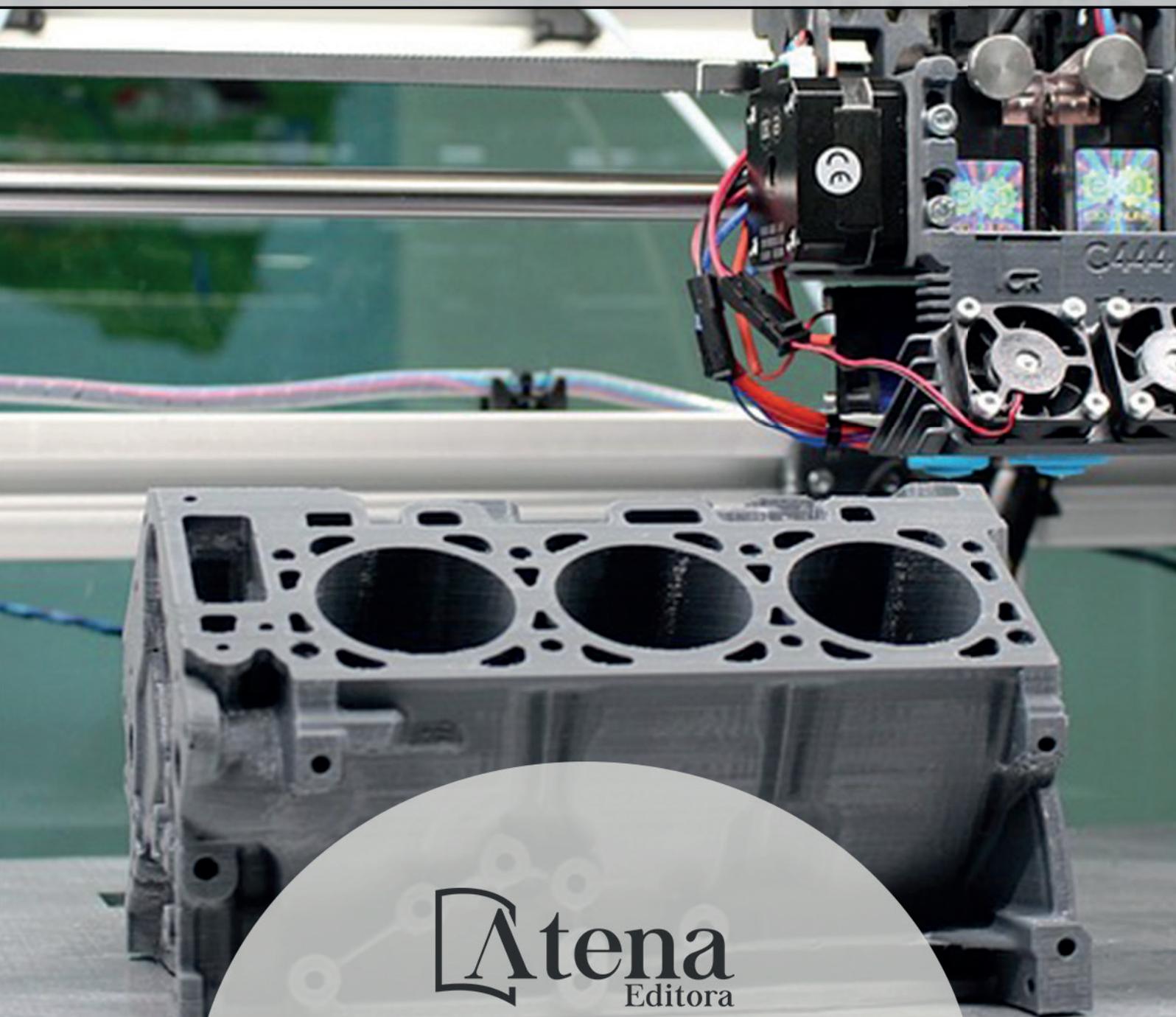


# Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**Franciele Bonatto**  
**Henrique Ajuz Holzmann**  
**João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

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)

E57 Engenharias mecânica e industrial [recurso eletrônico] : projetos e fabricação / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
ISBN 978-85-85107-76-5  
DOI 10.22533/at.ed.765180511

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica.  
3. Produtividade industrial. I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.

CDD 670.427

**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.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Surgida durante a Revolução Industrial na Europa no século XVIII, a Engenharia Mecânica de maneira sucinta, pode ser definida como o ramo da engenharia que se dedica a projetos, produção e manutenção de máquinas.

Nesta obra é conciliado estes dois fundamentos que são pilares na profissão de engenheiro mecânico; Projetos e fabricação. Felizmente é possível perceber que estes dois fundamentos da engenharia mecânica e industrial continuam sendo pontos fortes da formação de profissionais nesta área e dos docentes pesquisadores envolvidos neste processo.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de projetos e fabricação no âmbito da engenharia.

Trabalhos envolvendo caracterização de materiais são importantes para a execução de projetos dentro de premissas de desempenho e econômicas adequadas. Eles continuam a ser a base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais para o design do produto em concepção.

