



# Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

Ingrid Winkler  
Lilian Lefol Nani Guarieiro  
Josiane Dantas Viana Barbosa  
Alex Álisson Bandeira Santos  
Jeancarlo Pereira dos Anjos  
Keize Katiane dos Santos Amparo  
Ilan Sousa Figueiredo  
(Organizadores)

# Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] : desafio para um mundo global / Organizadores Ingrid Winkler... [et al.]. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciência, Tecnologia e Inovação. Desafio para um Mundo Global; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-501-3 DOI 10.22533/at.ed.013192907</p> <p>1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Winkler, Ingrid. II. Guarieiro, Lilian Lefol Nani. III. Barbosa, Josiane Dantas Viana. IV. Santos, Alex Álisson Bandeira. V. Anjos, Jeancarlo Pereira dos. VI. Amparo, Keize Katiane dos Santos. VII. Figueiredo, Ilan Sousa. VIII. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 506</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

O livro *Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global* é uma coletânea de trabalhos apresentados no IV International Symposium on Innovation and Technology (SIINTEC) e VIII Research and Innovation Workshop (PTI), eventos realizados entre os dias 24 a 26 de Outubro de 2018 no Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador – BA.

O Workshop PTI é um evento promovido desde 2011 pelo SENAI CIMATEC, com apoio do Departamento Nacional (SENAI DN) e tem o objetivo de contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, buscando a participação massiva da academia e da indústria, envolvida em pesquisa e desenvolvimento, e o fomento da mudança cultural, a favor do espírito empreendedor, que deve ser promovido e cultivado desde cedo e ser um dos motores da inovação. Na sua oitava edição, o PTI aconteceu concomitantemente com o IV SIINTEC buscando inovar e ampliar a divulgação científica a um nível internacional e enriquecer os debates sobre o tema do evento.

O evento foi patrocinado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Departamento Nacional do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/ DN) e gerou a oportunidade de discussão sobre os principais temas relativos às inovações tecnológicas como base para atendimento dos desafios para uma sustentabilidade global, trazendo à tona a realidade, as dificuldades e os bem sucedidos exemplos de integração do trinômio, Tecnologia, Produto e Mercado, principalmente no âmbito das empresas iniciantes de base tecnológica em prol da sustentabilidade.

No VIII PTI e IV SIINTEC foram realizadas palestras, painéis de discussão sobre o tema central do evento e apresentação dos artigos completos aceitos para publicação no anuário do evento, na forma oral e de pôster. Neste contexto, alguns trabalhos apresentados merecem destaque e foram selecionados para serem publicados como capítulos para compor este livro de coletâneas.

Desta forma, esta obra pretende apresentar os desafios da Ciência, Tecnologia e Inovação para um mundo global, promovendo debates e análises acerca de várias questões relevantes, por meio de seus 21 capítulos, divididos em três eixos fundamentais: Revisões de Literatura, Análises de Cases de Inovação e Estudos preliminares e comparativos em diversos domínios de aplicação.

O primeiro eixo aborda estudos sobre Revisões de Literatura em diversas áreas de conhecimento relevantes para a compreensão do tema, tais como: Logística Reversa na Gestão das Cadeias de Suprimento Sustentáveis, Conectividade Veicular, Metodologias de Comissionamento para Implantação de Novo Processo em uma Planta Industrial, Realidade Aumentada na Indústria, Monitoramento de Frotas, Classificação Automática de Eletrocardiograma (ECG), Geração de Energia Eólica e Produção de Biosurfactantes no Refino do Processamento de Oleaginosas.

No segundo eixo, o foco foi dado à análise de diversos casos de inovação na perspectiva teórica neoschumpeteriana, em contextos distintos, como uma indústria química, uma startup na área de biotecnologia, uma spin-off do setor energético e uma empresa da indústria de compressores.

Finalmente, no terceiro eixo, foram abordados temas relacionados à análise de diversos experimentos, tais como: comparações de sobretensões atmosféricas e de desempenho de aterramento em torres de transmissão, reuso de efluente na indústria têxtil, utilização de jatos contínuos de ar para arrasto de partículas depositadas em módulo fotovoltaico através de fluidodinâmica computacional, tratamento biológico de efluente empregando bioaumentador, a influência de fatores geométricos de peça e ferramenta sobre a precisão de trajetórias de ferramenta para microfresamento e desempenho de misturas diesel com diferentes teores de biodiesel de OGR.

Nesse sentido, esta obra constitui-se como uma coletânea de excelentes trabalhos, na forma de experimentos e vivências de seus autores. Certamente os trabalhos apresentados nesta obra são de grande relevância para o meio acadêmico, proporcionando ao leitor textos científicos que permitem análises e discussões sobre assuntos pertinentes para compreensão dos desafios atuais da Ciência, Tecnologia e Inovação para um mundo global.

Os nossos agradecimentos a cada leitor pela contribuição com esta obra. Aos leitores, desejamos uma leitura proveitosa e repleta de novas reflexões significativas sobre o tema.

