



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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)**

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente  
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente  
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-429-0

DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos  
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique  
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

Atena  
Editora

Ano 2019

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO <sub>2</sub> E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>73</b>
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
<a href="#">Ana Carolina Silva de Oliveira Lima</a> <a href="#">Ana Cláudia Pimentel de Oliveira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>77</b>
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO ( <i>NICOTIANA TABACUM</i> ) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
<a href="#">Magda Regina Santiago</a> <a href="#">Lígia Maria Salvo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>85</b>
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
<a href="#">Carla Vieira Pontes</a> <a href="#">Talita Gantus de Oliveira</a> <a href="#">Vitor Pereira Faro</a> <a href="#">Roberta Bomfim Boszczowski</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>95</b>
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
<a href="#">Alison de Souza Norberto</a> <a href="#">Rafaella de Moura Medeiros</a> <a href="#">Maria Odete Holanda Mariano</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>104</b>
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
<a href="#">Leonardo de Lima Moura</a> <a href="#">Claudio Fernando Mahler</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>117</b>
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
<a href="#">Millena Gabriela Gualberto de Souza</a> <a href="#">Nandeyara de Oliveira Costa</a> <a href="#">Glaucio Luciano de Araujo</a> <a href="#">Marcela Moreira Couto</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250612</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>126</b>
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
<a href="#">Daniela Cristiano Rufino</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250613</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>138</b>
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>146</b>
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>166</b>
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>183</b>
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>195</b>
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250619</b>	

<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>211</b>
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>222</b>
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250621</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>238</b>
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250622</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>252</b>
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>258</b>
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>270</b>
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>273</b>
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250626</b>	

<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>279</b>
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes  Jouséberon Miguel da Silva  Henrique Lopes Jardim  Alaor Afonso Ramos Soares  Glaucimar Lima Dutra</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>289</b>
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa  Humberto Dionísio de Andrade  Samanta Mesquita de Holanda  Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>296</b>
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa  Isabela Nascimento Souza  Juliana Lisboa Santana  Isabelle Maria Duarte Gonzaga  Lays Carvalho de Almeida  Aline Resende Dória  Luma Mirely Souza Brandão  Débora da Silva Vilar  Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250629</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>307</b>
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra  Emerson Acácio Feitosa Santos  João Gomes da Costa  Thiago José Matos Rocha  Aldenir Feitosa dos Santos  Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>323</b>
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca  Felipe de Lucas Barbosa  José Otavio Baldinato</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250631</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>341</b>

## ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016

### **Amanda Souza da Silva**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

### **Rejane Félix Pereira**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

### **Umberto Sampaio Madeiro Junior**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

### **Guilherme Geremias Prata**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

### **Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

**RESUMO:** Este projeto visa a coleta, manipulação e aprofundamento dos dados anemométricos de diferentes cidades das regiões noroeste e sul do estado do Ceará, especificamente: Araripe, Barbalha, Crato, Santana do Cariri, São benedito e Ubajara. As informações obtidas junto aos institutos de pesquisa especializados, a saber, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA), foram sintetizadas em gráficos que demonstraram a densidade de potencial eólico de cada localidade, permitindo assim concluir se determinado local é ou

não propício para a exploração eólica de energia elétrica. Alguns estudos isolados são promissores, mas quando se verifica a continuidade ao longo dos anos seguintes, os valores apresentam inconsistências por causas diversas, o que a priori desestimula qualquer projeto de construção de parques eólicos na região. Ressalva-se que um estudo mais aprofundado e por um período mais extenso, poderia vir a reverter esta conclusão, pois dados estimados, ao serem substituídos por medições via torres anemométricas, poderiam de fato demonstrar até onde a falta de dados e variações das estimativas com métodos matemáticos condizem de fato com as características dos ventos das regiões abordadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Densidade do potencial eólico; Serras; Ceará; Energia Eólica.

