticais no gráfico. A primeira delas, a azul, localiza-se no ponto onde Kt é igual a 0,35, e a segunda, na cor ciano, está localizada em Kt igual a 0,65. Abaixo da linha azul é aplicada a condição de céu nublado, entre as duas linhas a condição é de céu com cobertura intermediária, e após da linha da cor ciano são indicados os dias de céu claro. A análise do histograma buscou focar na distribuição dos dados, apresentando a frequência da ocorrência de uma determinada condição do céu de acordo com o índice calculado. Na primeira das três faixas de classificação do índice Kt < 0,35, antes da linha azul, aquela que indica que temos dias de céu claro, verificou-se que para o período de estudo, entre 01 de janeiro de 2010 e 31 de dezembro de 2020, há menos de 1% dos dias incluídos em tal classificação, aproximadamente 0,92% dos dias.

A segunda classificação, que está localizada entre os valores de  $0,35 \geq Kt \leq 0,65$ , representa os valores do índice para o céu com cobertura intermediária, e está localizada entre as linha azul e ciano, onde nela, bem como no primeiro intervalo observou-se um aumento nos valores de frequência. Nesta faixa, tem-se um total de aproximadamente 44,47% dos valores para um total de 4018 dias presentes na Fig. 6.

Os valores de Kt acima de 0,65, é a terceira classificação dos valores calculados

para o índice de claridade. Tem-se o maior número de valores para o índice, na distribuição os valores aumentam e atingem o pico da frequência a partir dos valores por volta de 0,70. Os dias classificados como de céu claro representam aproximadamente 54,60% dos dias, tendo como seu valor máximo em kt igual a 0,76.

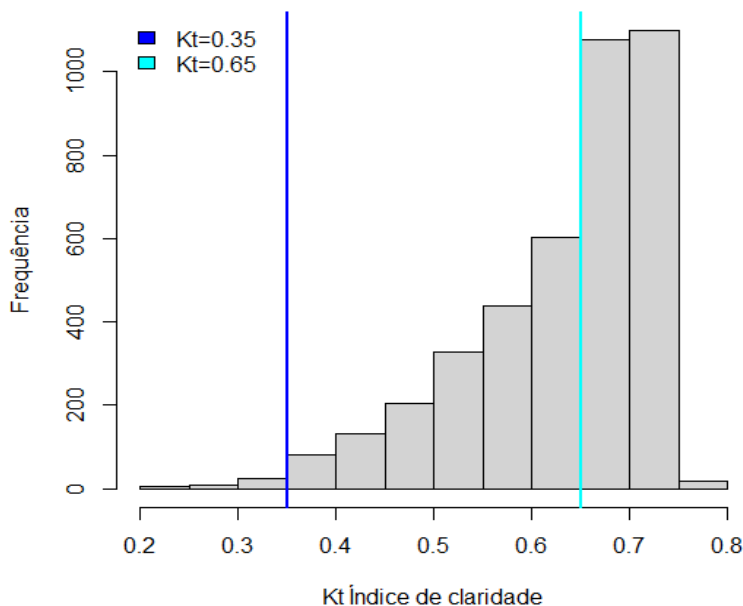


Figura 6 - Histograma de frequência do índice de claridade (Kt) para os anos de 2010 a 2020.

## 4 | CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou os resultados para as componentes da radiação e índice de claridade atmosférica para o período entre 2010 e 2020. A variação das componentes obedece um comportamento esperado pelo observado em outros trabalhos realizados para a região. As variações são influenciadas principalmente pelos movimentos de rotação, translação da Terra, declinação do eixo terrestre e da nebulosidade em alguns dias que são dominados por céu nublado, pois foi observado que menos de 1% dos dias apresentaram condição de céu nublado, a qual influencia muito na quantidade de radiação que chega até o solo. Mesmo unindo-a com os dias de cobertura intermediária, não supera o total de dias com condição de céu claro, com aproximadamente 54,60%. Considera-se então que, devido aos resultados presentes no estudo, para um período de mais de 10 anos, a cidade possui um número de dias consideráveis com condição de céu claro. Nesse sentido, o município de Caicó mostrou-se como uma localidade com alto potencial para a geração de energia solar durante todo o ano, com destaque para o verão. Como sugestão para trabalhos futuros, é recomendada a aplicação da condição de céu claro,

bem como a de outras equações que possam estimar os valores da radiação que chega ao solo, simulações de rendimento de geração de energia solar e indicação das melhores localidades para instalação de um sistema.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Norte e ao Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

Abdullahi, M. e Nasir, M., 2014. Evaluation of monthly total global and diffuse solar radiation in Ibi, Taraba state, Nigeria. Pelagia Research Library. Advances in Applied Science Research, vol. 5, n. 2, pp 144-148.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

Área territorial brasileira 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/caico.html>>. Acesso em: 17 de Fevereiro de 2022.

BELTRÃO, B. A.; ROCHA, D. E. G. A.; MASCARENHAS, J. C.; SOUZA JUNIOR, L. C.; PIRES, S. T. M.; CARVALHO, V. G. D. Projeto Cadastro de Fontes De Abastecimento Por Água Subterrânea Estado Do Rio Grande do Norte: Diagnóstico do Município De Jardim de Piranhas. 2005.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Caicó, estado do Rio Grande do Norte / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DAL PAI, E.; ESCOBEDO, J. F. Estimativa da radiação atmosférica em função dos índices radiométricos  $K_t$  e  $K_d$  para Botucatu-SP. Energia na agricultura, Botucatu, vol.30, n.2, p. 172-179, abril-junho, 2015.

