



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	
<a href="#">Jéssica Beatriz Dantas</a> <a href="#">Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento</a> <a href="#">Thayse Farias de Barros</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>222</b>
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
<a href="#">José Waltrudes Castanheira Pereira</a> <a href="#">Márcio Cataldi</a>	
<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	
<a href="#">Maxwell Sousa Costa</a> <a href="#">Anderson da Silva Rocha</a> <a href="#">Lucas Paglioni Pataro Faria</a>	
<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	
<a href="#">Amanda Souza da Silva</a> <a href="#">Rejane Félix Pereira</a> <a href="#">Umberto Sampaio Madeiro Junior</a> <a href="#">Guilherme Geremias Prata</a> <a href="#">Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira</a>	
<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	
<a href="#">Nandeyara de Oliveira Costa</a> <a href="#">Millena Gabriela Gualberto de Souza</a> <a href="#">Glaucio Luciano de Araújo</a> <a href="#">Marcela Moreira Couto</a>	
<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	
<a href="#">Olaf Graupmann</a> <a href="#">Susan Hatschbach Graupmann</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>273</b>
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
<a href="#">Ana Luiza Enders Nunes Vieira</a>	
<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>

## NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMINICAÇÕES SEM FIO

### Matheus Emanuel Tavares Sousa

Universidade Federal Rural do Semiárido,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Elétrica  
Mossoró – RN

### Humberto Dionísio de Andrade

Universidade Federal Rural do Semiárido,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Elétrica  
Mossoró – RN

### Samanta Mesquita de Holanda

Universidade Federal Rural do Semiárido, Centro  
de Engenharias  
Mossoró – RN

### Idalmir de Souza Queiroz Júnior

Universidade Federal Rural do Semiárido,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Elétrica

**RESUMO:** Este trabalho propõe uma análise computacional de uma antena planar tipo microfita com substrato têxtil para aplicações que atendem aos serviços da banda de aplicações Industriais, Científicas e Médicas (*Industrial, Scientific and Medical*) – ISM 2,4 GHz, que abrange o intervalo de frequências de 2,4 GHz até 2,4835 GHz. O material proposto para utilização no substrato da antena é um tecido tipo malha composto por polipropileno com bambu (PP+BAM), com constante dielétrica = 1,9383

e espessura = 2,1mm. Resultados simulados para os parâmetros eletromagnéticos de ganho, coeficiente de reflexão e diagramas de radiação 2D e 3D são apresentados e discutidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antenas de Microfita; ISM; Antenas Têxteis; Telecomunicação.

### A NOVEL MICROSTRIP ANTENNA WITH TEXTILE BIODEGRADABLE SUBSTRATE FOR WIRELESS COMMUNICATIONS

**ABSTRACT:** This paper proposes a computational analysis of a planar microstrip patch antenna with textile substrate for ISM 2,4 GHz frequency band (2,4 – 2,4835 GHz) applications. The proposed material to use as substrate is a mesh fabric composed of polypropylene with bamboo (PP+BAM), with dielectric constant = 1,9383 and thickness = 2,1mm. Simulated results for electromagnetics parameters of gain, reflection coefficient and 2D and 3D radiation patterns are presented and discussed.

**KEYWORDS:** Microstrip Antennas; ISM; Textile Antennas; Telecommunication.

### 1 | INTRODUÇÃO

O setor da telecomunicação que mais cresce atualmente é o de tecnologia sem fio,

de acordo com dados da EUBrasil (2016) nos próximos 10 anos o crescimento das comunicações móveis deve ser de 20% a 100% ao ano. Dessa forma, a questão da portabilidade entra como fator importante devido à necessidade de se ter vários dispositivos embarcados em um único equipamento. Aliado a isso, as antenas de microfita atendem ao pré requisito de possuir baixo peso e volume e podem ser integradas à circuitos microprocessados.

As primeiras publicações a respeito desse tipo de dispositivo datam de 1953, nos Estados Unidos da América, em artigo publicado por Deschamps, e 1955, em publicações feitas por Gutton e Baissinot, e desde então vários métodos de análise foram desenvolvidos (ALENCAR, 2010).

As características de baixo peso e volume, facilidade de instalação e possuir perfis aerodinâmicos de fácil adaptação que a antena de microfita apresenta a torna atrativa também para aplicações industriais, médicas e científicas (*Industrial, Scientific and Medical* - ISM). No Brasil uma das bandas de frequência de uso não licenciados da faixa ISM é a faixa ISM 2,4 GHz, que compreende o intervalo de frequências de 2,4 até 2,4835 GHz.