Ingrid Winkler  
Lilian Lefol Nani Guarieiro

## SUMÁRIO

### REVISÕES DE LITERATURA

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTES UTILIZANDO COMO SUBSTRATO RESÍDUOS DO REFINO DO PROCESSAMENTO DE OLEAGINOSAS – UMA REVISÃO	
Márcio Costa Pinto da Silva Edna dos Santos Almeida Érika Durão Vieira Itana Rodrigues Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0131929071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
CONECTIVIDADE VEICULAR PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES: UMA BREVE REVISÃO	
Marcus Vinícius Ivo da Silva Lilian Lefol Nani Guarieiro Paulo Renato Câmara da Silva Rafael Barbosa Mendes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0131929072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO DA GESTÃO DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO SUSTENTÁVEIS – REVENDO A LITERATURA	
Clara Barretto Handro Francisco Uchoa Passos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0131929073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
METODOLOGIAS DE COMISSONAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE NOVO PROCESSO EM UMA PLANTA INDUSTRIAL: UMA BREVE REVISÃO	
Valmir da Cruz de Souza Lílian Lefol Nani Guarieiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0131929074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>31</b>
REALIDADE AUMENTADA E APRENDIZADO DE MAQUINA PARA TRACKING NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Rosalvo Matos Neto Liz Azevedo Ingrid Winkler Valter de Senna	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0131929075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>39</b>
REALIDADE AUMENTADA E EFICIÊNCIA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Camila Santana Rossi Alex Álisson Bandeira Santos Ingrid Winkler Marinilda Lima Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0131929076</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 47**

TECNOLOGIA DE *LOW POWER WIDE AREA NETWORK* (LPWAN) PARA MONITORAMENTO DE FROTAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Paulo Renato Câmara da Silva  
Herman Augusto Lepikson  
Marcus Vinícius Ivo da Silva  
Rafael Barbosa Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.0131929077**

**CAPÍTULO 8 ..... 55**

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE TÉCNICAS PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE ELETROCARDIOGRAMA (ECG)

Jandson Santos Nunes  
Valter de Senna

**DOI 10.22533/at.ed.0131929078**

**CAPÍTULO 9 ..... 61**

ASPECTOS DO GERENCIAMENTO DA ETAPA DE ENCERRAMENTO DO CONTRATO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL, COM ENFOQUE NA BAHIA

Lívia Fernanda Tavares Ornellas  
Luzia Aparecida Tofaneli  
Alex Álisson Bandeira Santos

**DOI 10.22533/at.ed.0131929079**

**ANÁLISES DE CASES DE INOVAÇÃO**

**CAPÍTULO 10 ..... 69**

ESTUDO DE CASO: INOVAÇÃO PARA DIVERSIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA À LUZ DA ABORDAGEM NEOSCHUMPETERIANA

Alfredo Ruben Corniali  
Lara Machado Nelli  
Mariana Inah de Almeida  
Ingrid Winkler  
Renelson Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.01319290711**

**CAPÍTULO 11 ..... 79**

O CASE SUNEW ANALISADO NA ÓTICA NEO- SCHUMPETERIANA

Clara Barretto Handro  
Lívia Fernanda Tavares Ornellas  
Marcio Costa Pinto da Silva  
Ingrid Winkler  
Renelson Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.01319290711**

**CAPÍTULO 12 ..... 87**

O CASO DA NEOVECH – BIOTECNOLOGIA: PLATAFORMA PARA INOVAÇÕES EM DIFERENTES SEGMENTOS, UMA ANÁLISE SOB A ABORDAGEM NEO-SCHUMPETERIANA

Gabriela Chaves Valente

Taís Costa Lima

Silmar Batista Nunes

Ingrid Winkler

Renelson Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.01319290712**

**CAPÍTULO 13 ..... 95**

O CASE WISEMOTION SOB A ÓTICA NEOSCHUMPETERIANA

Antônio Rimaci Miguel Junior

Valmir da Cruz de Souza

Caroline C. Fernandes da Costa

Ingrid Winkler

Renelson Ribeiro Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.01319290713**

**CAPÍTULO 14 ..... 103**

UMA ANÁLISE DO CASE CLIEVER NA PERSPECTIVA SCHUMPETERIANA

Pedro Martins de Oliveira

Luciano Moura Costa Doria

Almir Filho

Renelson Ribeiro Sampaio

Ingrid Winkler

**DOI 10.22533/at.ed.01319290714**

**ESTUDOS PRELIMINARES E COMPARATIVOS EM DIVERSOS DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO**

**CAPÍTULO 15 ..... 111**

ESTUDO COMPARATIVO DE SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS EM DIFERENTES MODELOS DE TORRES DE TRANSMISSÃO

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Guilherme Saldanha Kroetz

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Frederico Ramos Cesário

**DOI 10.22533/at.ed.01319290715**

**CAPÍTULO 16 ..... 120**

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ATERRAMENTO EM TORRES DE TRANSMISSÃO

