

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-81740-21-4

DOI 10.22533/at.ed.214201402

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio  
Mauro Braga

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](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Em “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3” temos treze capítulos que trazem preciosas contribuições para a inovação tecnológica nas engenharias.

Pesquisas na área de gestão de resíduos, produção de energia limpa, cuidados com o ambiente em que vivemos demonstram que os pesquisadores estão preocupados com a inovação, mas respeitando os recursos naturais.

Na mesma linha, pesquisas na área de logística e mecânica demonstram preocupação com o bem-estar da sociedade sem renunciar aos benefícios proporcionados pela tecnologia. Benefícios presentes ainda na otimização de custos em construção e na utilização de tecnologias de informação móveis.

Esperamos que esta obra seja útil ao progresso da ciência e possa melhorar as pesquisas na área. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO DE BENEFICIADORA DE ARROZ OBTIDO COMO BIOMASSA PARA PROCESSO DE PIRÓLISE	
Emerson de Moraes Böhm Roberto Tomedi Sacco Iago Riveiro Santos Dutra Pedro José Sanches Filho Giani Mariza Barwald Bohm	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
PETRODIESEL WITH BIODIESEL WATER/OIL SEPARATOR FILTER – LOW PERFORMANCE	
Sérgio Roberto Amaral José Luz Silveira Eloisa Couto Parkutz Costa Alan Baio Bonel Thiago de Miranda Nogueira Marcos Morin Marcondes Cesar Marcio José Cirino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
GESTÃO DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DAS MARMORARIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ – PARÁ	
Taiana da Silva Ferreira Felipe José Marques Mesquita Mateus Mamede Mousinho Junior Hiroyuki Ishihara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR	
Eloi Rufato Junior Plinio Caetano de Siqueira Rafael de Freitas Gasparelo Danderfer Thomas Hideki Sasaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DE VIBRAÇÃO EM PROTÓTIPO DE VAGÃO DE MINÉRIO DE FERRO	
Alexandre Luiz Amarante Mesquita Ítalo José Cunha Araújo Eivelton André Oliveira da Trindade Ronaldo Menezes dos Santos Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014025</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>62</b>
AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA BRS BELÉM, SOB A ÓTICA DOS USUÁRIOS	
Diego Ribeiro Pinto de Castro Jânio Luiz Marques Trindade Júnior Gabrieli Inácio dos Santos Christiane Lima Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014026</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>78</b>
DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DA VÁLVULA DISTRIBUIDORA	
Geanderson Cutrim Soares Hugo da Rocha Conceição Marcelo Alves de Sousa Bernard Carvalho Bernardes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014027</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>90</b>
USO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO	
Carlos Millan-Paramo Jair de Jesus Arrieta Baldovino Euriel Millan Romero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014028</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>106</b>
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS GPS GEODÉSICO E GARMIN EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	
Eduardo Vinícius Franco da Silva Gustavo Souza Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014029</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>118</b>
GERENCIAMENTO DE QUALIDADE DE PROJETO: COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DOS CUSTOS DE SERVIÇOS DE MÃO-DE-OBRA	
Hamohhamed Henrik Santana Carvalho Lízia Sousa Alves Wilker David de Oliveira Selma Araújo Carrijo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21420140210</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>124</b>
SISTEMA DE INFORMAÇÃO: O USO DE APLICATIVO MÓVEL EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Railma Saldanha da Silva Leanderson Augusto dos Santos Santana André Luis Rodrigues Mathias Suelma do Nascimento Brito Lôbo Mathias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21420140211</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>133</b>
ESTIMATION OF PARAMETERS OF THE TORQUE CONVERTER OF AN AUTOMATIC	

TRANSMISSION OF A PASSENGER VEHICLE

Elias Dias Rossi Lopes  
André Flora Alves Pinto  
Caio César do Prado Dorea Reis  
Gustavo Simão Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.21420140212**

**CAPÍTULO 13 ..... 147**

APLICAÇÃO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS* (CITRONELA) COMO AGENTE INIBIDOR DE BACTÉRIAS ISOLADAS DO FLUÍDO DE CORTE

Edgar Augusto Aliberti  
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates  
Pâmela Nunes Sá

**DOI 10.22533/at.ed.21420140213**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 153**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 154**

## DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DE VIBRAÇÃO EM PROTÓTIPO DE VAGÃO DE MINÉRIO DE FERRO

Data de Submissão: 11/11/2019

Data de aceite: 03/02/2020

### Alexandre Luiz Amarante Mesquita

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia (ITEC)  
Belém-Pará

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4780380H4>

### Ítalo José Cunha Araújo

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE)  
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/7017335507264655>

