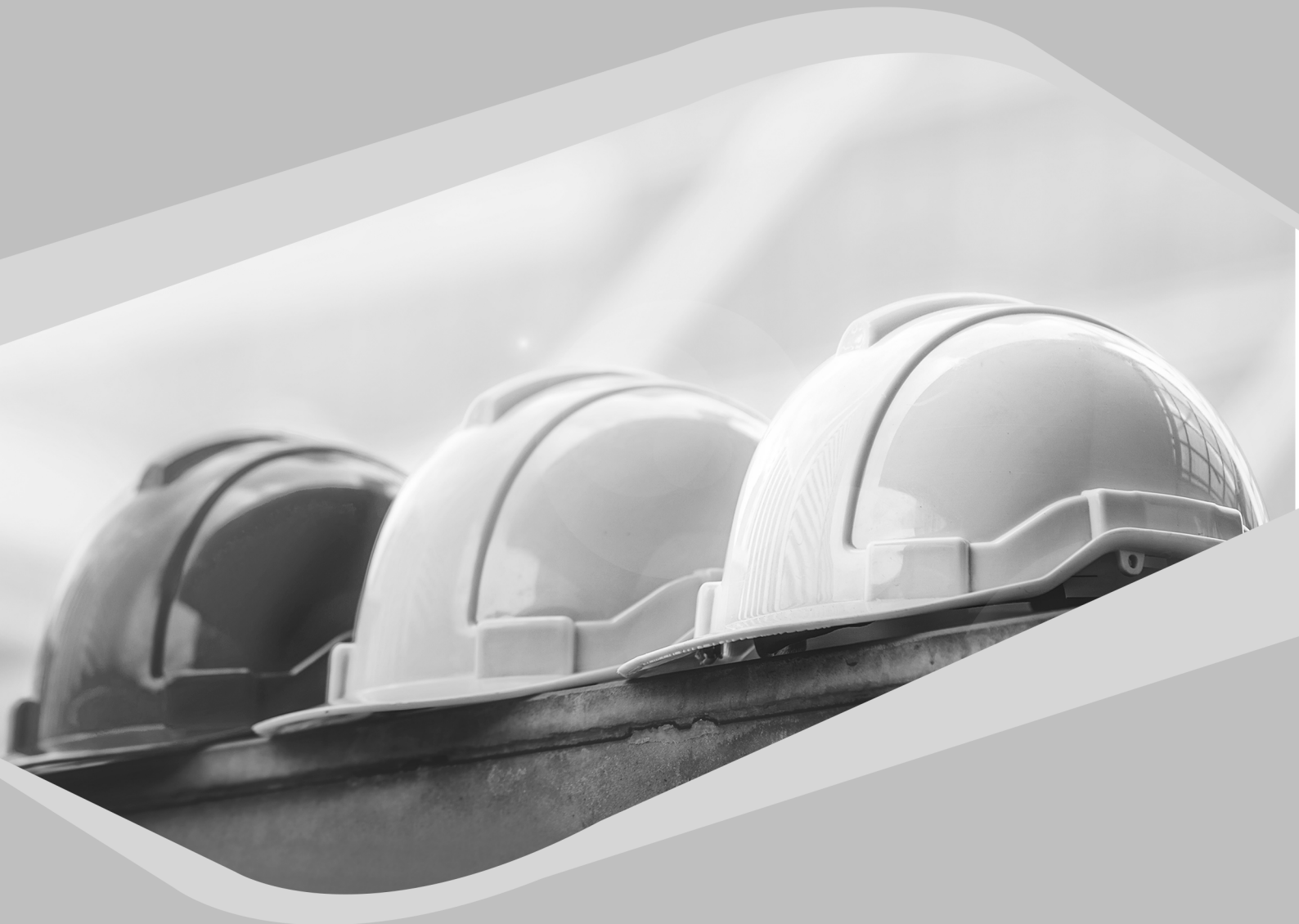


**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS
E INOVAÇÕES NA ÁREA
DAS ENGENHARIAS**

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS
E INOVAÇÕES NA ÁREA
DAS ENGENHARIAS**

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: Geraldo Alves

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^a 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^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a 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^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a 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)**

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias [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 978-65-86002-21-8
 DOI 10.22533/at.ed.218200303

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
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

A constante transformação que a sociedade vem sofrendo é produto de um trabalho de desenvolvimento de pesquisas e tecnologia que aplicadas se tornam inovação.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre seu uso em estruturas e eventualmente podem determinar o aparecimento ou não de patologias.