Para Elsadek (2010) as antenas de microfita atendem à maioria dos requisitos dos sistemas de comunicação, e a com configuração patch retangular têm alcançado maiores aplicações em sistemas de comunicação.

Uma tendência de mercado na área de tecnologia é que as vestimentas sejam sensorizadas e sejam conectadas aos sistemas de comunicação, no que diz respeito principalmente às aplicações industriais, científicas e médicas. O uso de material têxtil biodegradável no substrato de antenas tipo microfita apresenta-se como uma solução, tornando os dispositivos mais leves e flexíveis, permitindo uma melhor adaptação em diversas superfícies, além de conforto aos usuários.

Hertleer, Laere e Rogier (2010) dizem que a próxima geração de vestimentas será sensorizada, logo, se faz necessário uma adaptação das ferramentas de comunicação sem fio, como antenas têxteis, uma vez que as antenas utilizadas nos dispositivos de comunicação devem acompanhar a tendência de adaptabilidade.

Na Figura 1 é mostrado um exemplo de antena de microfita em uma de suas formas mais básicas: antena de microfita com *patch* retangular, em que sua estrutura consiste de um *patch* e um plano de terra feitos de material metálico separados por um substrato, que é composto por um material dielétrico, geralmente rígido, e que pode possuir diversas configurações de alimentação, incluindo alimentação por cabo coaxial ou alimentação por linha de microfita.

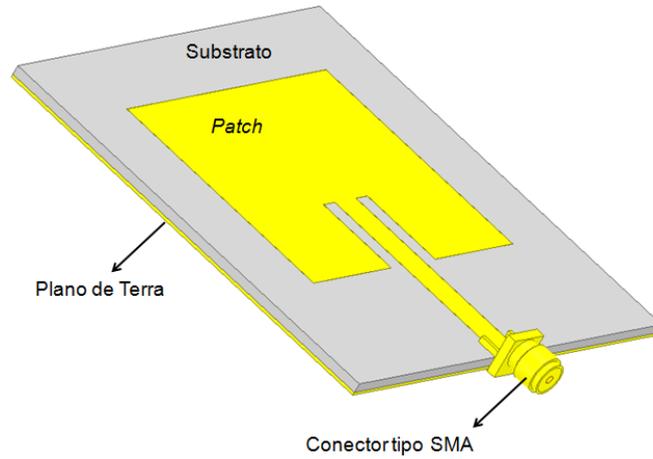


Figura 1: Antena de microfita - Estrutura básica com *patch* retangular.

Fonte: Autoria Própria.

As Figuras 2 e 3 ilustram exemplos de aplicação têxtil de uma antena de microfita.

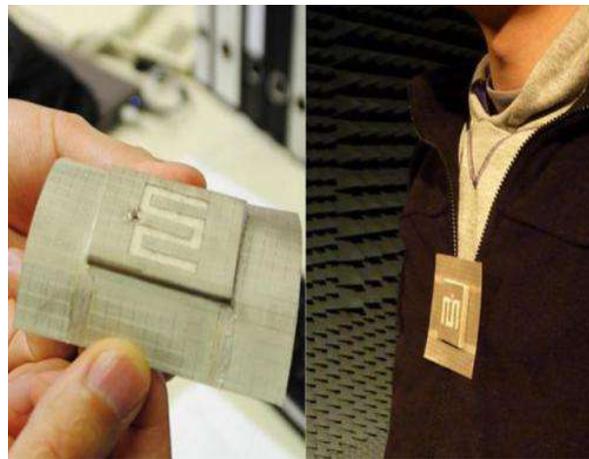


Figura 2: Antena vestível.