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Guilherme Saldanha Kroetz

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Frederico Ramos Cesário

**DOI 10.22533/at.ed.01319290716**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>128</b>
ESTUDO DE PROCESSOS DE REUSO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Clara Rodrigues Pereira	
Lílian Lefol Nani Guarieiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01319290717</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>136</b>
ESTUDO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE JATOS CONTÍNUOS DE AR PARA ARRASTO DE PARTÍCULAS DEPOSITADAS EM UMA FV ATRAVÉS DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL	
Pedro Freire de Carvalho Paes Cardoso	
Turan Dias Oliveira	
Paulo Roberto Freitas Neves	
Juliana de Oliveira Cordeiro	
Luzia Aparecida Tofaneli	
Alex Álisson Bandeira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01319290718</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>144</b>
TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE EMPREGANDO BIOAUMENTADOR	
Stephanie de Melo Santana	
Edna dos Santos Almeida	
Michelle Cruz Costa Calhau	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01319290719</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>151</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES GEOMÉTRICOS DE PEÇA E FERRAMENTA SOBRE A PRECISÃO DE TRAJETÓRIAS DE FERRAMENTA PARA MICROFRESAMENTO	
Marcus Vinícius Pascoal Ramos	
Guilherme Oliveira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01319290720</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>160</b>
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MISTURAS DIESEL COM DIFERENTES TEORES DE BIODIESEL DE OGR	
Arx Henrique Pedreira Reis Bastos	
Keize Katiane dos Santos Amparo	
Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro	
Maurício Lerina Bonifati	
Elliete Costa Alves	
Guilherme Cunha Martins	
Alex Brasil	
Caio Henrique Alves Maciel	
Rodrigo Alberto Moreira Gomes	
Lílian Lefol Nani Guarieiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01319290721</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>168</b>

## ESTUDO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE JATOS CONTÍNUOS DE AR PARA ARRASTO DE PARTÍCULAS DEPOSITADAS EM UMA FV ATRAVÉS DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

### **Pedro Freire de Carvalho Paes Cardoso**

Centro Universitário Senai Cimatec  
Salvador – Bahia

### **Turan Dias Oliveira**

Centro Universitário Senai Cimatec  
Salvador – Bahia

### **Paulo Roberto Freitas Neves**

Centro Universitário Senai Cimatec  
Salvador – Bahia

### **Juliana de Oliveira Cordeiro**

Centro Universitário Senai Cimatec  
Salvador – Bahia

### **Luzia Aparecida Tofaneli**

Centro Universitário Senai Cimatec  
Salvador – Bahia

### **Alex Álisson Bandeira Santos**

Centro Universitário Senai Cimatec  
Salvador – Bahia

**RESUMO:** Pesquisas mostram que o rendimento de módulos fotovoltaicas (FVs) é consideravelmente reduzido com o acúmulo de poeira em sua superfície, pois este acúmulo impede que parte dos raios solares adentrem a placa. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo preliminar utilizando Fluidodinâmica Computacional afim de modelar o efeito de jatos contínuos de ar no arrasto de partículas, removendo-as de uma superfície.

A modelagem foi desenvolvida visando uma análise Euleriana baseada em condições físicas para então encontrar a velocidade do ar necessária para promover o arraste. Através do auxílio computacional utilizando o software ANSYS CFX 17.1 foi possível desenvolver simulações a partir do modelo montado e obter dados significativos.

### PRELIMINARY STUDY OF THE USE OF CONTINUOUS AIR JETS FOR CARRYING PARTICLES DEPOSITED ON A PV THROUGH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

**ABSTRACT:** Researches show that photovoltaic cells (PV) productivity is considerably reduced with dust accumulation in its surface, since this accumulation stops part of the sunlight from entering the cell. This paper has the goal of developing a preliminary study using computational fluid dynamics (CFD) in order to model the effect of continuous air jets in particle dragging, removing them from a surface. The modeling was developed aiming for an Eulerian analysis based in physical conditions in order to find the necessary air velocity to promote dragging. Through the computational support of ANSYS CFX 17.1 software, it was possible to

develop simulations based on the assembled model and obtain significant data.

**KEYWORDS:** Photovoltaic; Dust; CFD; Air.

## 1 | INTRODUÇÃO

Estudos sobre fontes de energias renováveis são desenvolvidas em escala considerável em todo o mundo. A conversão de energia solar em energia elétrica através de módulos fotovoltaicos tem se tornado cada vez mais utilizada, por ser uma forma de produção de energia elétrica que não gera danos significativos para o meio ambiente e dispor de uma vasta quantidade recurso natural para ser utilizado sem degradar o planeta. Um dos focos nas pesquisas está no aumento do seu rendimento, que atualmente se encontra na faixa de 12 a 20%, ou em manter o rendimento próximo do projetado durante a sua operação, conhecendo os fatores ambientais que implicam em sua diminuição e desenvolvendo soluções para os mesmos.