As pesquisas sobre a utilização de ferramentas computacionais permitem o aprimoramento da gestão de diversas atividades e processos de produção.

São abordadas também nessa obra as pesquisas sobre a forma de ensinar, utilizando as tecnologias em favor do processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, esperamos que esta obra instigue o leitor a desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que o mundo vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade de vida na sociedade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE JUNTAS SOLDADAS DISSIMILARES NA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS	
Daniel Nicolau Lima Alves Marcelo Cavalcanti Rodrigues José Gonçalves de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.2182003031	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DE ÍONS DE CLORETO E SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ana Paula dos Santos Pereira Danielle Cristina dos Santos Lisboa Lucas Nadler Rocha Alberto Nunes Rangel Claudemir Gomes de Santana Renata Medeiros Lobo Müller	
DOI 10.22533/at.ed.2182003032	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO E SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES COM ENFÂSE NO AÇO COMO SOLUÇÃO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS	
Marcos Bressan Guimarães Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá Diorges Carlos Lopes Rafael Aésio de Oliveira Zaltron Arthur Baggio Pietczak Bianca Milena Girardi Bruna Carolina Jachinski	
DOI 10.22533/at.ed.2182003033	
CAPÍTULO 4	38
UTILIZAÇÃO DE SIG NA GESTÃO DOS IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUAL DA ETE NO MUNICÍPIO DE CANDEIAS – BAHIA	
Gisa Maria Gomes de Barros Almeida. Helder Guimarães Aragão. Rodrigo Alves Santos.	
DOI 10.22533/at.ed.2182003034	
CAPÍTULO 5	47
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO COM INCLUSÃO DE NÚCLEOS RÍGIDOS	
Thadeu Ribas Lugarini Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti	
DOI 10.22533/at.ed.2182003035	

CAPÍTULO 6	58
APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM NO ORÇAMENTO DE OBRA - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DASOS	
Susan Pessini Sato	
Leonardo Padoan dos Santos	
Bruno Pscheidt Cenovicz	
DOI 10.22533/at.ed.2182003036	
CAPÍTULO 7	69
LOW-COST SUNLIGHT CONCENTRATORS TO IMPROVE HEAT TRANSFER DURING WATER SOLAR DISINFECTION	
Bruno Ramos Brum	
Rossean Golin	
Zoraidy Marques de Lima	
Danila Soares Caixeta	
Eduardo Beraldo de Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.2182003037	
CAPÍTULO 8	81
ESTUDOCOMPARATIVOUSANDODIFERENTESRESINASPARADETERMINAÇÃO DE ISÓTOPOS DE TÓRIO	
Mychelle Munyck Linhares Rosa	
Maria Helena Tirollo Taddei	
Luan Teixeira Vieira Cheberle	
Paulo Sergio Cardoso da Silva	
Vera Akiko Maihara	
DOI 10.22533/at.ed.2182003038	
CAPÍTULO 9	88
DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO DE UM TUBO DE VENTURI ACOPLADO A UM RESERVATÓRIO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VELOCIDADE E VAZÃO DE FLUIDOS	
Joilson Bentes da Silva filho	
Adalberto Gomes de Miranda	
José Costa de Macêdo Neto	
DOI 10.22533/at.ed.2182003039	
CAPÍTULO 10	96
PROPOSTADEDESIGNDOCOMPONENTETANQUEMODULARDECOMBUSTÍVEL PARA AERONAVE AS 350 ESQUILO	
Abilio Augusto Corrêa	
Daniel Brogini de Assis	
DOI 10.22533/at.ed.21820030310	
CAPÍTULO 11	107
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA MICROEMPRESA DE DOCES ARTESANAIS DA AMAZÔNIA UTILIZANDO O PDCA	
Karla Josiane de Lima Baia	
Rita de Cássia Ferreira Xavier	
Maria Beatriz Costa de Souza	
David Barbosa de Alencar	
DOI 10.22533/at.ed.21820030311	