### Elivelton André Oliveira da Trindade

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE)  
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/4274718032748272>

### Ronaldo Menezes dos Santos Junior

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE)  
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/0943671675170556>

**RESUMO:** Este trabalho descreve desenvolvimento do projeto de bancada de vibração em protótipo de vagão de minério

de ferro para avaliar o desempenho do filme polimérico, que recobre os vagões reais para evitar o desprendimento de poeira durante movimento. A bancada consiste em um protótipo de vagão suportado por molas que é excitado por micro motovibradores controlados por um inversor de frequência. Os sinais de vibração serão medidos por sistema de aquisição constituído de acelerômetro, analisador de sinais e software de processamento de sinais. O protótipo ficará situado dentro de uma seção de um túnel de vento para também avaliar a resistência do filme sob efeito combinados de vento e vibração

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de poeira, minério de ferro, vagão, vibração, filmes poliméricos.

### DEVELOPMENT OF A VIBRATION BENCH TEST FOR IRON ORE WAGON PROTOTYPE

**ABSTRACT:** This paper describes the development of a vibration bench test for iron ore wagon prototype to evaluate the performance of polymeric films, which cover the actual wagons to avoid the dust spread during movement. The vibration bench test consists of wagon prototype supported by springs and driven by a micromotovibrator controlled by frequency inverter. Vibration signals will be measured by an acquisition system, which consists of

accelerometer, signal analyzer, and signal processing software. The prototype will be placed within a section of a wind tunnel to also assess the strength of the film under the combined effect of wind and vibration.

**KEYWORDS:** Dust control, iron ore, wagon, vibration, polymeric films.

## 1 | INTRODUÇÃO

A geração de poeira durante o transporte de minérios por ferrovia pode ter como consequências a poluição do ar, afetando as comunidades adjacentes ao traçado da ferrovia, a perda de minério, acarretando um aumento de custo e, se a deposição do minério fino ocorrer no próprio leito da ferrovia, pode causar a sua colmatação, acarretando em custos para recuperação do lastro, incluindo a interrupção do transporte para a execução desta manutenção. Uma maneira de conter a poeira no transporte ferroviário de minérios é uso de filmes poliméricos formados por meio de uma solução aquosa de polímeros que é pulverizada sobre a superfície do minério, formando assim, uma camada protetora (filme polimérico) contra a ação do vento.

Estão sendo desenvolvido no NDAE (Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia), em Tucuruí-PA, bancadas no intuito de avaliar a resistência desses filmes poliméricos devido às ações do movimento vibratório dos vagões e da força de arrasto aplicada pelo vento. Desta forma, este trabalho descreve o desenvolvimento de um projeto de bancada de vibração em protótipo de vagão de minério de ferro para simular o comportamento dinâmico dos vagões reais em operação. O sistema consiste em um motovibrador controlado por um inversor de frequência que induzirá as vibrações, similares às medidas em campo, no protótipo. Esse protótipo será suportado por molas helicoidais que permitam vibrações em vários graus de liberdade e estará inserido em um túnel de vento para também verificar a influência do vento nos modos de falhas dos filmes poliméricos.

As seções seguintes deste trabalho incluem a descrição do problema de geração de poeira e alguns meios de prevenção em mais detalhes, a descrição da bancada idealizada, o PM Canvas desenvolvido na fase de planejamento do projeto, os primeiros resultados da primeira entrega do projeto, e finalmente, as considerações finais deste trabalho.

## 2 | GERAÇÃO DE POEIRA DE MINÉRIO

O manuseio e o transporte de minérios geram um impacto muito grande no ambiente, propiciando a geração de poluição atmosférica, hídrica, entre outras. A poluição atmosférica é devido a grande quantidade de material particulado que é gerado e fica suspensa no ar. Isto ocorre porque praticamente todas as operações de movimentação, apresentadas anteriormente (descarga, transporte e armazenagem),

suspendem poeiras.

A poluição do ar ligada ao manuseio de minérios afeta diretamente a qualidade do ar, podendo atingir comunidades próximas, pois o particulado de minério é muito fino e viaja distâncias consideráveis pelo ar. Essa poluição atmosférica pode, então, gerar graves riscos à saúde, como problemas respiratórios tanto para os trabalhadores quanto para as comunidades que vivem próximo às instalações industriais. Fig.1 apresenta algumas das situações de manuseio em que a emissão de poeira é mais frequente.