Dentro deste livro também são contemplados temas eminentemente práticos emissão de motores de combustão interna, bancadas didáticas de bombeamento, tuneis de vento além de problemas clássicos da indústria como tubulações e lubrificação.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS DO AÇO SAE 1020	
<i>Amadeu Santos Nunes Junior</i>	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
AJUSTE DE CURVAS DOS PARÂMETROS DE SOLIDIFICAÇÃO PARA AÇOS PRODUZIDOS POR LINGOTAMENTO CONTÍNUO	
<i>Lisiane Trevisan</i>	
<i>Juliane Donadel</i>	
<i>Bianca Rodrigues de Castro</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E DEFINIÇÃO DO PERCENTUAL DE CARBONO DE UM AÇO POR MEIO DA METALOGRAFIA QUANTITATIVA	
<i>Felipe Gomes dos Santos</i>	
<i>Lioudmila Aleksandrovna Matlakhova</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE COMPÓSITOS SANDUÍCHE COM NÚCLEO DE MADEIRA Balsa MEDIANTE ENSAIO DE DOBRAMENTO TRÊS PONTOS	
<i>Denilson Pablo Cruz de Oliveira</i>	
<i>Renata Portela de Abreu</i>	
<i>Pedro Augusto Silva de Sousa</i>	
<i>Abimael Lopes de Melo</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA PELO MÉTODO DE PLACA QUENTE	
<i>Wênio Fhará Alencar Borges</i>	
<i>Eduardo Corte Real Fernandes</i>	
<i>Oyama Douglas Queiroz de Oliveira Filho</i>	
<i>Alex Maurício Araújo</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA A PARTIR DA VARIAÇÃO NA REGULAGEM DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO	
<i>Fernanda de Souza Silva</i>	
<i>Adriano Sitônio Rumão</i>	
<i>Marcos da Silva Gonçalves Júnior</i>	
<i>Daniel Lira da Silva Figueiredo</i>	
<i>Bráulio Alexandre Alves de Lima</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>66</b>
ANÁLISE DE EMISSÃO DE GASES DO MOTOR HORIZONTAL BRIGGS AND STRATTON INTEK 10 HP BAJA SAE	
<i>Bruno Silvano da Silva</i>	
<i>Daniel Willemam Trindade</i>	
<i>Elias Rocha Gonçalves Júnior</i>	
<i>Virgínia Siqueira Gonçalves</i>	
<i>Claudio Luiz Melo de Souza</i>	

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

ROTEIRO TÉCNICO PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS UTILIZADAS EM ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

*Ismael de Marchi Neto*  
*Rodrigo Corrêa da Silva*  
*Mateus de Souza Goulart*  
*Rafael Sene de Lima*  
*Ricardo de Vasconcelos Salvo*

**CAPÍTULO 9 ..... 97**

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA REFRIGERAÇÃO DE PARADAS DE ÔNIBUS EM TERESINA-PI

*Wênio Fhará Alencar Borges*  
*Armystron Gonçalves Ferreira Araújo*  
*Alexsione Costa Sousa*  
*Luciane Norberto Menezes de Araújo*  
*Maria Onaira Gonçalves Ferreira*

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVA DE CURVA CARACTERÍSTICA DE BOMBA CENTRÍFUGA

*Janio Marreiros Gomes,*  
*Ighor Caetano Silva Ferreira,*  
*Adriano do Amor Divino Guilhon Serra,*  
*Paulo Roberto Campos Flexa Ribeiro Filho,*  
*Wellington de Jesus Sousa Varella,*  
*Thymisson Sousa da Paixão,*

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

*Rafael Costa Da Silva*  
*Luiz Carlos Cordeiro Junior*  
INTRODUÇÃO À ANÁLISES HIDRÁULICAS ATRAVÉS DO ESTUDO DO COMPRIMENTO CARACTERÍSTICO EM TUBULAÇÕES

**CAPÍTULO 12 ..... 132**

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI TUNEL DE VENTO DIDÁTICO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS AERODINÂMICOS

*Diógenes Leite Souza*  
*Fernando Lima de Oliveira*

**CAPÍTULO 13 ..... 151**

ANÁLISE DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS NO MOTOR DO CARRO ARRANCADA

*Paulo Rutenberg Madeira Santos*  
*Higor Leandro Veiga da Silva*

**CAPÍTULO 14 ..... 158**

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO ÓLEO BASE DE UMA GRAXA MINERAL EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CONTAMINAÇÃO

*Ana Cláudia Marques*  
*Bruno Henrique Viana Mendes*  
*Jorge Nei Brito*

**CAPÍTULO 15 ..... 167**

MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM MEIOS LÍQUIDOS NA OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

*Vagner dos Anjos Costa*  
*Cochiran Pereira dos Santos*

*Antonio Cardoso Ferreira  
Jubiraí José Galliza Júnior  
Fabrício Oliveira Silva  
Fabio Santos de Oliveira  
Silvio Leonardo Valença*

**CAPÍTULO 16..... 179**

ESTUDO EXPERIMENTAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE ONDAS E CORRENTES MARÍTIMAS

*Reginaldo Nunes da Silva  
Patrícia do Nascimento Pereira  
Fernando Lima de Oliveira*