Segundo Syed A.M. Said et al (2018) [1] muitos fatores ambientais interferem no rendimento dos módulos fotovoltaicos como: os efeitos do vento, humidade do ar, temperatura do ambiente, poluição e o depósito de poeira. Syed relata que o efeito negativo decorrente da existência de poeira no ambiente ocorre de duas maneiras. A primeira consiste na dispersão dos raios solares por partículas e poluentes elevados na atmosfera que possuem uma dimensão maior que o comprimento de onda dos raios, ocasionando a refração destes e diminuindo sua incidência sobre a placa. O segundo está relacionado ao acúmulo de poeira na superfície superior da placa que acabam absorvendo ou refletindo parte da incidência da luz, reduzindo a parcela de luz que adentra os módulos fotovoltaicos para ser absorvida e transformada em energia elétrica.

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para compreender como os fatores ambientais relacionados interferem no aumento ou redução do acúmulo de poeira depositados em módulos e os efeitos da deposição com a queda do rendimento deles. Pesquisas desenvolvidas por [2-3] estudam as relações de decaimento da eficiência das FVs em função do tempo de exposição dos módulos aos ambientes externos locais e ao aumento da densidade da poeira depositada. Considerando esta relação na pesquisa [4], a acumulação de areia e poeira em módulos fotovoltaicos foi modelada matematicamente em módulos de vidro e comparando-a a dados experimentais.

Outras pesquisas como as de [5-6] chegaram a conclusões de que o acúmulo de poeira e a queda da eficiência dos módulos estão altamente associados ao material utilizado neles, pois a diminuição do rendimento sobre mesma densidade de partículas acumuladas varia consideravelmente para vários materiais de superfície diferentes.

De acordo com [1], muitas pesquisas são desenvolvidas para entender sobre os fatores que interferem no rendimento dos módulos fotovoltaicos, porém existem poucas que são desenvolvidas com o intuito de fornecer soluções para minimizar os efeitos negativos. Partindo desta conclusão o presente trabalho tem o objetivo de

estudar uma solução para o efeito negativo formado pelo acúmulo de poeira em FVs, utilizando jatos contínuos de ar para retirar as partículas da superfície dos módulos.

Análises em CFD em módulos fotovoltaicos já foram desenvolvidos por [7] no estudo do uso de carenagens em aceleração de massas de ar visando o arrefecimento dos FVs, cujo rendimento também é significativamente reduzido com o aumento da temperatura.

Neste artigo é exposta uma análise preliminar, onde foi elaborado um primeiro modelo para simulação de carregamento de partículas enquanto estão sendo realizados experimentos para caracterizar a poeira na região do estado de Salvador. A caracterização da poeira está sendo desenvolvida utilizando métodos expostos por outros trabalhos como os de [8-10], para obter dados das dimensões e do número de partículas depositadas em amostras.

O modelo atual utiliza o arrasto de partículas, considerando ao invés da poeira o ar como componente particulado, para reduzir o tempo de simulação e o custo computacional na montagem de um primeiro modelo.

Este estudo tem o objetivo final de desenvolver uma carenagem ou um dispositivo que possibilite a limpeza de módulos fotovoltaicos utilizando ar, esperando dessa maneira substituir a utilização de água, pois ela é muitas vezes utilizada e o gasto de água é muito alto para a limpeza de usinas solares, que dispõem de centenas ou milhares de módulos fotovoltaicos.

## 2 | METODOLOGIA

A pesquisa é desenvolvida no Laboratório de Energia do Centro Universitário SENAI CIMATEC, onde são realizados os estudos de artigos científicos e bibliografias necessárias para o aprendizado e execução do projeto, além da realização de todas as simulações computacionais utilizando a técnica de CFD, com o software ANSYS CFX 17.1.

Para a simulação é importante a montagem de um modelo que represente uma condição física do problema. Foi decidido que a princípio será desenvolvida uma análise multifásica Euleriana pois possibilita uma visão do comportamento geral de um conjunto de partículas de poeira depositadas, em cima de uma placa, sendo carregadas. Na modelagem do problema são necessários os dados de caracterização da poeira, a construção de uma geometria com parâmetros adequados e estabelecer condições de contorno que condicionem uma simulação com resultados próximos a um caso real.

A caracterização da poeira nas regiões locais ainda está sendo desenvolvida por meio de experimentos, utilizando métodos e dados de pesquisas já desenvolvidas. Enquanto não há os dados necessários da poeira, um modelo inicial para simulação do carregamento de partículas foi desenvolvido utilizando ar particulado. Utilizando o ar é

possível, com menor tempo computacional, visualizar o comportamento de partículas sendo carregadas, analisar as dimensões e as condições de contorno estabelecidas através dos resultados das simulações, bem como preparar a modelagem para a utilização da poeira posteriormente. A Figura 1 mostra um diagrama do primeiro modelo de simulação.

O modelo foi construído com uma espessura pequena, 2cm, comparada as outras dimensões, aproximando-se de uma análise em 2D para que a simulação se torne mais leve, com menos elementos de malha. Nele consta 2 domínios que representam o ambiente superior a um módulo fotovoltaico. O Domínio 2 corresponde a camada de poeira (ar particulado) sobrepondo a superfície do módulo, tendo 1,5m de comprimento e 10cm de altura. O Domínio 1 é composto de ar atmosférico a temperatura ambiente, 25°C, possuindo dimensões de 6m de comprimento e 30cm de altura. Considerando que a pressão nos domínios, na entrada e na saída são equivalentes as condições ambientes locais ( $P = 101,3 \text{ kPa}$ ), espera-se encontrar a velocidade de um jato contínuo de ar para que possa remover toda a camada de poeira.