CAPÍTULO 12	118
AUDITORIA INTERNA COMO PROVIMENTO À GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Phelippe Moura da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.21820030312	
CAPÍTULO 13	125
APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO	
Arthur M. Barbosa	
Paulo Fernandes da Silva Júnior	
Ewaldo Eder Carvalho Santana	
Marcos Erike Silva Santos	
Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira	
Pedro Carlos de Assis Júnior	
Marcelo da Silva Vieira	
Rodrigo César Fonseca da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.21820030313	
CAPÍTULO 14	145
A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FÉRREO “CAXIAS DO SUL – PORTO DO RIO GRANDE”: UM ESTUDO DE PERSPECTIVA ECONÔMICO-LOGÍSTICO NO ESCOAMENTO DE CARGAS	
Giovanni Luigi Ferreira Schiavon	
Helenton Carlos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.21820030314	
CAPÍTULO 15	155
CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES BASEADOS EM LMIS	
Ana Flávia de Sousa Freitas	
Amanda Viera da Silva	
Wallysonn Alves de Souza	
Rafael Pimenta Alves	
DOI 10.22533/at.ed.21820030315	
CAPÍTULO 16	162
APOIO À DECISÃO ASSOCIANDO A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS AO MONTE CARLO AHP (CPP-MCAHP)	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant’Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
Sergio Kostin	
DOI 10.22533/at.ed.21820030316	
CAPÍTULO 17	178
EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS CIENTÍFICAS ACERCA DA APLICABILIDADE DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE NOS PERIÓDICOS INDEXADOS PELA SCOPUS	
Lucas Capita Quarto	
Sônia Maria da Fonseca Souza	
Cristina de Fátima de Oliveira Brum Augusto de Souza	

Fabio Luiz Fully Teixeira
Fernanda Castro Manhães

DOI 10.22533/at.ed.21820030317

CAPÍTULO 18 192

PROJETO DE DESIGN DE MASCOTE PARA JOGO MOBILE

Cristina Trentini
Airam Teresa Zago Romcy Sausen
Paulo Sérgio Sausen
Maurício De Campos
Fabiane Volkmer Grossmann

DOI 10.22533/at.ed.21820030318

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 198

ÍNDICE REMISSIVO 199

DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO DE UM TUBO DE VENTURI ACOPLADO A UM RESERVATÓRIO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VELOCIDADE E VAZÃO DE FLUIDOS

Data de aceite: 27/02/2020

Data de submissão: 03/12/2019

Joilson Bentes da Silva filho

Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Manaus – Amazonas

CV: <http://lattes.cnpq.br/6990338864680097>

Adalberto Gomes de Miranda

Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Manaus – Amazonas

CV: <http://lattes.cnpq.br/0031798088948641>

José Costa de Macêdo Neto

Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Manaus – Amazonas

CV: <http://lattes.cnpq.br/7868540287547126>

RESUMO: Visando obter inicialmente um instrumento de medição de vazão e pressão de fluidos por meio de um dispositivo de fácil construção e material de baixo custo, para serem montados e acoplados a um tanque de acrílico medindo 50x50x50 cm e construído especialmente para esse fim, este trabalho de conhecimento científico contribuiu para que o modelo do protótipo fosse construído e utilizado como material didático em aulas de sistemas fluidos para laboratórios de engenharias. Este trabalho apresenta um sistema fluido por meio de um tanque contendo água e um Tubo de Venturi clássico, para medições de pressão do fluido,

com base em cálculos e desenvolvimentos derivados da equação de Bernoulli. A bancada foi composta por dois medidores do tipo coluna manométrica conectados ao Tubo de Venturi, as tubulações e ao tanque, construídos em Laboratório, no espaço físico disponibilizado pela Unidade Acadêmica de Ensino Superior, pertencente a UEA (Universidade do Estado do Amazonas). A leitura de vazão ideal do tanque foi obtida pela diferença entre as pressões em dois pontos do tubo de Venturi, utilizando-se pipetas volumétricas, como recurso mecânico, para determinar as alturas das pressões dos fluidos que passaram naqueles pontos. Os resultados de pressão, velocidade e vazão medidos neste equipamento ficaram próximos do esperado, tendo em vista, a busca do alinhamento dos tubos e da precisão dos cálculos durante os testes, que puderam ser observados em gráficos apresentados, que foram elaborados no programa Excel. A eficiência do equipamento ficou em 52,32%, que é um resultado muito satisfatório para o funcionamento de equipamentos desse tipo.