**ABSTRACT:** This project aims at the collection, manipulation and deepening of the anemometric data of different cities of the northwestern and southern regions of Ceará, specifically: Araripe, Barbalha, Crato, Santana do Cariri, São benedito and Ubajara. The information obtained from the specialized research institutes, namely the Cearense Foundation for Meteorology and Water Resources (FUNCEME) and the Integrated Environmental Data System (SINDA), were synthesized in graphs that showed the density of the wind potential of each locality, whether or

not a particular location is conducive to wind power exploration. Some isolated studies are promising, but when the continuity is verified over the following years, the values present inconsistencies due to different causes, which a priori discourages any project of construction of wind farms in the region. It should be stressed that a more in-depth study for a longer period, could reverse this conclusion, as estimated data, when replaced by anemometric measurements, could in fact demonstrate to what extent the lack of data and variations of estimates with mathematical methods actually fit the characteristics of the regions.

## 1 | INTRODUÇÃO

A matriz eólica de geração de energia elétrica está crescente em todo o cenário mundial, fato impulsionado pelo exponencial consumo de energia pelas grandes metrópoles e a sua conseqüente necessidade de geração eficiente, sustentável e comprometida com as considerações ambientais e sociais – características intrínsecas à atividade. As regiões litorâneas são beneficiadas por condições climáticas favoráveis para a exploração da energia oriunda dos ventos, fato esse reforçado pelos recentes números apresentados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que registrou no dia 10 de setembro de 2017, 71% da energia consumida no Nordeste provenientes dos parques eólicos, havendo ainda um recorde de pico às 9h13min, alcançando uma taxa de 84%, que corresponde a 6.852 MW.

A faixa litorânea dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte apontam como as localidades de maior potencial de exploração desse tipo de energia no mundo, devido à sua localização estratégica de convergência com os ventos regulares quanto à velocidade e orientação vindos da faixa intertropical do oceano Atlântico, circunstância imprescindível para a eficiência nesse processo. Diante de números tão expressivos e dos métodos já experimentados e consolidados, é coerente investigar outras regiões com condições promissoras para uma possível exploração, levando-se em conta as altas taxas de velocidades dos ventos, bem como a consistência ao longo do ano e direções bem definidas, para então aprofundar os estudos no intuito de atrair investimentos e considerar a viabilidade de projetos análogos aos dos bem-sucedidos implantados nos litorais do estado, por exemplo.

## 2 | METODOLOGIA

As localidades estudadas, encontram-se no sul do estado do Ceará as cidades de Araripe, Barbalha, Crato e Santana do Cariri, que apresentam como clima característico das regiões, o clima tropical quente semi-árido brando, para as três primeiras cidades citadas, e tropical quente sub-úmido para as duas últimas cidades. Já ao noroeste do estado encontram-se as cidades de São Benedito, que apresenta características climáticas tropical quente semi-árido: brando, sub-úmido e úmido. Por último a cidade

de Ubajara com clima tropical quente sub-úmido.

A coleta de dados pelos Institutos são feitos por meio de torres anemométricas. Os arquivos contendo as informações são inicialmente armazenados no Data Logger, que são bancos de memória agregados aos equipamentos, e posteriormente são transferidos para computadores através de periféricos de saída, para então serem disponibilizados para os interessados através dos portais online dos institutos.

Foram levantados os dados de cada ano do período estudado (2013-2016) junto aos institutos de pesquisas, dados estes que são gerados para análises climáticas e não especificamente para estudo de geração eólica, o que em parte pode ser suficiente para este estudo. No processo de coleta e análise das informações, foram observados outliers para algumas cidades durante alguns períodos, os quais foram rejeitados na hora dos cálculos de densidade de potencial e suas projeções para a obtenção dos gráficos. Em posse dos dados anemométricos referentes à altitude de 10 metros de altura disponibilizadas por FUNCEME e SINDA, é possível através de métodos matemáticos fazer estimativas para alturas diferentes dependendo da sua necessidade. Sendo assim, os dados foram estimados para as alturas de 10, 50, 80 e 100 metros.

Os dados plotados em gráficos mostram que o potencial eólico é proporcional à altitude do instrumento de coleta de dados, ou seja, quanto mais alto a localização do objeto (ou até mesmo um possível aerogerador) maior será o seu potencial eólico.