Fonte: phys.org (2014)

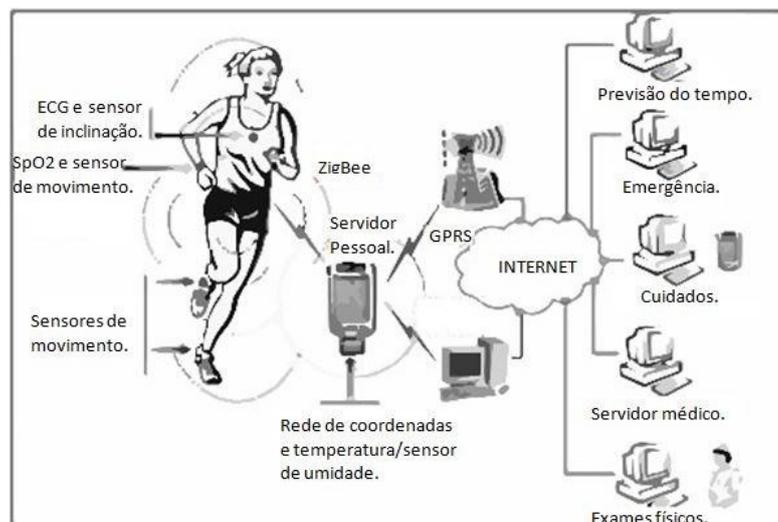


Figura 3: Aplicação de antena de microfita em rede WBAN.

Fonte: Adaptado de Saleem, Ullah e Kwak, 2011

A necessidade de adaptabilidade dos novos dispositivos de comunicação torna atrativo o estudo e utilização de dispositivos que estejam incorporados às vestimentas, uma vez que a discrição tornou-se praticamente uma prioridade, sendo clara a necessidade de acompanhamento da tendência de miniaturização dos novos dispositivos de comunicação.

Este trabalho tem como objetivo simular uma antena com substrato têxtil composto polipropileno com bambu (PP+BAM) com uso do *software ANSYS® HFSS*, possibilitando um dispositivo mais flexível e adaptável em superfícies planas ou curvas, assim como analisar os resultados com relação aos diagramas de radiação de campo elétrico e magnético 2D e 3D e gráfico de coeficiente de reflexão em função da frequência, bem como sua aplicabilidade à faixa ISM 2,4 GHz.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada uma análise numérica por meio do Modelo da Linha de Transmissão proposto por Balanis (2005), a fim de determinar das variáveis dimensionais que serão utilizadas no projeto do dispositivo proposto, com utilização de alimentação por linha de microfita e impedância de entrada igual a  $50\Omega$ . Na Figura 4 está apresentado o processo metodológico adotado nesse trabalho.

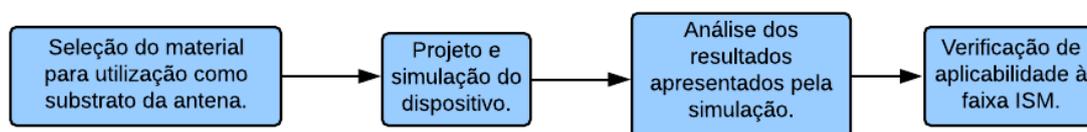


Figura 4: Metodologia adotada

A estrutura do tecido tipo malha utilizado no substrato da antena é apresentada na Figura 5.



Figura 5: Estrutura do material têxtil composto por Polipropileno com Bambu (PP+BAM).

Fonte: Holanda et al., 2017.

A aplicação do Modelo da Linha de Transmissão resultou no dispositivo com dimensões ilustradas na Figura 6. Após o projeto da antena de microfita, com frequência de projeto igual a 2,45 GHz, foi realizada simulação computacional por meio do *software* ANSYS® HFSS (*High Frequency Structure Simulator*), num intervalo de frequências variando de 1 GHz até 4 GHz, a fim de se analisar os parâmetros de radiação apresentados pelo dispositivo proposto.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dimensões do dispositivo projetado estão mostradas na Figura 6. Após a simulação foi possível observar, por meio de gráficos e diagramas o comportamento da antena com substrato têxtil proposta.

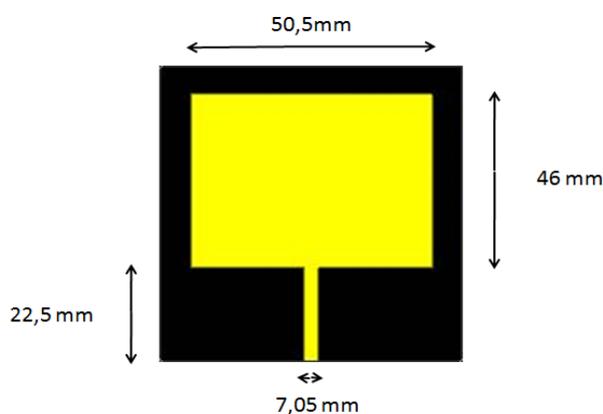


Figura 6: Dimensões da antena projetada.