PALAVRAS-CHAVE: Tubo de Venturi. Equação de Bernoulli. Colunas Manométricas.

LABORATORY DEVELOPMENT OF
A VENTURI TUBE COUPLED TO A
FLOW PRESSURE, SPEED AND FLOW
MEASUREMENT RESERVOIR

ABSTRACT: Aiming initially to obtain a flow and pressure measuring instrument by means of a device of easy construction and low cost material, to be assembled and coupled to an acrylic tank measuring 50x50x50 cm and specially built for this purpose, this work of Scientific knowledge contributed to the prototype model being built and used as didactic material in fluid systems classes for engineering laboratories. This work presents a fluid system by means of a tank containing water and a classic venturi tube for fluid pressure measurements, based on calculations and developments derived from the Bernoulli equation. The bench was composed of two gauge columns connected to the Venturi Tube, the pipes and the tank, built in the Laboratory, in the physical space provided by the Academic Unit of Higher Education, belonging to UEA (State University of Amazonas). The ideal tank flow reading was obtained by the difference between the pressures at two points of the Venturi tube, using volumetric pipettes as a mechanical resource to determine the heights of the pressures of the fluids that passed at those points. The results of pressure, velocity and flow measured in this equipment were close to expected, in view of the search for pipe alignment and calculation accuracy during the tests, which could be observed in graphs presented, which were prepared in the Excel program. The efficiency of the equipment was 52.32%, which is a very satisfactory result for the operation of such equipment.

KEYWORDS: Venturi tube. Bernoulli equation. Head Columns.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido na Escola Superior de Tecnologia (EST), da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), na área de Engenharia Mecânica, no 1º semestre de 2017, em que se construiu no laboratório da Unidade Acadêmica um protótipo de um sistema fluido, para fins de uso didático, composto de um reservatório de acrílico, aberto na parte superior e acoplado na parte inferior por um tubo de Venturi de PVC, mais tubulação de plástico transparente de $\Phi 5,0\text{cm}$ interno, para escoamento de água como fluido (Brunetti, 2008, p.67-68) e medição de vazão (Brunetti, 2008, p.211) pela equação de Bernoulli. O tubo de Venturi serve para medir a velocidade do escoamento e a vazão de um líquido incompressível pela variação de pressão durante a passagem do fluido por um tubo de seção mais larga, seguido de outro de seção mais estreita.

O tubo de Venturi, conhecido como Venturímetro (Brunetti, 2008, p.216), foi desenvolvido em 1791 pelo cientista italiano Giovanni Batista Venturi, utilizando-o como medidor da velocidade de escoamento e da vazão diferencial de pressão ou, em outros termos, medidor de vazão por obstrução de área. A diferença de pressão (Barcelos, 2011) é produzida por efeitos inerciais como aceleração do escoamento por causa da obstrução presente e à ação de efeitos da viscosidade na perda de carga. O primeiro cientista que demonstrou este princípio de funcionamento foi G.

B. Venturi, em 1797, mas, o primeiro cientista a fazer medições com esse o tubo foi Clemens Herschel, em 1887, chamando-o medidor de Venturi (Delmée, 2003).

O Venturi é um medidor deprimogênio, isto é, mede a vazão por diferencial de pressão devido à redução de sua seção. A partir das propriedades locais como pressão, temperatura, massa específica, densidade, etc., é que se tornou possível à determinação das propriedades globais que no caso foi a vazão mássica. As condições de serviço dos medidores de vazão são extremamente diversificadas. Os fluidos medidos podem ser líquido ou gasoso, às vezes viscoso, abrasivo, corrosivo ou carregado de impurezas. As pressões e temperaturas podem corresponder as condições criogênicas com às de vapores superaquecidos (Delmée, 2003).