**CAPÍTULO 17 ..... 186**

USO DO SENSOR HC – SR04 COM O ARDUINO UNO: UMA ANÁLISE DE ERROS DE MEDIÇÃO ENVOLVENDO AS BIBLIOTECAS ULTRASONIC E NEW PING

*Lucas Santin Bianchin  
Rogério Bido  
Vanessa Carina Dal Mago  
Alexsander Furtado Carneiro*

**CAPÍTULO 18..... 198**

MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ATRAVES DA IMPLANTAÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E SISTEMA SCADA EM WINCC RT

*Fabrício Roosevelt Melo da Silva  
Diego Antônio de Moura Fonseca  
Andrés Ortiz Salazar*

**SOBRE O ORGANIZADORES..... 213**

## UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA REFRIGERAÇÃO DE PARADAS DE ÔNIBUS EM TERESINA-PI

### **Wênio Fhará Alencar Borges**

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Recife - Pernambuco

### **Armyston Gonçalves Ferreira Araújo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí  
Teresina - Piauí

### **Alexsione Costa Sousa**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí  
Teresina - Piauí

### **Luciane Norberto Menezes de Araújo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão  
Coelho Neto – Maranhão

### **Maria Onaira Gonçalves Ferreira**

Universidade Federal do Piauí, Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCM)  
Teresina - Piauí

**RESUMO:** As fontes de energias renováveis serão a solução para os problemas energéticos de vários países. No Brasil, o seu uso, até 2015, correspondeu a 42,5% de toda a matriz energética, com destaque para a energia eólica, solar e biomassa frente à geração hidrelétrica. Assim, percebe-se a importância

destas fontes de energia. No estado do Piauí, e especialmente na cidade de Teresina, os ótimos índices solarimétricos favorece a utilização da energia solar fotovoltaica para a geração de energia elétrica. A partir disto, o presente trabalho objetivou analisar futuros projetos de paradas de ônibus que a prefeitura de Teresina pretende implantar e fazer um estudo de caráter técnico (dimensionamento) para a instalação de sistemas fotovoltaicos a fim de suprir a demanda de consumo elétrico do sistema de refrigeração das paradas. Foi feito o dimensionamento para o sistema fotovoltaico e de refrigeração. Os resultados mostraram que ambos os sistemas são viáveis devido à localização e dimensões das paradas de ônibus. A estrutura do telhado favorece a instalação dos sistemas, necessitando somente algumas intervenções, como estrutura de suporte dos painéis solares, a fim de otimizar o sistema fotovoltaico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar, dimensionamento, paradas de ônibus

**ABSTRACT:** Renewable energy sources are the solution for the energy problems in several countries. In Brazil, its use, by 2015, accounted for 42.5% of all energy sources, especially wind power, solar and biomass in front of hydroelectric generation. Thus, we see the importance of these energy sources. In the state of Piauí, and especially in the city of Teresina, the great

solarimetric rates favors the use of photovoltaic solar energy for generating electricity. From this, the present study aimed to analyze future project of bus stops that the city hall of Teresina intends to implement and make a technical character study (design) for the installation of photovoltaic systems in order to supply the electrical consumer demand of the system cooling of the bus stops. Designing for the PV and cooling systems were done. The results showed that both systems are viable due to the location and dimensions of the bus stops. The roof structure favors the installation of the systems, requiring only a few operations as a support structure for the solar panels, in order to optimize the photovoltaic system.

**KEYWORDS:** Solar energy, designing, bus stops

## 1 | INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia, principalmente as chamadas “energias renováveis”, tem chamado a atenção da comunidade internacional. Sabe-se que a tendência mundial é o aumento da temperatura nos próximos anos devido ao uso irracional das fontes não alternativas de energias, no qual emitem quantidades exorbitantes de gases nocivos à camada de ozônio. Diante desta problemática, o surgimento de novas opções para a geração de energia vem despertando o interesse de governantes em várias partes do mundo, pois este é um investimento que a médio e longo prazo se mostra bastante viável em termos de produção de energia com qualidade e baixo custo de manutenção.

No contexto brasileiro, segundo o MME (2015), o uso das fontes de energias renováveis chega a 84% se considerado apenas a geração de energia elétrica e até o fim de 2015 correspondeu a 42,5% de toda a matriz energética brasileira. O destaque é a crescente participação das energias renováveis como eólica, solar e a biomassa frente à geração hidrelétrica. De acordo com a EPE (2015), estas fontes cresceram 30% em 10 anos, em 2004 correspondia a 2,8% da matriz energética e passou para 4,1% em 2014. Em 2015, já representava 4,8% da matriz brasileira e com uma previsão de 9,9% em 2024.