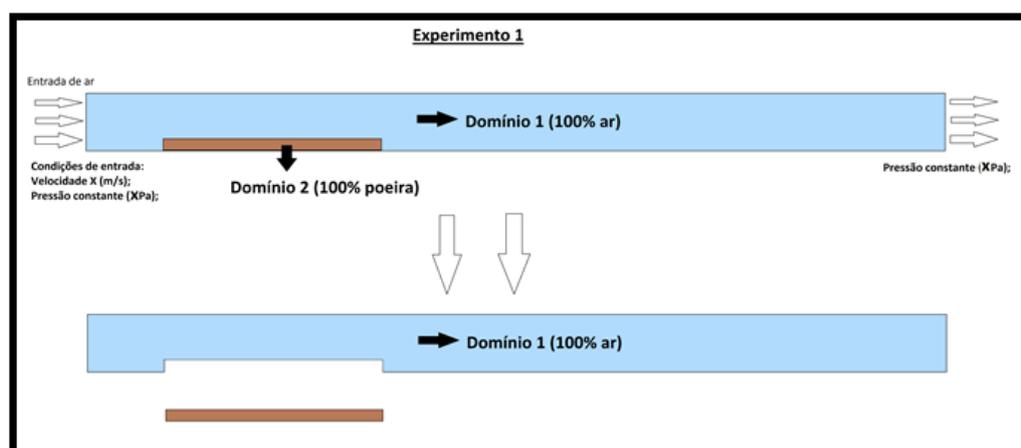


Figura 1. Modelo para a primeira simulação Euleriana.

Fonte: Própria.

A Figura 2 mostra a malha desenvolvida para a simulação. A malha contém 86.679 elementos no Domínio 1, 2.700 elementos no Domínio 2, totalizando 89.379 elementos. A presente malha não é refinada o suficiente devido ao número baixo de elementos, porém ela foi adotada para o primeiro modelo desenvolvido. Ela foi adotada desta maneira, pois uma análise multifásica envolve um alto consumo de tempo computacional e no presente modelo o objetivo era apenas averiguar os parâmetros adotados e o comportamento geral do sistema simulado, preparando para quando for utilizada a poeira já caracterizada.

As condições de contorno adotadas no modelo foram baseadas nas condições do ambiente local:

- O Domínio 1 é composto 100% com ar fluido, com pressão de 101,3 kPa, com velocidade inicial de 1 m/s;

- O Domínio 2 é composto 100% por ar particulado, com pressão de 101,3 kPa e velocidade inicial nula;
- Na extremidade esquerda há entrada contínua de ar com velocidade de 1m/s e na extremidade direita foi adotada uma condição denominada “opening”, onde os componentes das duas fases (fluido-particulado) podem entrar e sair livremente;
- Na interface entre os dois domínios foi estipulado a passagem livre das duas fases;
- O regime adotado foi o transiente, com 2 segundos de simulação, divididos em steps de 0,2 segundos.

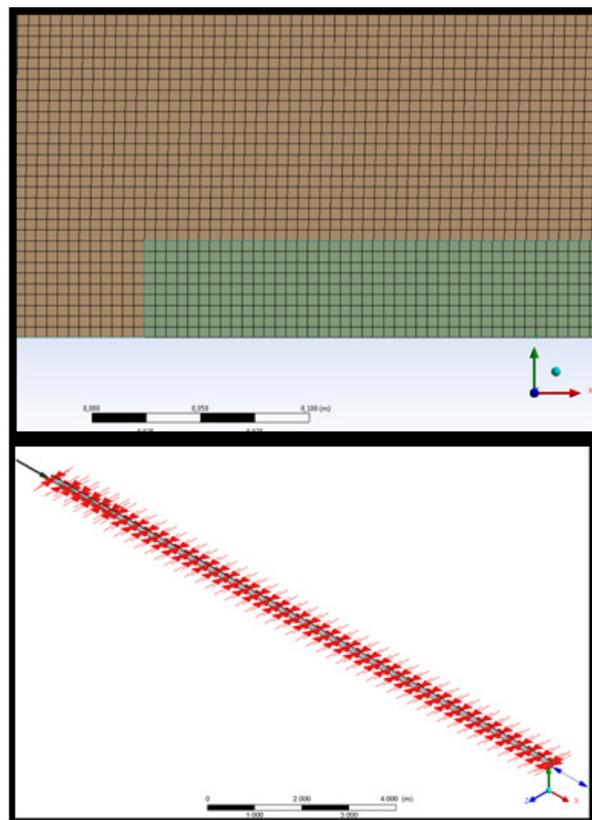


Figura 2. Malha e condições de contorno para o modelo da 1ª simulação.

Fonte: Própria.