Os fluidos são líquidos e gases, sendo que os gases ocupam todo recipiente e o líquido apenas uma superfície livre. O escoamento de um fluido, em uma tubulação pode se caracterizar pelos regimes laminar e turbulento. O laminar é caracterizado por um escoamento em camadas planas ou concêntricas e o turbulento por uma intensa mistura do líquido e das oscilações da velocidade e das pressões (Delmée, 2003).

O Objetivo Geral foi Dimensionar e construir um sistema fluido contendo reservatório com tubo de Venturi acoplado para simulação de vazão e pressão, pela utilização da Equação de Bernoulli, para fins didáticos. Os Objetivos Específicos foram pautados em: Dimensionar e construir uma caixa de acrílico, acoplada com uma válvula globo de PVC de $\Phi 5,0\text{cm}$ na parte inferior para abrir e fechar o escoamento, a fim de que seja usada no ponto de partida do fluido e cálculo de vazão e pressão; Desenvolver um tubo de Venturi em PVC e acoplá-lo com as tubulações plásticas em um reservatório de acrílico para análises de vazão e pressão do fluido durante a passagem pela parte mais estreita do tubo; e Disponibilizar o sistema desenvolvido no Laboratório da Unidade Acadêmica para estudos e trabalhos futuros de mecânica dos fluidos.

A vazão é a terceira grandeza mais medida nos processos industriais, conforme é observado no Gráfico 1. As aplicações são muitas, indo desde aplicações simples, como a medição de vazão de água em estações de tratamento e residências, até medições de gases industriais e combustíveis, em que passa ainda por medições mais complexas. A escolha correta de um determinado instrumento para medição de vazão depende de vários fatores, dentre eles a baixa perda de carga.

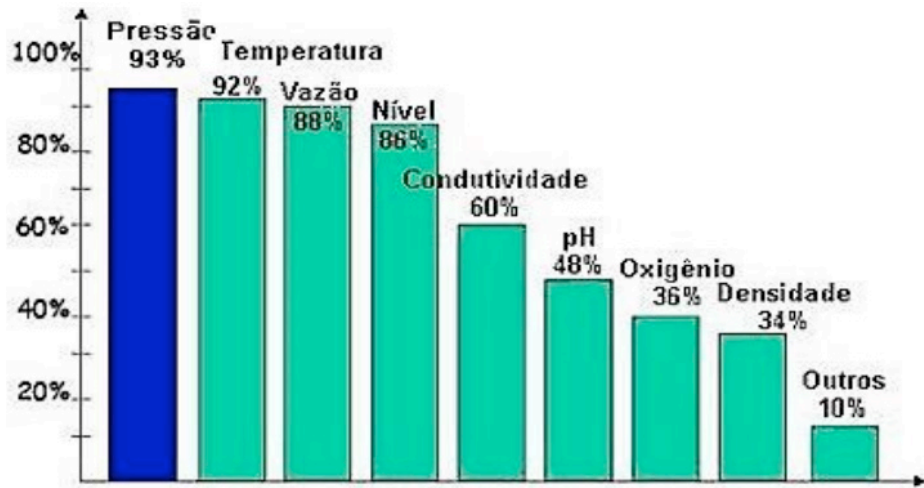


Gráfico 1. Grandezas medidas em processos industriais.

Fonte: Revista Control Engineering (2002).

O tubo de Venturi serve para medir a velocidade do escoamento e a vazão de um líquido incompressível através da variação da pressão durante a passagem deste líquido por um tubo de seção mais larga e depois por outro de seção mais estreita. Assim esse efeito explica pelo princípio de Bernoulli e no princípio da continuidade da massa, se o fluxo de um fluido é constante. Sua área de escoamento diminui então necessariamente sua velocidade aumenta (WIKIPEDIA, 2017).

Um tubo de Venturi é um dispositivo inicialmente desenhado para medir a velocidade de um fluido aproveitando o efeito Venturi. Entretanto, alguns se utilizam para acelerar a velocidade de um fluido obrigando-o a atravessar um tubo estreito em forma de cone.

Com estudo relacionado ao efeito Venturi, em que aplica-se a fórmula de Bernoulli, que é utilizado para descrever o comportamento dos fluidos em movimento no interior de um tubo, pode encontrar a velocidade desse fluido por meio da equação:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (1)$$

As variáveis da equação da continuidade, P_1 , v_1 e h_1 referem-se à pressão, velocidade e altura do fluido localizado no Ponto 1 e as variáveis P_2 , v_2 e h_2 referem-se à pressão, velocidade e altura do fluido passando no Ponto 2.