Dentre estas fontes, vale destacar o crescimento da energia solar fotovoltaica, devido a sua facilidade de produção de energia elétrica próximo da fonte consumidora. A EPE (2015), prevê que até 2050, 13% de todo o abastecimento das residências no Brasil seja feita pelas placas fotovoltaicas. Em agosto de 2015, o país fez o primeiro leilão de energia de reserva com projetos solares fotovoltaicos, contratando 1.043,7 MWp (megawatts-pico) de potência de 30 projetos diferentes. Daí, percebe-se a importância que esta fonte terá na matriz brasileira, com destaque para o nordeste, onde possui ótimos índices solarimétricos (CRESESB, 2004).

No contexto piauiense, o estado apresenta índice de radiação superior a 18 MJ/m<sup>2</sup>/dia, o que lhes garante um dos maiores potenciais energéticos, em termos

de energia solar no Brasil (MORAIS, 2009). Embora tenha este grande potencial, a população da capital Teresina, sofre com a falta de projetos que aproveite essa irradiação e converta em benefícios para a maioria da população. Um exemplo disto é a ausência de ambientes refrigerados, como as paradas de ônibus na área urbana. São nos meses de agosto a novembro, onde os índices de irradiação são os melhores e em que a população mais sofre com o calor.

Diante desta problemática, o presente trabalho se propõe a analisar futuros projetos de paradas de ônibus que a prefeitura de Teresina-PI pretende implantar e fazer um estudo de caráter técnico (dimensionamento) para a instalação de sistemas de refrigeração, através da utilização de energia gerada por sistemas solares fotovoltaicos, visando uma melhoria na qualidade de vida da população da cidade de Teresina-PI.

## 2 | METODOLOGIA

Para se chegar ao objetivo do presente trabalho, foram obtidos uma coleção de dados, onde incluiu as características e localização das paradas de ônibus assim como os dados meteorológicos da cidade. Através dos projetos de paradas propostos pela prefeitura de Teresina, tentou-se modelar um sistema técnico que fosse viável de implementação.

A partir disto, foram feitos cálculos de cargas térmicas para uma amostra (parada), e logo após, o dimensionamento dos equipamentos (coletores solares). E finalmente, foi avaliado o cenário do projeto, buscando-se uma otimização do sistema.

### 2.1. Caracterização do local

A parada de ônibus foi previamente determinada pelo setor competente da prefeitura de Teresina. O local está localizado em frente a Unidade Escolar Residencial Pedra Mole, no bairro Pedra Mole, em Teresina-PI. Sua localização tem latitude de  $-5^{\circ}02'$  sul e longitude de  $-42^{\circ}78'$  oeste.

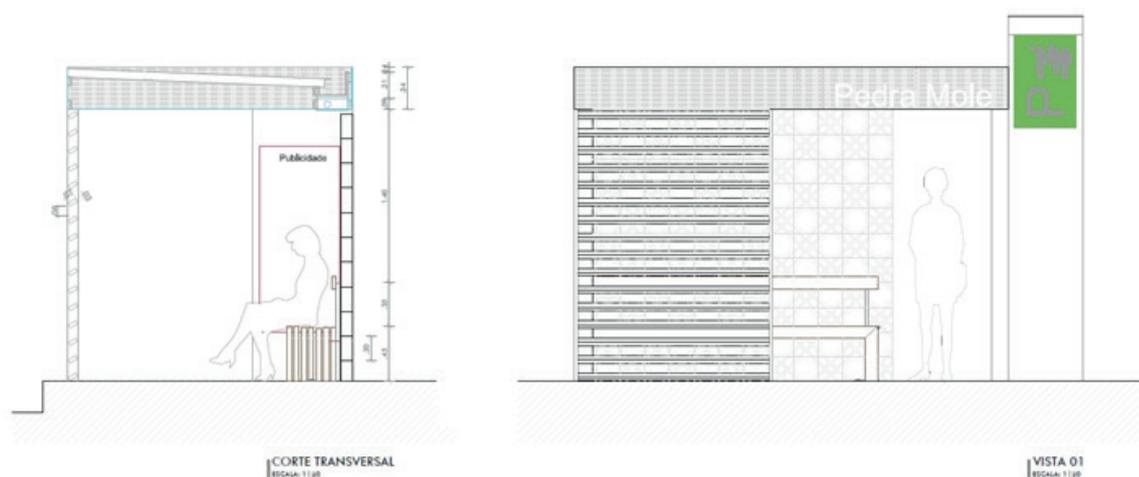
### 2.2. Análise da parada de ônibus

A parada de ônibus selecionada faz parte de um novo projeto para mudança das atuais paradas de ônibus de Teresina. Sua estrutura retangular tem uma área útil total de  $(9,3 \pm 0,1) \text{ m}^2$ , e altura de  $(2,55 \pm 0,01) \text{ m}^2$ . Adicionalmente, possui telhas termo acústicas, com preenchimento de isopor, sob uma estrutura metálica, além de platibanda e forro. A estrutura pode ser considerada voltada para o norte, devido a inclinação do telhado de 4% neste sentido. O telhado é plano e as paredes são de cobogó de concreto e brise metálico galvanizado. A Tabela 1 mostra as características da parada de ônibus escolhida neste projeto e algumas considerações adicionais.