Existem vários métodos para a supressão da emissão de pó, um deles é o uso de aditivos químicos, como os surfactantes, também chamados de tensoativos. Os surfactantes são compostos químicos que apresentam uma porção hidrofílica e uma porção hidrofóbica, com a capacidade de reduzir a tensão superficial da água provocando: redução do diâmetro da gota do spray; aumento no número de gotas para um dado volume de água e diminuição do ângulo de contato, na interface sólido/líquido/gás (SARTIM et al., 2015).

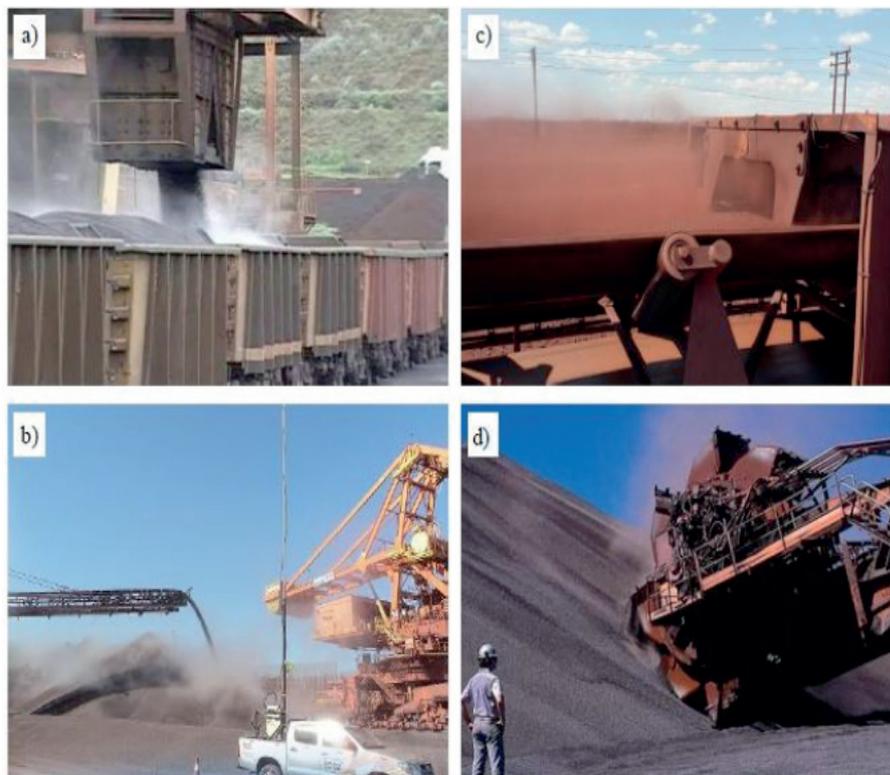


Figura 1: Emissão de poeira em operações com minérios. (a) carregamento de vagões (BARROS, 2008), (b) empilhamento (ECOSOFT, 2018), (c) saída do chute de transferência (DAS, 2018) (d) recuperação de pilha (EXAME, 2017).

Outro agente químico muito utilizado no controle de emissão de material particulado é a aplicação de polímeros, que age formando uma película que impede que partículas finas se desprendam do leito de minérios e sofram dispersão pelo ar, reduzindo a propagação de poeira no ambiente. No geral, uma solução aquosa de polímeros é pulverizada sobre a superfície do minério, formando assim, uma camada protetora (filme polimérico) contra a ação do vento. De acordo com Regattieri (2010),

o uso de supressores de pó, em soluções aquosas, aplicado através de aspersores localizados em diversos pontos da área de movimentação dos minérios, é um mecanismo viável para a redução das emissões atmosféricas, uma vez que evitam o levante de material particulado para a atmosfera e, portanto, mantém o ar mais limpo. A bancada de vibração será desenvolvida para avaliar a resistência desses filmes poliméricos ao movimento de vibração de vagões em conjunto com a ação do vento.

### 3 | BANCADA DE VIBRAÇÃO PARA ANÁLISE DE FILME POLIMÉRICO

No projeto será desenvolvido um protótipo de vagão com carga em um sistema vibratório para simular o comportamento dinâmico dos vagões reais em operação. O sistema será constituído por um excitador de vibrações (Fig. 2) que induzirá as vibrações (similares às medidas em campo) no protótipo. Esse protótipo será suportado por molas helicoidais que permitam vibrações em vários graus de liberdade.

Com as informações das vibrações medidas e das características geométricas e de material dos vagões será desenvolvido um modelo de elementos finitos desse sistema (HARAK et al., 2014). Da mesma forma que com as características mecânicas e geometria dos filmes poliméricos, será desenvolvido um modelo FEM do filme polimérico a ser incluído no modelo do vagão com a carga. Também será necessária a modelagem do protótipo (aparato instrumental a ser desenvolvido). Os modelos do sistema real e protótipo serão calibrados após os ensaios experimentais em aparato a ser construído.