## 2.1 Modelagem matemática

Para obtenção da solução das equações descritoras do escoamento estudado uma abordagem numérica foi adotada. O software ANSYS CFX foi utilizado para resolver, através do método dos volumes finitos, as equações de continuidade e de Navier-Stokes, descritas nas Equações. (1) - (4):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) + S_{Mx} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \text{ grad } v) + S_{My} \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \text{ grad } w) + S_{Mz} \quad (4)$$

Nas equações as incógnitas significam: t é o tempo; x, y e z são as três coordenadas cartesianas; u, v e w são, respectivamente, as velocidades nas direções x, y e z. O vetor tridimensional de velocidade é o  $\vec{u}$ ; p é a pressão; P é a massa específica;  $\mu$  é a viscosidade do fluido; SMx, SMy e SMz são os termos fontes de momento nas direções descritas em subscrito. O modelo de turbulência adotado no presente trabalho foi o K-epsilon.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na simulação foram obtidos os resultados em 12 quadros com um intervalo aproximado de 0,2 segundos entre os 11 primeiros quadros, variando o tempo de simulação de 0 a 2 segundos. Durante este período simulado, praticamente todo o ar particulado foi retirado da região superior de um módulo fotovoltaico (Domínio 2), apresentando um comportamento turbulento logo no início do arraste. A Figura 3 mostra os resultados obtidos nos 12 quadros, visualizando a fração volumétrica do particulado, denominado na imagem como “poeira”, nos dois domínios durante o arraste.

A partir desta simulação foi possível analisar que o tempo total da simulação foi suficiente para se observar o arraste completo das partículas e o intervalo de 0,2 segundos entre os steps possibilitou uma visualização razoável da evolução do comportamento interativo entre partícula e fluido. A altura de 30cm do Domínio1 também se apresentou razoável. Estes parâmetros devem ser mantidos para as próximas simulações quando a caracterização da poeira estiver concluída para a plotagem deste material na biblioteca do software ASYS CFX 17.1.

Apesar da visualização geral do carregamento das partículas, a região bem próxima a superfície inferior do Domínio 2 que representa a superfície superior da placa, deve ter uma análise mais cuidadosa pois é uma região de camada limite do escoamento do fluido, podendo ocorrer o não deslizamento das partículas de poeira em quantidades significativas.

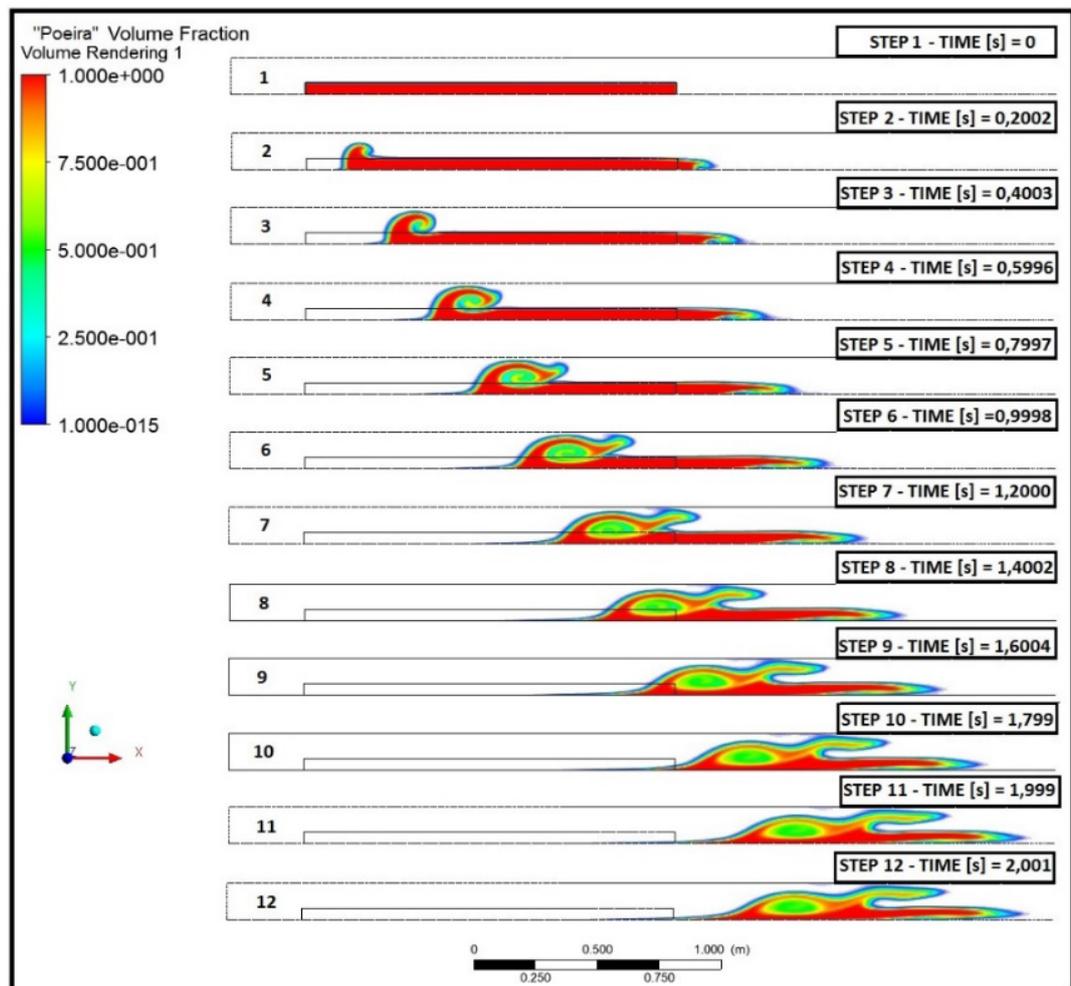


Figura 3. Resultados obtidos na simulação do arraste de partículas.