Nome		Parada de ônibus
Área útil/m <sup>2</sup>		9,3 ± 0,1
Forma		Retangular
Consumo	Lâmpadas	40 W
Horário	Ocupado	12 AM – 16 PM
Set Point	Refrigeração	25 ± 1 °C
Humidade		50%

**Tabela 1** – Características do modelo de parada escolhido

A Figura 1 apresenta a configuração da parada de ônibus projetada pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitacional, da prefeitura de Teresina.

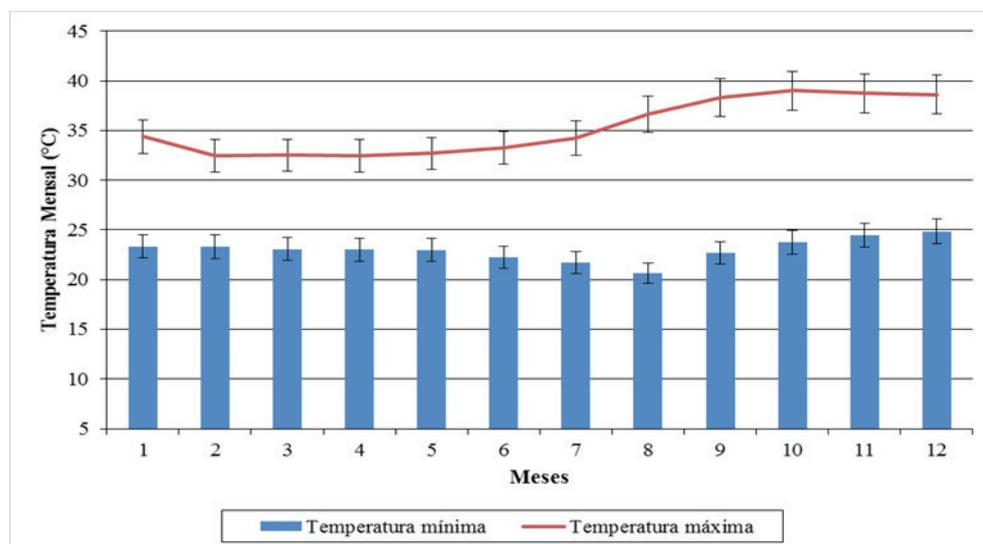


**Figura 1** - Detalhes de projeto da parada de ônibus.

Podemos observar na Fig. 1 que a fonte de calor é formada por uma placa de metal quente (aquecida por uma resistência elétrica) que transfere energia térmica à amostra. O sorvedouro de calor é formado por uma placa fria que é resfriada por água através de um circuito de refrigeração com uma entrada e duas saídas.

### 2.3. Temperatura local e radiação solar

A cidade de Teresina se encontra próxima a linha do equador, como resultado apresenta altas temperaturas durante todos os meses do ano, como mostrado na Fig. 2 e cujo erro de medição é de 5%. Este fato propicia a produção de energias a partir de fontes renováveis, como solar fotovoltaica e térmica. Energia solar térmica ainda não é utilizada no estado do Piauí, com exceção de algumas casas do programa Minha Casa, Minha Vida, do Governo Federal, mas que existe devido a erros de adaptação de projetos do sul e sudeste para o nordeste brasileiro.

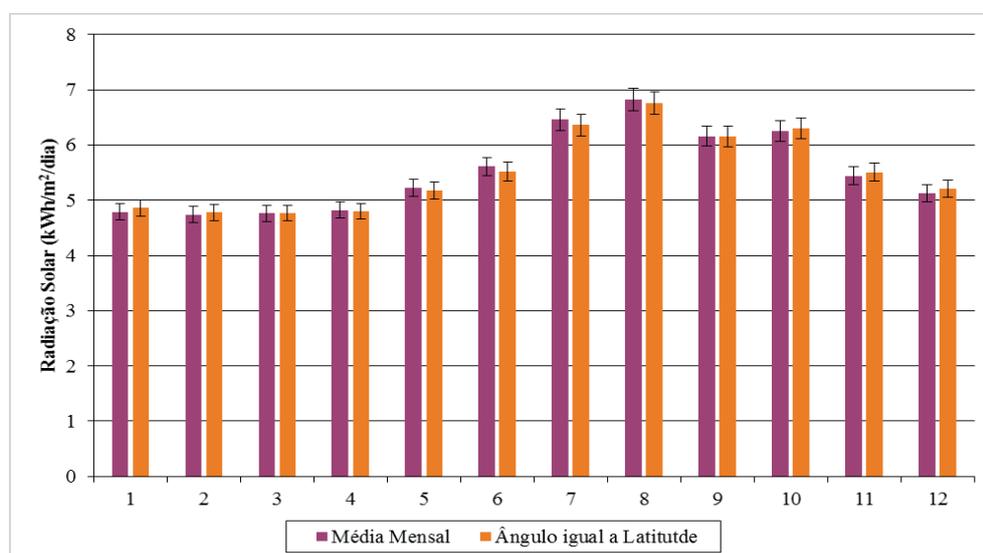


**Figura 2** - Temperatura média mensal (Teresina-PI).

A energia solar fotovoltaica poderá ser um grande diferencial para a cidade de Teresina em comparação com outras cidades quanto a produção de energia renovável. E, uma das aplicações que traria mais benefícios para a população de maneira rápida é a sua utilização como fonte de energia para o consumo de equipamentos de refrigeração, como ar condicionado, de tal forma que melhore o conforto térmico de paradas de ônibus, diminuindo a temperatura interna, podendo chegar a 25 °C.