Com o aparato experimental fabricado e montado serão realizados os testes junto com os filmes poliméricos e os resultados obtidos servirão para calibrar os modelos FEM desenvolvidos. O filme polimérico será fixado no aparato para experimentar as vibrações e assim ser possível analisar diferentes carregamentos e correspondentes modos de falhas nos filmes poliméricos. O protótipo do vagão será inserido dentro de uma seção de túnel de vento (Fig.3) para também verificar a influência do vento na resistência dos filmes poliméricos.

A Fig. 4 mostra o aparato instrumental que será usado na bancada: um inversor de frequência que controlará o motovibrador, um acelerômetro que captará a vibração do protótipo do vagão e este sinal de vibração será registrado e processado pelo analisador de sinais ADS 2000 conectado a um computador.

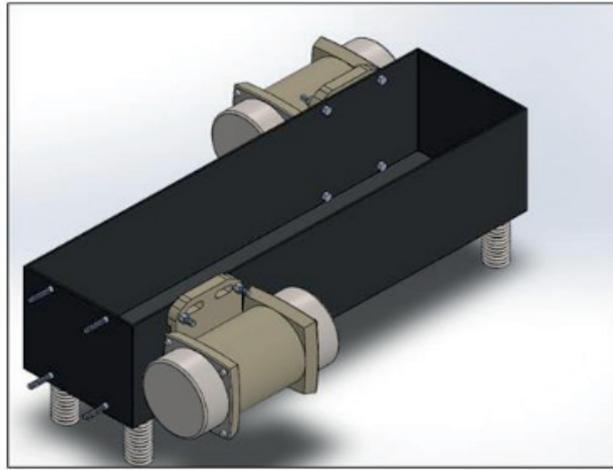


Figura 2: Ilustração do protótipo do vagão com excitadores e molas.

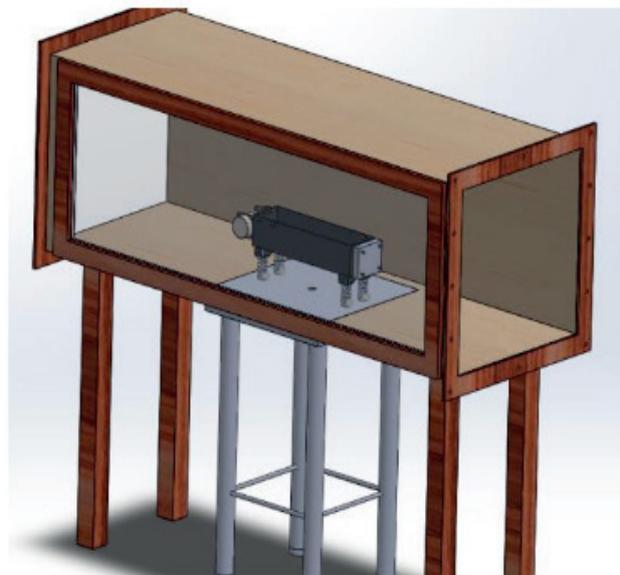


Figura 3: Esquema do protótipo do vagão inserido em seção do túnel de vento.



Figura 4: Esquema da instrumentação a ser utilizada na bancada.

## 4 | PM CANVAS DO PROJETO

Para o planejamento do projeto utilizou-se a ferramenta visual PM Canvas, desenvolvida por Finnochio Júnior (2013). O Project Model Canvas ou PM Canvas serve para auxiliar o gerente e a equipe de projeto no planejamento do projeto, de forma simples sem tanto muita burocracia encontrada em várias metodologias de gerenciamento de projeto.

O PM Canvas conta com 5 áreas, onde cada uma representa uma função de planejamento específica, agrupadas em blocos, que respondem 6 questões fundamentais: Por quê? O quê? Quem? Como? Quando e Quanto? (FINOCCHIO JÚNIOR, 2013). Cada área possui componentes, que representam conceitos clássicos de gerenciamento de projetos. O Project Model Canvas conta ao todo com 13 componentes ou blocos: justificativas, objetivos, benefícios, produtos, requisitos, stakeholders, equipe, premissas, grupo de entregas, restrições, riscos, linha do tempo e custo.