Na Figura 7 é apresentada a relação entre o coeficiente de reflexão ( $S_{1,1}$ ) e a frequência, de modo que é possível observar em que faixa de frequências houve ressonância.

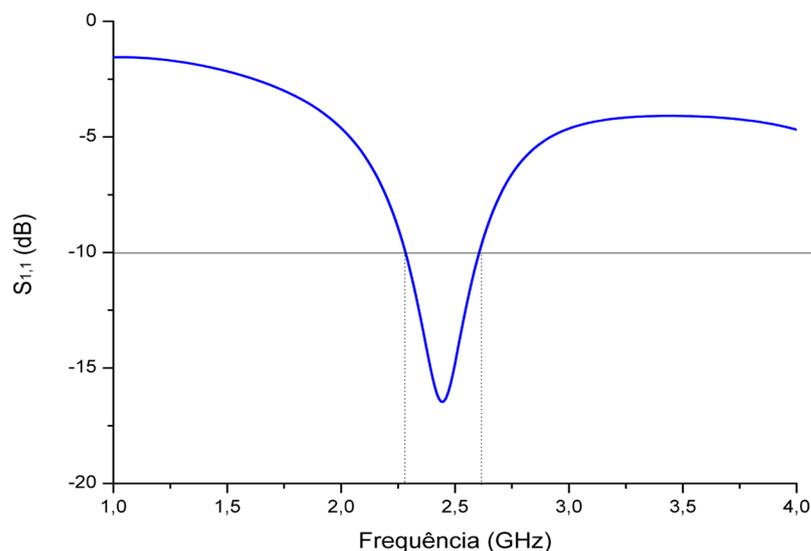


Figura 7: Coeficiente de reflexão (dB) x Frequência (GHz)

A largura de banda resultante da simulação é de aproximadamente 320 MHz (faixa de frequências abaixo de -10 dB). Percentualmente, a largura de banda apresentada é de aproximadamente 13,06%, dessa forma, sendo classificada como banda larga. A frequência 2,45 GHz apresentou o menor coeficiente de reflexão (-16,45 dB), ou seja, nessa frequência ocorre um melhor aproveitamento de potência.

Na Figura 8 são apresentados os diagramas de radiação resultantes da simulação computacional.