Ao saber as pressões existentes em dois pontos específicos do tubo de Venturi é possível descobrir a velocidade média do fluido nestes pontos, e então chegar indiretamente ao valor da vazão existente na tubulação avaliada, através da utilização das equações acima.

Esta aplicação na prática pode ser observada e analisada através da demonstração de vazão pelo tubo de Venturi que será projetado e construído de forma simples e simultaneamente eficiente no laboratório da EST/UEA, podendo ser

utilizado para outros ensaios com alunos e professores, em que estes podem utilizá-la como forma de metodologia em aulas práticas de mecânica dos fluidos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consistiu-se em desenvolver e construir um protótipo de um sistema fluido, composto por um reservatório de acrílico, um tubo de Venturi em PVC e tubulação de Poliuretano transparente (plástico flexível) de $\Phi 5,0\text{cm}$, para ser utilizado como experimento no laboratório de Engenharia Mecânica da EST, devido não haver medidores de vazão de fluidos na Unidade Acadêmica.

O primeiro passo foi construir um reservatório, a partir de materiais disponíveis no laboratório da Unidade Acadêmica, que consistiu de 05 (cinco) placas de acrílico de espessura 3mm, dimensionadas para que as laterais fossem com 02 (duas) placas de 50x52cm e 02 (duas) de 50x50cm, e a do fundo de 52x52cm, as quais foram recortadas e em seguida coladas com cola própria de PVC, formando uma caixa de acrílico medindo 50x50x50cm, de lados e fundo, com a parte superior aberta, sendo que uma das placas foi furada para $\Phi 5,0\text{cm}$, com furadeira, em uma das laterais, na parte central inferior para a conexão de uma válvula globo de PVC, de abrir e fechar o escoamento do fluido pela tubulação transparente de Poliuretano e pelo Tubo de Venturi construído. Com o propósito de reforçar e evitar vazamentos, as arestas foram revestidas com CASCOLA PL500.

O segundo passo foi a construção do protótipo similar ao tubo de Venturi, com materiais de fácil acesso encontrados no comércio local, utilizando cola de PVC para unir 01 (uma) luva de PVC soldável de $\Phi 2,5\text{cm}$ entre 02 (duas) buchas de redução de PVC de $\Phi 5,0 \times 2,5\text{cm}$ (Figura 1).



Figura 1. Dimensionamento e construção do sistema fluido composto de reservatório, válvula, Tubo de Venturi e tubulações de $\Phi 5,0\text{cm}$.

Fonte: Autor (2017).

No Tubo de Venturi (Figura 2) construído, fez-se 02 (dois) furos de 0,8cm cada, na parte superior, com uma furadeira, para encaixar 02 (duas) pipetas volumétricas (fornecidas pela EST) de 25mL (25cm³) e comprimento 32,5cm, cada uma em um furo, como colunas manométricas, para medir a pressão estática na seção superior à estrangulação e na seção estrangulada, aproximadamente, um furo na posição central, conforme Figura 1. O reservatório foi enchido até a altura de 22cm, equivalente ao volume de 55L.

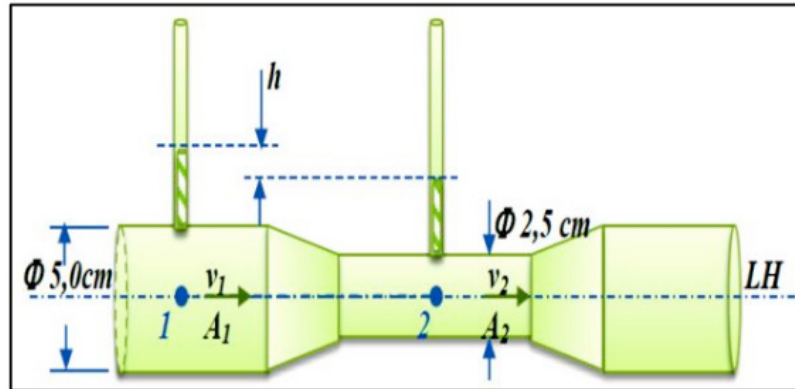


Figura 2. Desenho do Tubo de Venturi para medição de vazão e aplicação da Equação de Bernoulli.