Maiores detalhes a respeito da metodologia PM Canvas podem ser encontrados nos livros de Finnochio Júnior (2013), Veras (2014) e em Mesquita et al. (2019). Para o presente projeto, o PM Canvas foi desenvolvido conforme mostra a Fig.5, onde os custos foram omitidos.

Após o desenvolvimento do PM Canvas, o planejamento pode ganhar um maior formalismo, podendo ser desdobrado em documentos mais detalhados para melhor execução do projeto, como por exemplo a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) e um Cronograma mais detalhado, como por exemplo, por meio do Diagrama de Gantt. Com um planejamento bem feito, aumentam-se as chances de sucesso do projeto. A Fig. 6 mostra a EAP do projeto mostrando as principais entregas (*deliverables*) e os pacotes de trabalho necessário para a conclusão de cada entrega.

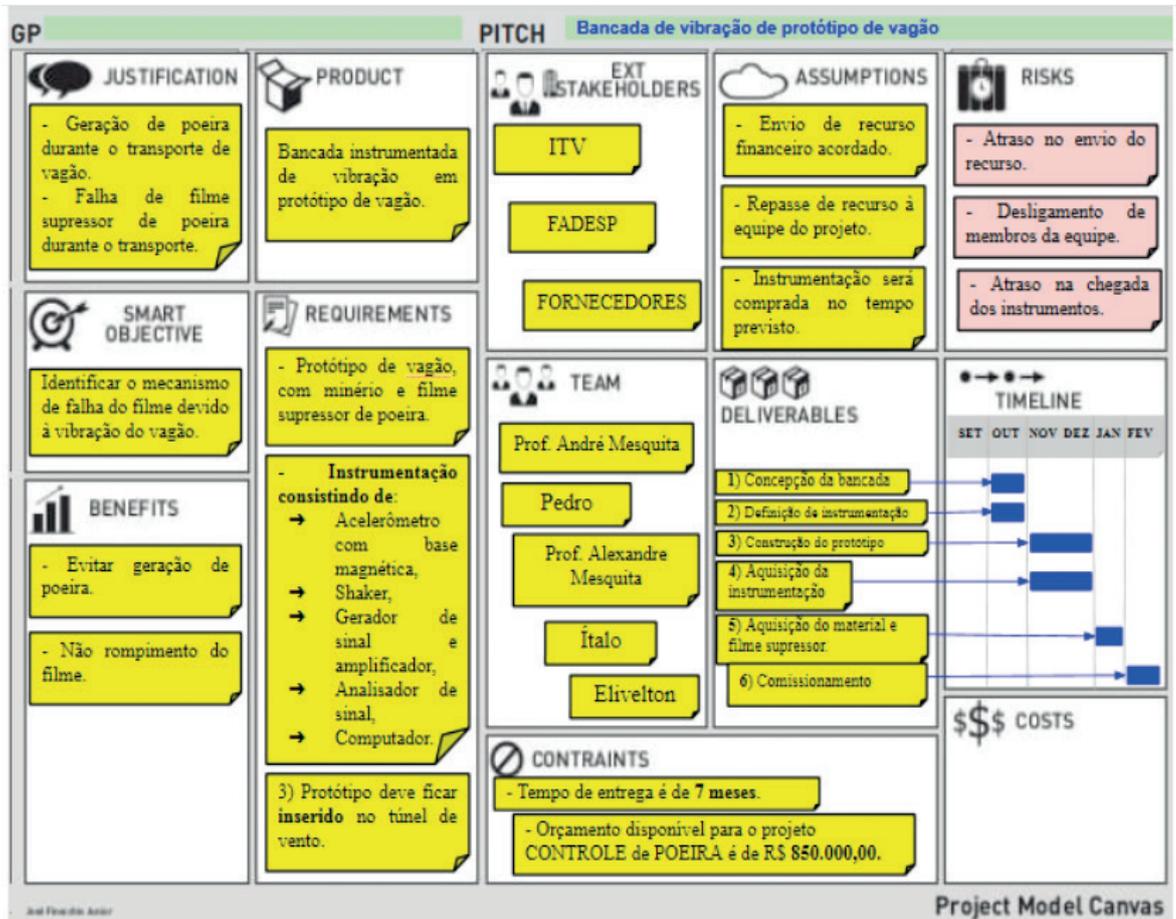


Figura 5: PM Canvas para o projeto de bancada de vibração em protótipo de vagão de minério.