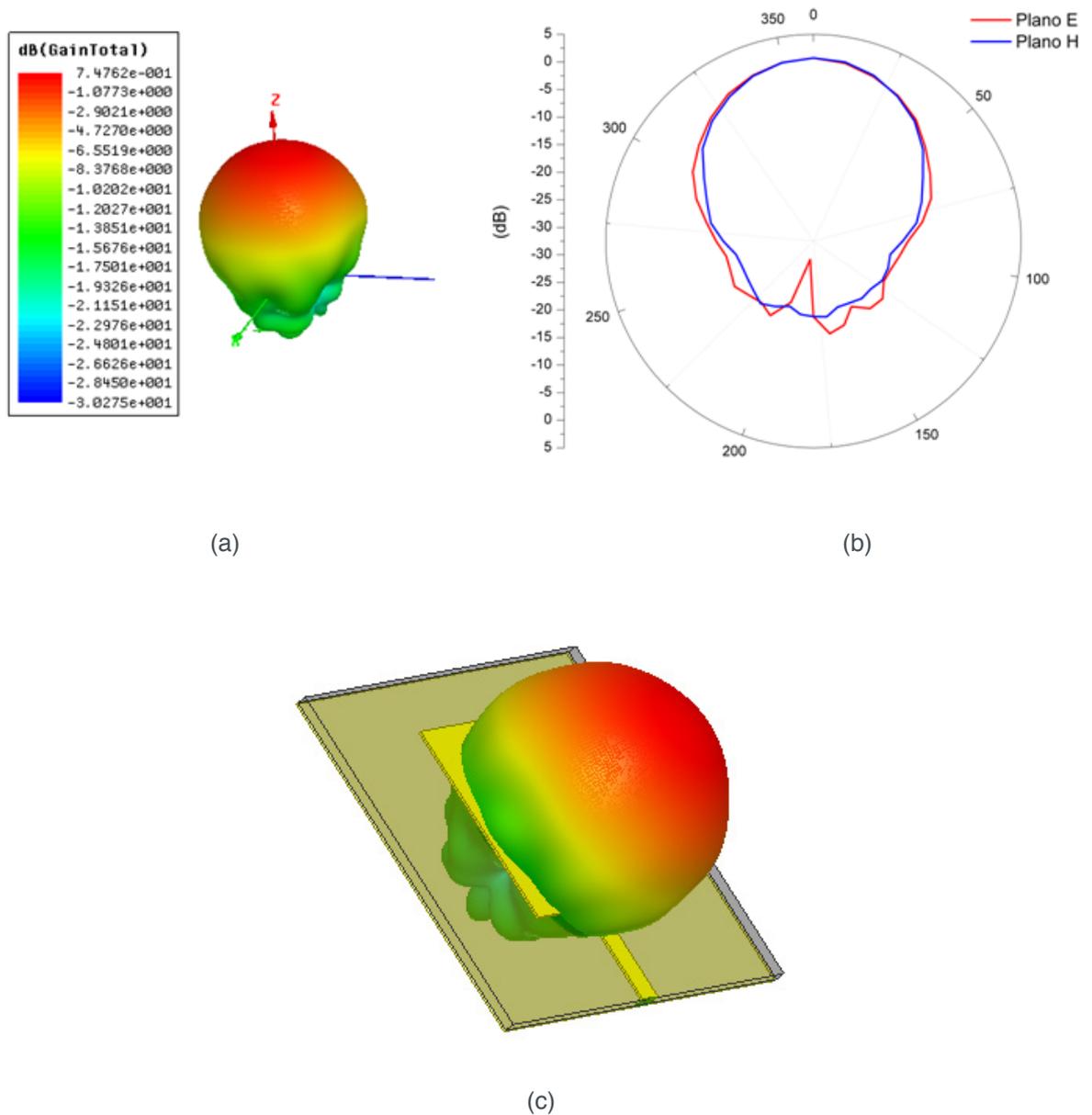


Figura 8: Diagramas de radiação (a) 3D (b) 2D (c) Padrão de radiação *broadside*

A antena apresentou um padrão de radiação *broadside*, ou seja, radiação no sentido ortogonal ao *patch*, com um ganho total máximo de 0,7462 dB.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos proporcionam um entendimento a respeito da análise dos parâmetros de radiação de uma antena de microfita a partir da utilização de um substrato têxtil no dispositivo, que mostrou-se aplicável em sistemas de comunicação que exijam dispositivos com maior flexibilidade. Além disso, a antena apresentou uma largura de banda que abrange a faixa ISM proposta, confirmando então sua aplicabilidade à esse tipo de tecnologia.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marcelo; QUEIROZ, Wamberto. **Ondas eletromagnéticas e teoria de antenas**. São Paulo: Érica, 2010. 229 p.

Associação EUBrasil. **O Futuro do Setor das Comunicações Móveis**. (2016). Disponível em <http://www.eubrasil.eu/pt/2016/03/01/o-futuro-do-setor-das-comunicacoes-moveis/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

ELSADEK, Hala. **Microstrip Antennas for Mobile Wireless Communication Systems**. 2010. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/mobile-and-wireless-communications-network-layer-and-circuit-level-design/microstrip-antennas-for-mobile-wireless-communication-systems>. Acesso em: 17 mar. 2019.

HERTLEER, C.; LAERE, A. V.; ROGIER, H.; et al. **Influence of Relative Humidity on Textile Antenna Performance**. *Textile Research Journal*. vol.80, p. 177 – 183, 2010.

DE HOLANDA, SAMANTA M.; DA SILVA, JOSÉ P. ; DE S. QUEIROZ, IDALMIR ; DE ANDRADE, HUMBERTO D. ; GUERRA, JUAN R. F. ; DE A. P. MAGNO, JOSÉ ; DE AQUINO, MARCOS S. ; DE MELO, MOISÉS V. ; FILHO, NEIL O. L **Microstrip antenna based on knitted fabrics with biodegradable synthetic fibers**. *Journal of Materials Science-Materials in Electronics*, v. 28, p. 15118-15126, 2017.

PHYS. Institution Of Engineering And Technology (Org.). **Researchers develop fully textile waveguide antenna using a metamaterial-inspired unit cell**. 2014. Disponível em: <https://phys.org/news/2014-03-fully-textile-waveguide-antenna-metamaterial-inspired.html>. Acesso em: 15 mar. 2019.

SALEEM, Shahnaz; ULLAH, Sana; KWAK, Kyung Sup. A Study of IEEE 802.15.4 Security Framework for Wireless Body Area Networks. **Sensors**, v. 11, p.1383-1395, jan. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3274043/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

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