Estes valores são deduzidos através de métodos matemáticos descritos a seguir:

A densidade do potencial eólico pode ser obtida através da equação (PATTEL, 1999):

$$P = 1/2\rho V^3 \text{ watts/m}^2 \quad \text{[Eq 01]}$$

Onde:

$\rho$  = Massa específica do ar local;

$V^3$  = média dos cubos da velocidade.

Para a obtenção dos valores de velocidade nas alturas de 50, 80 e 100m respectivamente, foi utilizada a seguinte equação matemática (QUASCHNING, 2005):

$$(V1/V2) = \ln(H1/Z0)/\ln(H2/Z0) \quad \text{[Eq 02]}$$

Manipulando a fórmula isola-se a  $V_2$ , à qual se deseja estipular, e assim faz-se uma estimativa. A rugosidade do terreno foi obtida através do Mapa de rugosidade do Brasil no portal online do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica – CRESESB.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As localidades onde os ventos apresentam velocidades médias abaixo de 2,5m/s não são propícias para a exploração eólica, pois para o acionamento das máquinas são necessários ventos com velocidade mínima entre 2,5 e 4,0 m/s. Com o aumento dessa velocidade, a potência no eixo do gerador também irá aumentar, condicionando

assim o bom desempenho do empreendimento à velocidade dos ventos na região. Desta forma, o limitante inicial dos estudos é a baixa velocidade dos ventos, posto que os aerogeradores contam com mecanismos de segurança para altas velocidade de ventos, impedindo que a potência gerada pela velocidade ultrapasse a potência nominal do gerador ao atingir a velocidade de corte.

Diante do exposto acima, conclui-se que o único município que atende aos requisitos mínimos de velocidades é Ubajara, que apresenta uma velocidade mínima média mensal de 3,27 m/s, exatamente na faixa mínima exigida para aerogeradores. A média mínima anual alcançou um valor e 2,20 m/s, o que se aproxima do valor mínimo de 2,5 m/s. Essa variação inferior pode ser atribuída aos dados que faltaram por indisponibilidade em alguns meses do período avaliado. Tal premissa é um indicativo de potencial eólico em Ubajara, contudo, para uma possível implantação de campos eólicos na região seria necessário a coleta de dados específicos para este fim, de forma periódica e duradoura.

As figuras 1,2,3 e 4 apresentam a variação da densidade do potencial eólico dos municípios estudados da região noroeste e sul nos anos de 2013 à 2016, respectivamente, com velocidades estimadas a 10, 50, 80 e 100m.