### Estrutura Analítica de Projetos (EAP) Bancada de vibração de protótipo de vagão

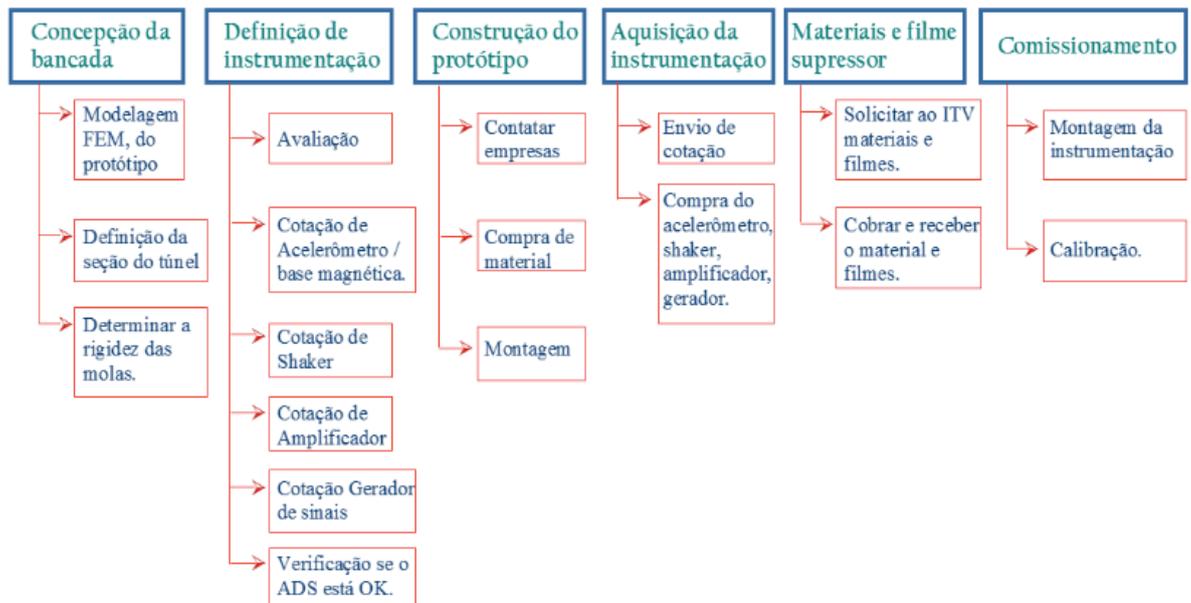


Figura 6: EAP do projeto mostrando as entregas e os pacotes de trabalho de cada entrega.

## 5 | RESULTADOS PRELIMINARES

Na fase atual do projeto já foram adquiridos toda a instrumentação, adaptação da seção do túnel de vento e fabricação do protótipo (faltando ainda a sua pintura), conforme mostra a Fig. 7. Portanto, o projeto se encontra na fase de montagem de todo o aparato instrumental para ser iniciados os ensaios de vibração no protótipo dentro do túnel de vento (túnel já existente nas dependências do NDAE (Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia – UFPA) em Tucuruí – ver Fig. 8).

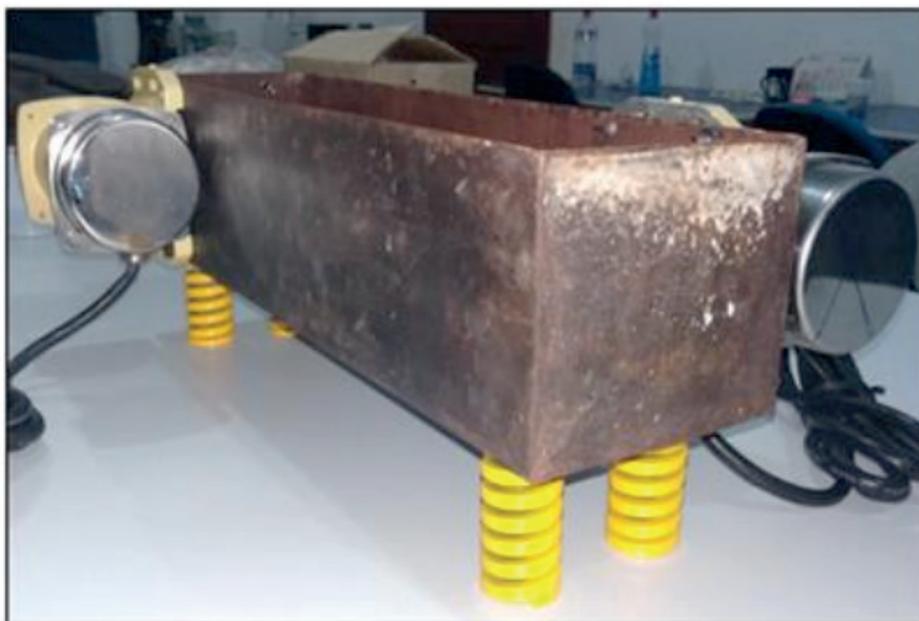


Figura 7: Protótipo de vagão a ser usado nos ensaios de vibração.