Quanto a radiação solar, é de conhecimento da comunidade científica a capacidade da região nordeste para a produção de energia solar fotovoltaica. Consultando mapas solarimétricos, observa-se que apresenta níveis acima da média nacional, com destaque para o Piauí, e conseqüentemente Teresina.

Para a cidade de Teresina, o CRESESB (2015), fornece os dados de irradiação solar, como expostos na Fig. 3, com erro de medição de 5%. Com essas informações, é possível se dimensionar um sistema fotovoltaico para suprir uma determinada demanda de consumo.



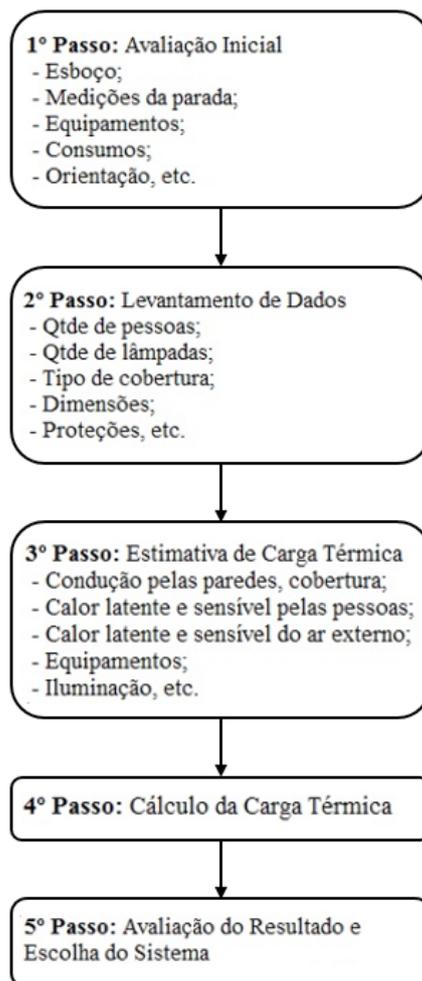
**Figura 3** - Radiação solar diária com inclinação de superfície igual ao ângulo de latitude para Teresina-PI.

Através da análise da Fig. 3, percebe-se que os meses de julho a outubro apresentam as melhores médias de radiação solar diária, com valores acima de 6,16 kWh/m<sup>2</sup>·dia, com pico de 6,82 kWh/m<sup>2</sup>·dia no mês de agosto. Em contrapartida, está o mês de fevereiro com apenas 4,74 kWh/m<sup>2</sup>·dia. Valores esses acima da média nacional que é de 4,72 kWh/m<sup>2</sup>·dia.

## 2.4. Projeto de Refrigeração

O projeto de refrigeração ou climatização da área interna da parada de ônibus segue normas técnicas para a sua efetivação. A princípio, o cálculo da carga térmica é a parte mais importante neste tipo de projeto. Em outras palavras, o cálculo da carga térmica consiste em determinar a quantidade de calor que deverá ser retirada de um ambiente, dando-lhe condições climáticas ideais para o conforto humano. Este cálculo é baseado na Norma NB-158, além da NBR 6401, ambas da ABNT e da Portaria nº 3523/98, que trata da renovação de ar. As Normas 158 e 6401 contêm uma forma simplificada e com constantes já definidas para os valores a serem considerados.

Os passos a se seguir neste projeto de climatização são melhores explicados na Fig. 4.



**Figura 4** - Passos para a elaboração do projeto de refrigeração.

## 2.5. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Masters (2013) apresenta um modelo de dimensionamento do sistema fotovoltaico para a geração de energia suficiente para suprir a carga elétrica demandada.

Sabendo-se os valores de consumo a partir da análise do item anterior, é possível aplicar as equações adequadas ao correto dimensionamento relativo a situação estudada.

### 2.5.1. Equações governantes

Para o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos será utilizado a Eq. (1). O valor da potência mínima do gerador – PDC (kWp) será encontrada, utilizando-se o consumo total (kWh/mês) da parada de ônibus. As horas equivalente de sol pleno (h/dia), de acordo com as Normas 482/2012 e 687/2015, será para o pior mês de radiação solar, que é igual a 4,74 h/dia de sol pleno, referente ao mês de fevereiro. No fator de perdas e segurança ( $F_{ps}$ ) é usado o valor de 0,8.