Fonte: Própria.

#### 4 | CONCLUSÃO

No presente estudo foi possível desenvolver uma primeira simulação do arraste de partículas carregadas, substituindo a poeira por ar, com baixo custo e tempo computacional, onde foi possível analisar parâmetros para serem mantidos ou refinados para as próximas simulações. As dimensões adotadas para o modelo foram razoáveis, permitindo a visualização completa do desenvolvimento do arraste das partículas de maneira física. O tempo total de simulação e os intervalos dos steps adotados no regime transiente permitiram um equilíbrio entre a visualização do processo completo do arraste na região de interesse, Domínio 1, e um custo computacional reduzido.

No entanto, para as próximas simulações se faz necessário um refinamento maior da malha principalmente próximo a camada limite do Domínio 2 e esperasse substituir as partículas de ar pelas de poeira, após a caracterização e aquisição de dados da poeira local, afim de obter resultados mais próximos do real e encontrar a menor velocidade exigida para promover o arraste completos destas partículas da parte superior de módulos fotovoltaicos.

## REFERÊNCIAS

- A.M. SAID, Syed et al. **The effect of environmental factors and dust accumulation on photovoltaic modules and dust-accumulation mitigation strategies.** ELSEVIER, Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) pg. 743-760.
- SAIDAN, Motasem et al. **Experimental study on the effect of dust deposition on solar photovoltaic panels in desert environment.** ELSEVIER, Renewable Energy 92 (2016) pg. 499-505.
- GHOLAMI, Aslan et al. **Experimental study of factors affecting dust accumulation and their effects on the transmission coefficient of glass for solar applications.** ELSEVIER, Renewable Energy 112 (2017) pg. 466-473.
- S. BEATTIE, Neil et al. **Understanding the effects of sand and dust accumulation on photovoltaic modules.** ELSEVIER, Renewable Energy 48 (2012) pg. 448-452.
- JIANG, Hai et al. **Experimental investigation of the impact of airborne dust deposition on the performance of solar photovoltaic (PV) modules.** ELSEVIER, Atmospheric Environment 45 (2011) pg. 4299-4304.
- 6NAHAR, N. M. et al. **Effect of dust on transmittance of glazing materials for solar collectors under arid zone conditions of India.** ELSEVIER, Solar e Wind Technology 7 (1990) pg. 237-243
- DÓRIA, Thiago et al. **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE CARENAGENS NA EFICIÊNCIA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS – UMA ABORDAGEM ENERGÉTICA E FLUIDODINÂMICA.** CIBEM 2017.
- A.M. SAID, Syed et al. **Fundamental studies on dust fouling effects on PV module performance.** ELSEVIER, Solar Energy 107 (2014) pg. 328-337.
- FUKUSHIMA, Satoshi et al. **Comparison in size and elemental composition of dust particles deposited to the surface and suspended in the air on the southwest Japan coast.** ELSEVIER, Atmospheric Environment 118 (2015) pg. 157-163.
- ADINOYI J., Muhammed et al. **Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules.** ELSEVIER, Renewable Energy 60 (2013) pg. 633-636.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**INGRID WINKLER** Professora e Pesquisadora dos PPGs Stricto Sensu em Gestão e Tecnologia Industrial (GETEC) e em Modelagem Computacional (MCTI) do Centro Universitário SENAI CIMATEC, é graduada em Computação pela Universidade Mackenzie (1998) e Doutora em Administração pela Universidade Federal da Bahia (2012), com estágio doutoral na Ecole de Gestion - HEC Montreal. É líder do Grupo de Pesquisa CNPQ Realidade Aumentada, Realidade Virtual e interfaces inovadoras para Interação Humano-Computador na Indústria, Saúde e Educação, onde investiga temas relacionados à Indústria 4.0, Manufatura Avançada, eHealth, Tecnologias Assistivas e Metodologias Ativas de Ensino, entre outros. Possui sólida experiência na captação de recursos e execução de projetos de pesquisa aplicada, contribuindo de forma direta para o aumento da competitividade da indústria brasileira ao coordenar 23 projetos de inovação e desenvolvimento tecnológico financiados por players como EMBRAER, SHELL, VALE, FORD, TOTVS, Petrobras e startups, através de recursos da EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Inovação Industrial), ANP (Agência Nacional de Petróleo) e SEBRAE, entre outros programas de fomento.