Fonte: Autores (2017).

Para certificar a consistência dos resultados no equipamento construído, utilizou-se a estrutura do laboratório do Grupo de Automação e Robótica da EST-UEA (GRAEST-UEA) na realização dos testes. Inicialmente variou-se a velocidade de saída na tubulação, medida no cronômetro em $v_{final}=46\text{cm/s}$, para análise do comportamento dos medidores (pipetas). O segundo teste foi com nível de água do reservatório a $H_{res}=22\text{cm}$ (55L) e escoando até 17cm (42,5L), com diferença de $h_{res}=5,0\text{cm}$, à uma vazão de 25s (1,7L/s) e obtendo-se volumes calculados de fluxos pela equação:

$$V=\pi r^2 h \quad (02)$$

e áreas das seções calculadas por:

$$A= \pi r^2 \quad (03)$$

O fluido utilizado foi a água de densidade (d) igual a 1g/cm³ a 25°C, com massa específica de $\rho_{H_2O}=1000\text{kg/m}^3$, peso específico de $\gamma_{H_2O}=10.000\text{N/m}^3$, massa (m) de 0,432kg (dada por $m= \rho_{H_2O} \cdot V_{saída\ tanque}$) e peso específico relativo de $\gamma_{rel}=1$, com $g=10\text{m/s}^2$ para fins de cálculos e os tubos (manométricos) na parte superior abertos. A potência de escoamento foi $N=0,95\text{W}$ (dada por $N= m \cdot a \cdot H_{res} / \Delta t$).

Utilizou-se a equação de Bernoulli: $p_1 + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$
(01)

O fluxo que entra é igual ao que sai, então $h_1=h_2$ na equação (1) resultando na variação de pressão:

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} \quad (04).$$

Ao Fazer:

$$p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot h \quad (05)$$

e substituir em (04), obteve-se:

$$v_1^2 = v_2^2 - 2 \cdot g \cdot h \quad (06)$$

Substituindo (06) na Equação da Continuidade:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (07)$$

e separando

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (08)$$

para substituir em (06) obteve-se:

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h / (A_1^2 / A_2^2) - 1} \quad (09)$$

A pressão no reservatório foi calculada por:

$$P_{Res} = \rho_{H_2O} \cdot g \cdot H_{res} \quad (10)$$

e pressão em cada coluna pela equação:

$$p = \gamma \cdot \Delta h \quad (11).$$

A vazão na saída do tubo depois do Venturi foi calculada por:

$$Q = A_2 \cdot v_2 \quad (12).$$

A eficiência ficou em 52,32% dada por:

$$\eta = (\gamma \cdot Q \cdot H_{res}) / N \quad (13).$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume calculado na saída do tanque (01) foi de $V_{saída\ tanque} = 4,32 \times 10^{-4} m^3$ por meio da altura máxima da água no reservatório de $H_{res} = 0,22m$, as alturas medidas nas pipetas foram de $h_1 = 4,0cm$ e $h_2 = 1,0cm$ (colunas manométricas) e os volumes calculados nas pipetas (01), respectivamente, foram de $V_1 = 7,85 \times 10^{-5} m^3$ e $V_2 = 4,91 \times 10^{-6} m^3$. A eficiência foi 52,32% (13).

No tubo de Venturi com seções alinhadas, o fluido passou pela área maior calculada (02), $A_1 = 1,96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, com $v_1 = 0,20 \text{ m/s}$ baixa e $p_1 = 400 \text{ Pa}$ alta, mas ao passar pelo estrangulamento, $A_2 = 4,91 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ diminuiu (02), $v_2 = 1,07 \text{ m/s}$ aumentou e $p_2 = 100 \text{ Pa}$ diminuiu. A velocidade calculada (09) foi: . No reservatório, a pressão calculada ficou em (10). A altura medida entre as colunas no Tubo de Venturi foi de $h = 0,03 \text{ m}$; a pressão de $p = 300 \text{ Pa}$ (11); e a vazão de saída (12) de ou .