No dimensionamento do número de módulos, será utilizado os dados de potência de pico do módulo escolhido e o valor da potência mínima do gerador obtido a partir de Eq. (1), na Eq. (2).

$$P_{DC} (kW) = \left( \frac{\text{Consumo total (kWh / mês)}}{\text{Horas de sol pleno (h)} \cdot F_{ps} \cdot 30 \text{ dias}} \right) \quad (1)$$

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \left( \frac{P_{DC} (kW)}{\text{Potência de pico do módulo}} \right) \quad (2)$$

Para a obtenção da máxima produção de energia, será utilizado o valor de eficiência proveniente do módulo fotovoltaico escolhido, o valor da potência mínima do gerador, e, portanto, o valor resultante de área será obtido da Eq. (3).

$$A (m^2) = \left( \frac{P_{DC,STC} (kW)}{1 \text{ kW/m}^2 \cdot \eta} \right) \quad (3)$$

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto de refrigeração foi desenvolvido seguindo os passos apresentados na

Fig. (4), e os dados obtidos nos passos 1, 2 e 3 foram utilizados para o cálculo da carga térmica. Os valores encontrados estão representados na Fig. (5).

PLANILHA SIMPLIFICADA PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA					
1	PAREDES (Paredes externas)	Fator <sup>1</sup>	Área <sup>1</sup>	Q (°)	
1.1	Orientação sul	13	8,36	108,68	
1.2	Outras orientações	20	18,48	369,60	
2	TETO	Fator	Área	Q (°)	
2.1	Sob telhado isolado	18	9,25	166,50	
3	PISO	Fator	Área	Q (°)	
3.1	Piso	13	9,25	120,25	
4	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia <sup>3</sup>	Q (°)	
4.1	Iluminação fluorescente	1	80	80	
5	PESSOAS	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	
5.1	Sentados	54	18	972,00	
		Fator		Q sensível	
<b>CARGA TOTAL</b>		1		1.817,03	
				<b>Q (sensível)</b>	
<b>CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO</b>				[kcal/h]	1.817,03
<b>CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO</b>				[TR]	0,60
Obs.: Fator <sup>1</sup> - Construção leve		Área <sup>1</sup> - [m <sup>2</sup> ]		Planilha válida para condições:	
Potencia <sup>3</sup> - [W]		Q <sup>2</sup> - [kcal/h]		Interna: TBS = 25°C e UR = 50%	
				Externa: TBS = 32°C e UR = 60%	

Figura 5 - Cálculo da carga térmica.

Após o cálculo da carga térmica, foi feita a análise dos resultados e escolhido o sistema, como mencionado no passo 5, da Fig. (4). Na Figura (6) pode-se perceber o quanto cada item da Fig. (5) influenciou no valor final para a carga térmica.

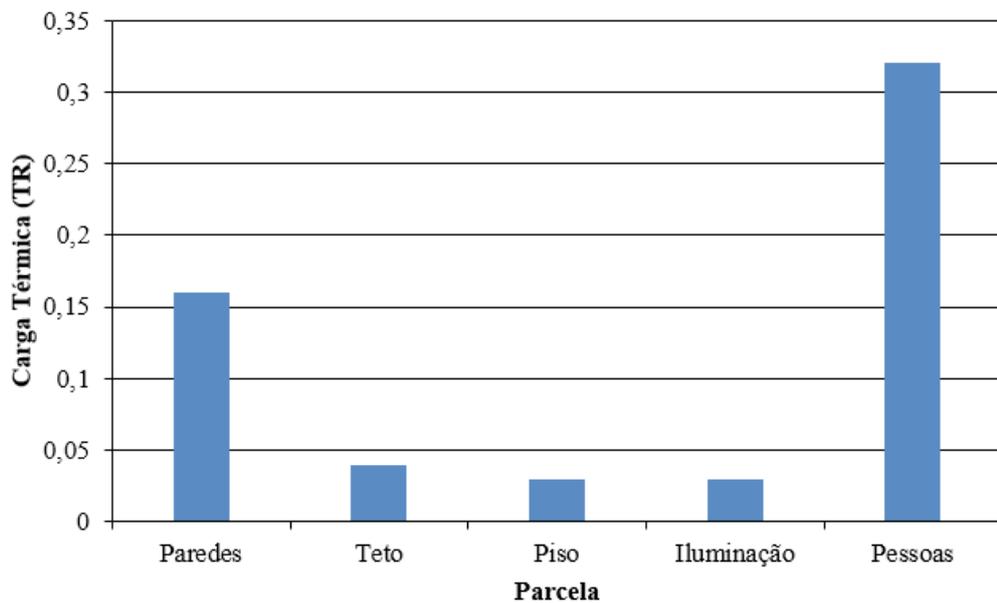


Figura 6 - Cálculo da carga térmica.

Logo, de acordo com a Fig. (5), chegou-se à conclusão de que é necessário um sistema de refrigeração de 1.817,03 kcal/h ou 0,60 TR para atender as quatro horas de uso do sistema por dia. Entretanto, escolheu-se o sistema disponível no mercado que mais se aproximasse deste valor. Como solução, optou-se pelo Ar condicionado Split Consul de 7000 Btu/h ou 0,58 TR. Suas principais especificações estão mostradas na Tab. 2.