**LILIAN LEFOL NANI GUARIEIRO** Possui Graduação em Química pelo Centro Universitário de Lavras (2003), Mestrado em Química Orgânica e Especialização em Química do Petróleo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006), Doutorado em Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia (2010), Doutorado Sanduíche na Virginia Polytechnic Institute and State University em Blacksburg, VA-EUA e Pos-Doc pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energia e Ambiente (2011). Foi membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências para o quinquênio 2014-2018 e é membro Júnior da Academia de Ciências da Bahia. Atualmente é Professor Adjunto do SENAI CIMATEC, Salvador-BA onde atua como Coordenadora do Mestrado Profissional de Desenvolvimento Sustentável (MPDS), Coordenadora do Laboratório de Pesquisa Aplicada em Química (LIPAQ), Membro do Corpo Docente do CONSU e do CONSEPE do Centro Universitário SENAI Bahia (SENAI CIMATEC) e Membro permanente dos Programas de Pós Graduação (PPG) em Gestão e Tecnologia (GETEC), PPG em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI) e MPDS. Já recebeu os prêmios: (2007) Best of Biorenewables (ACS). (2009 e 2011) Prêmio PUBLIC-FAPEX, (2010) Prêmio Inventor UFBA, (2012) Medalha RVq, (2012) Prêmio Ciência Tecnologia e Inovação em Biodiesel, (2013) Inova SENAI e (2014) Prêmio PubliTec.

**JOSIANE DANTAS VIANA BARBOSA** Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2004) e Pós-graduada em nível de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2011). Atualmente é Coordenadora do Mestrado Profissional e do Doutorado em Gestão e Tecnologias Industriais - PPGGETEC. É docente dos Programas de pós-graduação em Gestão e Tecnologias Industriais - GETEC no SENAI CIMATEC e no Programa de Tecnologias em Saúde na Faculdade Bahiana de Medicina. Atuou por seis anos como Gerente da área de Materiais no SENAI CIMATEC, desempenhando atividades de coordenação de equipe, projetos de P&D&I e gestão da qualidade de laboratórios de calibração e ensaios mecânicos. No âmbito de projetos de pesquisa vêm desenvolvendo estudos relacionados a nanocompósitos, blendas de polímeros biodegradáveis, processamento de polímeros, compósitos poliméricos, biomateriais, e materiais aplicados a saúde. Atualmente trabalha no Projeto de Implantação do Instituto de Tecnologia em Saúde - ITS CIMATEC.

**ALEX ÁLISSON BANDEIRA SANTOS** Doutorado pelo Programa de Energia e Ambiente do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CiEnAm) da Universidade Federal da Bahia (2010). Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Bahia (1998) e Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Professor e Pesquisador do SENAI CIMATEC, e, Membro Sênior da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM). Coordenador do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Também no SENAI CIMATEC, foi Gerente do Departamento de Eficiência Energética e Energias Renováveis e do Departamento de Manutenção Industrial. Coordenou projetos de infraestrutura e de P&D com empresas de atuação nacional e internacional, como também com financiamento de agências e secretarias de estado como CNPq, FINEP, SECTI/Governo da Bahia, SEINFRA/Governo da Bahia e FAPESB. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica atuando principalmente nos seguintes temas: combustão industrial, formação e controle da fuligem e de NOx, energia, engenharia térmica, manutenção industrial, eficiência energética de processos e equipamentos industriais.

**JEANCARLO PEREIRA DOS ANJOS** Possui graduação em Química (Licenciatura) pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2008) e Mestrado em Agroquímica (2010) pela mesma universidade. cursou o Doutorado em Química pela Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014), com ênfase em Química Analítica. Foi bolsista de Pós-doutorado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energia e Ambiente (INCT - E&A), na Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014-2016). Atualmente, é Professor adjunto e vice-coordenador do Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável no Centro Universitário SENAI CIMATEC (Salvador-BA). Tem experiência na área de Química, atuando principalmente nos seguintes temas: técnicas de separação (cromatografia líquida e cromatografia a gás), técnicas de preparação de amostras (extração, pré-concentração e clean-up), análises físico-químicas de aguardente, controle de qualidade de bebidas e coleta/análise de poluentes atmosféricos (fase gasosa e particulada)

**KEIZE KATIANE DOS SANTOS AMPARO** Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial no SENAI CIMATEC. Possui graduação em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Jorge Amado (2016) e graduação em Tecnólogo em Sistemas Automotivos pela Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC (2013). Atualmente é bolsista de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

**ILAN SOUSA FIGUEIREDO** Possui graduação em Engenharia de Petróleo pelo Centro Universitário Jorge Amado (2013), especialização em Engenharia de Dutos pela PUC-Rio (2015), mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI) pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC (Departamento Regional da Bahia). Atualmente é doutorando em MCTI no Senai Cimatec com linha de pesquisa voltada para a área de Engenharia e Modelagem Computacional. Foi professor da Universidade Regional da Bahia nos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Produção, Engenharia Ambiental e Tecnólogo de Petróleo e Gás. Tem experiência na área de engenharia, emissões, química, automotiva, modelagem computacional, petróleo e mineração

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-501-3



9 788572 475013