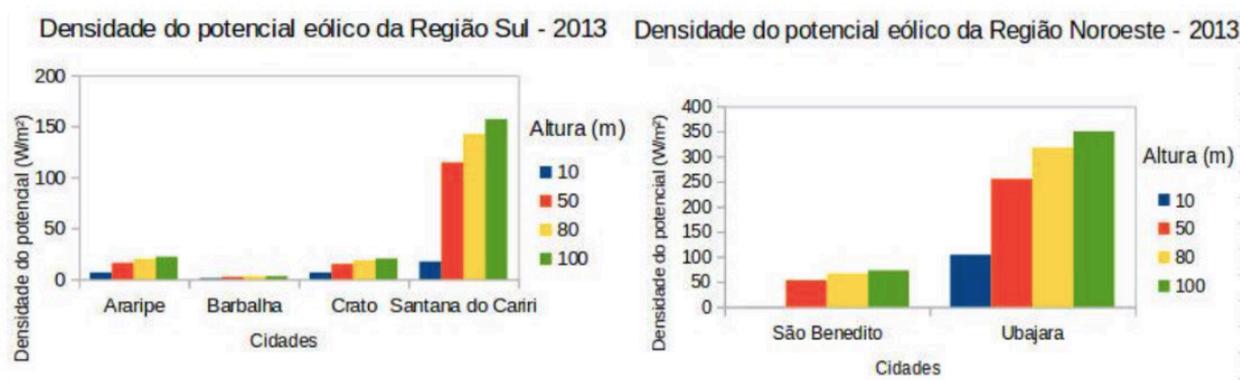


Figura 1: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2013

Fonte: Elaborado pela autora

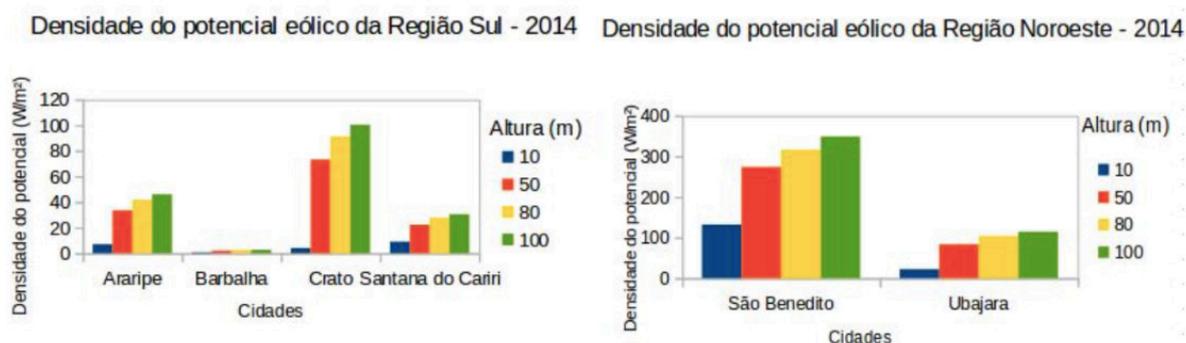


Figura 2: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2014

Fonte: Elaborado pela autora

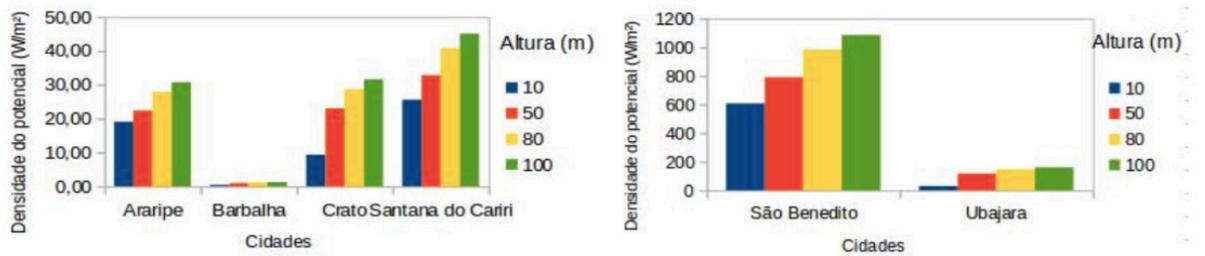


Figura 3: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2015

Fonte: Elaborado pela autora

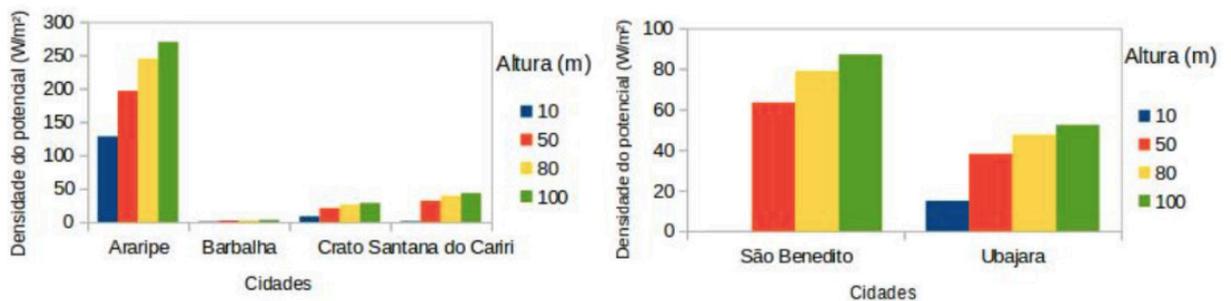


Figura 4: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2016

Fonte: Elaborado pela autora

A plotagem dos resultados em gráficos permite uma melhor visualização dos resultados apresentados por região estudada. As figuras tratam do potencial eólico para as medições na altura de 10 metros e suas demais estimativas para 50, 80 e 100 metros do solo. A região noroeste do estado se destaca com os melhores números de densidade de potencial eólico, principalmente por alguns valores elevados de pico observados em São Benedito no ano de 2015, e suas constâncias elevadas ao longo do período de 4 anos analisados para os dois municípios. É notável que em três dos quatro anos estudados, este potencial ficou acima ou próximo aos 100 W/m<sup>2</sup> nas alturas iguais e superiores a 50 metros e registrando uma média mínima superior a 40 W/m<sup>2</sup>.

Os municípios estudados da região sul do estado apresentaram médias consideravelmente inferiores às da região noroeste. Nenhuma das localidades apresentaram valores acima de 100 W/m<sup>2</sup> por dois ou mais anos. Destacam-se somente, nos quatro anos relevados, potencial elevado em Santana do Cariri em 2013, com valores para as maiores alturas próximos a 150 W/m<sup>2</sup>, e Araípe em 2016, com valores próximos a 200W/m<sup>2</sup> para 50 metros, e cerca de 300 até 80 metros de altura. A falta de regularidade de bons resultados para o potencial eólico, desconsidera a região como eventual área a ser explorada pela atividade de geração de energia elétrica a partir de aerogeradores.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos após a leitura dos dados, a realização dos cálculos e as formulações gráficas, exprimem a importância de um estudo aprofundado e extenso, assim também como análises direcionadas para o comportamento dos ventos, objetivando a efetiva conclusão do potencial eólico de uma região. A análise dos ventos no período apresentado nesta pesquisa revela que ambas as regiões apresentam inconsistências relevantes, uma mais do que outra.