4 | CONCLUSÃO

Conforme os objetivos apresentados o trabalho foi desenvolvimento pela construção de um reservatório contendo uma válvula de abrir e fechar a passagem do fluido, com conexão de um Tubo de Venturi construído com materiais de PCV mais a conexão de um tubo transparente de Poliuretano, que permitiu visualizar e medir velocidades, pressões e vazão do fluido, contribuindo para seu uso didático. O fluido foi escoado e desprezado em outro reservatório, para ser reutilizado e realizar novos testes de vazão. O protótipo construído permitiu a medição de vazão, pela Equação de Bernoulli, deduzida, apresentando valores calculados de $0,226 \text{ L/s}$ ou $13,56 \text{ L/min}$, de velocidades inicial de $0,20 \text{ m/s}$ e final de $0,46 \text{ m/s}$, onde a pressão de saída no reservatório foi de $p = 2200 \text{ Pa}$ e em cada coluna foi $p_1 = 400 \text{ Pa}$ e $p_2 = 100 \text{ Pa}$, sendo satisfatório e com uma eficiência de $52,32\%$ no seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

BARCELOS, B. R., GIACOMELLI, J. F. e VARGAS, L. M.. **Construção de um Medidor de Vazão Mássica Tipo Venturi**. Monografia. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos fluidos**. 2ª ed. rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

DELMÉE, Gerard Jean. **Manual de Medição de Vazão**. 2ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AHP estocástico 162

Aluminized tetra pak package 69

Análise 1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 37, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 56, 57, 64, 81, 102, 109, 110, 113, 118, 122, 123, 134, 155, 156, 160, 162, 163, 173, 177, 178, 181, 182, 183, 185, 189, 190, 191, 193

Auditoria 118, 119, 121, 122, 123, 124

Auditoria interna da qualidade 118, 119, 121

B

Bim 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Bipartição do tanque 96

C

Campo de deformação 1, 8, 9, 10

Campo de tensão 1, 10

Carro de competição 126, 134, 141

Colunas manométricas 88, 93, 94

Comparação 49, 55, 58, 61, 64, 65, 105, 132, 148, 149, 164, 171, 174, 193

Concreto 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 37, 47, 48, 49, 52, 56, 57, 62

Contaminação de combustível 96, 97

Controle de sistemas lineares 155, 160

Corrosão 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 101

Cpp-mcahp 162, 163, 165, 166, 168, 174

D

Dados geoespaciais 38, 40

Desigualdades matriciais lineares 155, 156

Desvios de trinca 1

Drinking water 69, 70, 78, 79, 80, 86

Durabilidade 13, 14, 15, 18, 19, 22, 23

E

Edifícios de concreto armado 47, 57

Efluente 38, 39, 43, 44

Eletrodeposição 81

Envelhecimento 13, 14, 19, 22, 24

Equação de bernoulli 88, 90, 93, 95

Escherichia coli 69, 70, 71, 72, 79

Estruturas metálicas 5, 26, 32, 33, 37

Ete 38, 39, 40, 43, 44, 45

F

Fabricação artesanal 107

Foil from beverage can 69

G

Gerenciamento da produção 107

I

Instabilidade global 47, 56

Isótopos de tório 81

J

Juntas soldadas dissimilares 1, 2

L

Lmis 155

M

Microprecipitação 81

Mirror 69, 71, 72, 74, 77, 78

Monte carlo 162, 163, 164, 168, 175, 176, 177

N

Núcleos rígidos 47, 49, 51, 55, 56

O

Orçamento 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 198

Otimização de processos 107

P

Pseudomonas aeruginosa 69, 70, 71, 72, 79, 101

Q

Qgis 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45

Qualidade 16, 23, 39, 40, 41, 45, 67, 108, 111, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 146, 181, 182, 186

Qualidade ambiental urbana 125, 126

Quantitativos 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 184

R

Redes de sensores sem fio 125, 126, 127, 143

Reforço estrutural 25, 26, 27, 29, 32, 37, 99

S

Sig 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 197

Sistema bola-viga 155, 156, 158, 160

Sodis 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Subabastecimento 96, 97

T

Tubo de venturi 88, 92, 93, 95

 **Atena**
Editora

2 0 2 0