Ar condicionado	Características
Marca	Consul 7000 Btu/h
Modelo	CBV07CBBNA
Consumo de energia	13,3 kWh/mês
Vazão de ar	420 m <sup>3</sup> /h
Classificação energética (INMETRO)	A

**Tabela 2** – Características do ar condicionado escolhido

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, utilizou-se as Eqs. (1), (2) e (3), e partiu-se dos dados fornecidos pelo fabricante do módulo escolhido, Tab. (3).

Parâmetro	Especificações
Modelo	PV-MLU255HC (mc-Si)
Peso	20 kg
Dimensões	1625 x 1019 x 46 mm
Potência máxima	255 W <sub>p</sub>
Eficiência máxima	15,4%

**Tabela 3** – Características do módulo fotovoltaico escolhido

E de posse dos dados da Tab. (3), pode-se chegar aos valores finais para o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos, como mostrado na Tab. (4). E como mencionado anteriormente, utilizou-se as equações segundo o que Masters (2013) recomenda para este caso.

Itens	Valores
Consumo	Lâmpadas Ar condicionado
	9,6 kWh/mês 53,2 kWh/mês
P <sub>DC</sub> (kWp)	0,55
Nº de módulos	2
A (m <sup>2</sup> )	3,6

**Tabela 4** – Resultado do dimensionamento do sistema fotovoltaico

Analisando a Tab. (4), pode-se notar que a quantidade de módulos para a parada de ônibus, de apenas 2 unidades, encaixa perfeitamente na área útil disponível no telhado. E quanto ao ar condicionado, o mesmo também pode ser instalado, assim como os módulos, no telhado.

Recomenda-se que haja uma estrutura metálica para adaptação dos módulos e que como o telhado já possui uma inclinação de 4 graus, a estrutura servirá apenas para que ocorra ventilação embaixo dos módulos, evitando assim que ocorra superaquecimento.

## 4 | CONCLUSÃO

A percepção da comunidade internacional está voltada para a busca de fontes eficientes e renováveis de geração de energia que menos agridam a natureza, evitando a devastação e inundação de grandes áreas quando da criação de hidrelétricas, e simplesmente optando por tecnologias que reduzam a emissão de gases poluentes como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) quando da utilização de sistemas fotovoltaicos, eólicos, dentre outros.

A economia de energia e a busca por fontes renováveis de energia são fatores importantes de serem estudados, uma vez que seus resultados sendo positivos, impactam a vida de muitas pessoas. Atualmente, a atenção dos governantes e da sociedade está voltada para a utilização da energia solar fotovoltaica pela instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, graças a recentes Resoluções Normativas, como a Resolução da ANEEL nº 482/2012 que ultimamente sofreu algumas modificações, dando origem a Resolução nº 687/2015, com algumas melhorias.

Nesse trabalho, utilizou-se sistemas de energia solar, baseado na tecnologia fotovoltaica, para refrigerar paradas de ônibus na cidade de Teresina-PI. A cidade apresenta temperaturas elevadas na maioria dos meses do ano, proporcionando mal-estar na população que necessita do transporte público, devido as altas incidências de raios solares.

Por outro lado, essa elevada incidência de raios solares pode ser útil para a refrigeração dessas paradas de ônibus, proporcionaria um melhor conforto para esses usuários. Dessa forma, este trabalho apresentou os resultados de dimensionamento de sistema solar fotovoltaico capaz de suprir a demanda energética necessária para atender a carga térmica do sistema de refrigeração.

Conclui-se, portanto, que é bastante viável a implementação desse tipo de sistema para a localização de Teresina-PI, haja vista que a cidade apresenta uma elevada incidência de raios solares, propício para a geração fotovoltaica, e conseqüentemente, proporcionando o tão desejado conforto térmico para a comunidade que utiliza o transporte municipal, por meio de ônibus. Ainda, após o dimensionamento do sistema, chegou-se à conclusão de que a quantidade de equipamentos necessários para implantar o sistema enquadra-se no tamanho das paradas projetadas pela prefeitura, necessitando-se apenas algumas alterações na estrutura do telhado, onde receberá as placas solares

## REFERÊNCIAS

CRESESB. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Rio de Janeiro: CRESESB, 2004. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2004.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf). Acesso em: 8 jun. 2018.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília, 17 de outubro de 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 8 jun. 2018.

MME. **Energia renovável representa mais de 42% da matriz energética brasileira**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 30 de novembro de 2015. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/energia-renovavel-representa-mais-de-42-da-matriz-energetica-brasileira](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/energia-renovavel-representa-mais-de-42-da-matriz-energetica-brasileira). Acesso em: 8 jun. 2018.

Masters, Gilbert M. **Renewable and Efficient Electric Power Systems**. 2<sup>nd</sup> ed. Somerset, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2013.

Moraes, Albemerc M. de. **Aplicações da tecnologia fotovoltaica no Estado do Piauí: barreiras e potencialidades**. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do ABC, Santo André.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Bonatto** Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação e mestrado em engenharia de produção pela UTFPR e doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Trabalha com os temas: gestão da qualidade, planejamento e controle da produção e cadeia de suprimentos.

**Henrique Ajuz Holzmann** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**João Dallamuta** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-76-5



9 788585 107765