A região Noroeste apresenta um potencial eólico mais elevado, ainda assim, com alterações expressivas de um ano para o outro, o que compromete diante dos dados apresentados, efetivação e execução de um projeto eólico. Em contrapartida, diante de bons resultados em alguns períodos, inclusive com média anual elevada, um estudo aprofundado com instalações de unidades de medições específicas que garantem precisão nos dados, seria interessante para a comprovação do método de aproximação utilizado neste trabalho e, principalmente, identificar mais uma possível região de geração de energia renovável no estado do Ceará.

As inconstâncias e disparidades de alguns resultados podem ser decorrentes da ausência de alguns dados por parte da fonte, e expressam numérica e graficamente a imprescindibilidade da extensa coleta de dados anemométricos para fundamentar um padrão de pesquisa eficaz. Um estudo mais extenso aproxima-se da realidade ambiental presente na região.

## AGRADECIMENTOS

A Pro-Reitoria de Extensão Arte e Cultura (PROEX), Pro-Reitoria de Políticas Afirmativas e Estudantis (PROPAE), Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG), Unidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB).

## REFERÊNCIAS

ALICE MESQUITA; INAIÁ CARVALHO JOSÉ SANTOS; PHYLIPPE SANTOS. **Estimativa de potencial eólico para geração de energia elétrica na região serrana do estado do Ceará.** Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/1651>. Acesso em: 10 mai 2017.

CRESESB. **Atlas do potencial eólico brasileiro.** Brasília: 2001. Acesso em: 05.de jun 2017.

IBGE. **Mapas.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05. jul 2017

IPECE. **Perfil básico municipal 2011.** Disponível em:< [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico)>. Acesso em: 08. jul 2017.

ONS. **Operador Nacional do Sistema Elétrico.** Disponível em:<<http://ons.org.br/Paginas/Noticias/2018-geracaoeolicane.aspx>>. Acesso em: 25 jul 2017.

WOBBEN. Disponível em: <<http://www.wobben.com.br/pagina-inicial/>>. Acesso em: 25 jun 2017.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-429-0