Figura 8: Túnel de vento a ser usado nos ensaios de vibração.

Com a definição da geometria do protótipo do vagão, foram iniciadas as simulações numéricas por elementos finitos, conforme descrito na seção 3. Os resultados dos dois primeiros modos de vibração (ainda sem o minério) estão apresentados na Fig. 9.

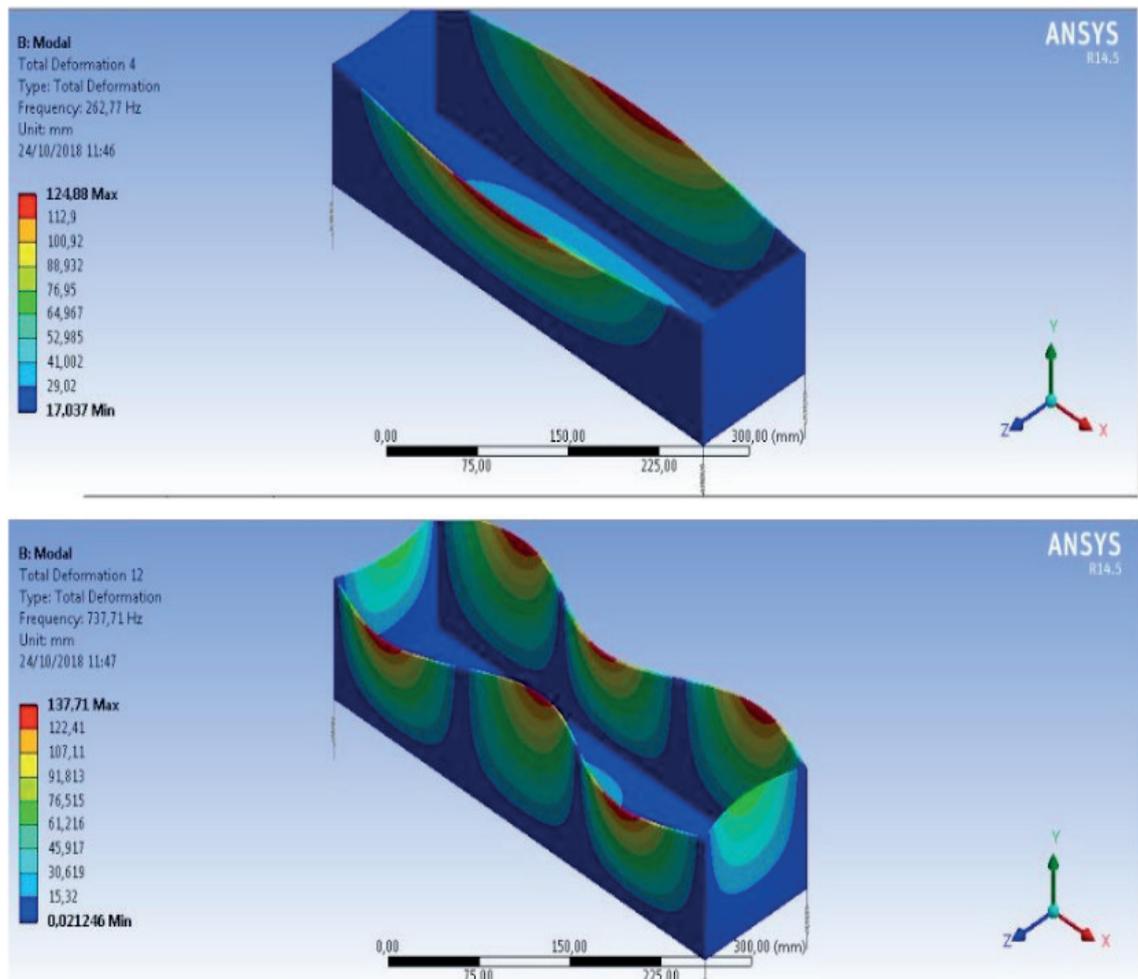


Figura 9: Dois primeiros modos de vibração do protótipo do vagão obtidos por elementos finitos.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou resultados do planejamento e estágio atual do desenvolvimento de uma bancada de vibração de protótipo de vagão de minério de ferro para avaliar a resistência de filmes poliméricos supressores de poeira de minério.