DA SILVA, Geronio Inacio et al. Influência da arborização na modificação microclimática em cidades de pequeno porte do Semiárido brasileiro: o estudo de caso de Caicó. Revista Geografica Academica, v. 14, n. 1, p. 94-105, 2020.

De Souza, J., Mendonça, R. e Lima, M., 2005. Global solar radiation measurements in Maceió - Brazil. Renewable Renewable Energy, vol. 30, pp. 1203-1220.

De Souza, Echer., Martins, F., Pereira, E., 2006. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 28, n. 3, pp. 341-352.

Duffie, J., Beckman, W., 2013. Solar engineering of thermal processes. Fourth Edition. Wiley.

Escobedo, J., Gomes, E., Oliveira, A. e Soares, J., 2009. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. *Applied Energy*, vol. 86, pp. 299–309.

FERNANDO, Domingos Mário Zeca et al. IRRADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA CIDADE DE MAPUTO-MOÇABIQUE: EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS MEDIDAS E MODELAGEM ESTATÍSTICA. *ENERGIA NA AGRICULTURA*, v. 34, n. 01, p. 82-93, 2019.

IDEC. Açudes Públicos do Rio Grande do Norte. Características Físicas e Técnicas – Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte. Natal/RN, 1991.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1990). Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas (PDF). Biblioteca IBGE. 1: 44–47.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. 2021.

Liu, B., Jordan, R., 1960. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation.

*Solar Energy*, Washington, vol. 4, n. 3, pp. 1–19.

IQBAL, M. Ground Albedo. *An Introduction To Solar Radiation*; Academic Press: Toronto, Canada, p. 281-293, 1983.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2017.

R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <<http://www.R-project.org>>.

Rensheng, C., Ersi, K., Jianping, Y., Shihua, L., Wenzhi, Z. e Yongjian, D., 2004. Estimation of horizontal diffuse solar radiation with measured daily data in China. *Renewable Energy*, vol. 29, pp.717–726.

RONDÓN, Adriana Coromoto Becerra; DUCATI, Jorge Ricardo; HAAG, Rafael. ANÁLISE ANUAL DAS COMPONENTES DIRETA, DIFUSA E GLOBAL DA RADIAÇÃO SOLAR EM PORTO ALEGRE, RS. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2020.

Santos, Hugo Francisco Lisboa, et al. “QUE FONTE DE DADOS METEOROLÓGICOS UTILIZAR NO BRASIL? QUE INCERTEZA ESPERAR? UMA COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES ABORDAGENS E VARIADAS FONTES DE DADOS.” VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018 . 2020.

SoDa. **Solar Radiation data**. Disponível em: <<http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/cams-radiation-service>>. Acesso em: 10 Dezembro de 2021.

Tavares, P. 2005. Observação e análise da radiação solar global e fotossinteticamente ativa na região de Maceió. Trabalho Final de Graduação. UFA. Maceió.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Anisotropia 12  
Aquisição de imagens 2  
Artificial pinning centers 26, 32, 33  
Atmosfera terrestre 35  
Avaliação diagnóstica 48, 49, 51, 52, 55, 56, 57

### B

BAC 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24  
Biomagnetismo 12, 23  
Biosusceptometria de corrente alternada 1, 2, 11, 13, 14, 24  
Box-Plot 35, 40, 41, 42, 43

### C

Ciências da natureza 49  
Comprimido magnético 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23  
COVID-19 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60

### E

Electron-phonon interaction 30, 32  
Energia solar 35, 36, 45, 46, 47  
Energias renováveis 35  
Ensino de física 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59  
Ensino médio 48, 50, 51, 54, 55, 56, 59  
Ensino remoto 48, 58, 59, 60

### F

Ferrita de manganês 4, 15

### G

Gradiômetro 3, 4, 12

### I

Imagens magnéticas 11, 12, 13, 22  
Imagens quantitativas 12, 23, 24  
Índice de clareza 35, 36, 39, 43, 44, 45  
Instrumentação biomédica 1



Irradiância 35, 38, 39, 40, 42, 43, 44

Irradiância difusa horizontal 38

Irradiância direta horizontal 38

Irradiância global horizontal 38

## **M**

Magnetorresistores 11, 12, 13, 15, 24

Marcadores magnéticos 15, 23

Material magnético 9, 10, 14, 19, 22, 23

Metodologias ativas 48, 49, 54

Micropartículas 15

MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 4, 15

## **N**

Nanomedicina 2

Nanopartículas magnéticas 1, 2, 3, 4, 10, 13, 24, 25

Nb<sub>3</sub>Sn(s) 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Notação científica 48, 51, 55

## **P**

PIT process 28

## **R**

Radiação solar 35, 36, 39, 47, 54

## **S**

Sistemas magnéticos 1, 2

Superconducting properties 26, 30, 32

Superconducting wires 28, 34

Superconductive behavior 27

## **T**

Técnicas biomagnéticas 12

## **U**

Unidades de medidas 48, 50, 51, 54


# Física:

Produção de conhecimento  
relevante e qualificado 3

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# Física:

Produção de conhecimento  
relevante e qualificado 3

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)