O desenvolvimento da bancada faz parte de um projeto de pesquisa maior para estudos de controle de poeira durante o transporte e manuseio de minérios. Esse projeto de pesquisa maior engloba a fabricação de várias outras bancadas que estão sendo desenvolvidas nas dependências do NDAE da UFPA no Campus da Cidade de Tucuruí-PA.

## REFERÊNCIAS

BARROS, A.L.M. **Distribuição horária de lotes de vagões GDE para carregamento de minério na EFVM**. Curso de especialização de transportes ferroviário de carga. IME., 2008.

DUST A SIDE – DAS. **Dust Suppression Systems**. <https://dustaside.com.au/products/dust-suppression-systems/>, Acesso: 13/03/2018.

ECOSOFT. **Medição de emissão de material particulado em fontes difusas**. <http://www.ecosoft.com.br/home/monitoramento/?lang=en>, Acesso: 13/03/2018.

EXAME. **Senado recebe MP que cria Agência Nacional de Mineração**. 2017 <https://exame.abril.com.br/brasil/senado-recebe-mp-que-cria-agencia-nacional-de-mineracao/>, Acesso: 13/03/2018.

FINOCCHIO JÚNIOR, J. **Project Model Canvas: Gerenciamento de Projeto Sem Burocracia**, Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

HARAK, S.S., SHARMA, S.C., HARSHA, S.P. **Structural dynamic analysis of freight railway wagon using finite element method**, Procedia Materials Science, v.6, p.1891-1898, 2014.

MESQUITA, A.L.A.; PINHEIRO, K.A.; MENDONÇA, E.O. **PM Canvas aplicado no planejamento de projetos educacionais de engenharia**. Engenharias, Ciência e Tecnologia v. 6, Atena Editora, 2019.

REGATTIERI, A. **Estudo das práticas de preservação e controles ambientais da VALE – Porto de Tubarão**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Vitória, 71 p., 2010.

SARTIM, R.; GOMES, T.V.; SILVA, B.E.C; ROSI, T.A; BUSATTO, F.; CURVELLO JÚNIOR, C.M.D.; COSMO, P.C. **Estudo da aplicação da técnica de supressão de pó nas emissões secundárias de material particulado total da planta de sinterização da Arcelormittal Tubarão**”, ABM Week, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2015.

VERAS, M. **Gerenciamento de projetos: Project Model Canvas (PMC)**, Ed. Brasport, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio:** Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Lucio Mauro Braga Machado:** Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando nas áreas de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção atômica 1, 3  
Agências bancárias. 129, 130, 131  
Algoritmo *simulated annealing* modificado 90, 91, 97, 104  
Análise termogravimétrica 1, 3, 4, 5  
Aplicativos móveis 124, 129  
Automatic Transmissions 133, 134

### B

Biocida natural 147

### C

Carvão 1, 5  
Controle de poeira 52, 60

### D

Distribuidor 78, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 89

### E

Eficiência Energética 33  
Emulação 78, 82, 85, 89  
Energia Fotovoltaica 33

### F

Filmes poliméricos 52, 53, 55, 60

### G

Gestão 19, 21, 31, 118, 119, 123, 126  
Granito 21, 23, 25, 29, 30, 31

### H

Halos 147, 148, 149, 150, 151

### I

Insumos 118, 119, 120, 122

### M

Mão-de-Obra 118, 119, 120  
Mármore 21, 22, 23, 25, 28, 29, 30  
Microprocessador 78  
Minério de ferro 52, 53, 60  
Muros de contenção 90

## **N**

NDAE 21, 52, 53, 59, 60, 62, 63

## **O**

Orçamento 118, 119, 120, 123, 153

Otimização 90, 91, 95, 98, 99, 103

Oxidation stability 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 18

## **P**

Particle Swarm Optimization 90, 133, 134, 139

Potencial inibitório 147, 151

Pre filter 7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 18

Produtividade 27, 118, 119, 120

## **Q**

Qualidade de Energia Elétrica 32, 33, 35, 38, 40, 41, 44, 48, 49, 51

Qualidade de Serviço 62

## **R**

Reaproveitamento 21, 30

Regulador 23, 78, 79, 80, 81, 83, 89

Resíduos 1, 2, 5, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 80, 118

## **S**

Sistema BRS 62, 68, 70

Sistema de informação 65, 124, 125, 126, 127, 132

Sludge 1, 2, 5, 6, 7, 8, 13

## **T**

Torque Converter 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 146

Transporte público 62, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77

## **V**

Vagão 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60

Válvulas 78, 80, 82, 85, 89

Vibração 52, 53, 55, 58, 59, 60

## **W**

Water separation 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**