COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes editoriais
Natalia Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os autores

2021 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.
Open access publication by Atena Editora

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
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

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr.Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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

Atena Editora
Ano 2021

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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
ProFª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª DrªFernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Atena Editora
Ano 2021

Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-259-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.590212107

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 621

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

Atena Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Atena Editora
Ano 2021

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica, materiais e automação, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se ainda estabelecer que estas características levam a alterações quase que imediatas no projeto, sendo uma modificação constante na busca por melhores respostas e resultados.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

MODELAGEM DE UM MANIPULADOR PARALELO 3RRR PARA INCLUSÃO DE ELOS FLEXÍVEIS

André Vecchione Segura
Fernanda Thaís Colombo
Maíra Martins da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121071

CAPÍTULO 2 9

MODELAGEM NUMÉRICA DE SUSPENSÃO DE ¼ DE VEÍCULO

Lucas Alves Torres
Lucas Messias Cunha de Araújo
João Gabriel Paulino de Souza

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121072

CAPÍTULO 3 20

OTIMIZAÇÃO PARAMÉTRICA DA SUSPENSÃO DE UM CAMINHÃO COM RESTRIÇÃO DE CONFIABILIDADE

José Gilberto Picoral Filho
Ewerton Grotti
Herbert Martins Gomes

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121073

CAPÍTULO 4 38

ANÁLISE DE FADIGA PARA OS AÇOS ABNT 1045 E ABNT 4140 PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Brenda Martins Fernandes
Reny Angela Renzetti

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121074

CAPÍTULO 5 48

ANÁLISE PARAMÉTRICA DAS FREQUÊNCIAS DOMINANTES DE UM VIOLÃO ACÚSTICO

Marco Túlio Santana Alves
Felipe Iglesias

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121075

CAPÍTULO 6 56

VORTEX-INDUCED VIBRATIONS MODEL WITH 2 DEGREES OF FREEDOM OF RIGID CYLINDERS NEAR A FIXED WALL BASED ON WAKE OSCILLATOR

Rafael Fehér
Juan Pablo Julca Avila

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121076

CAPÍTULO 7 67

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM COLETOR SOLAR DE TUBO EVACUADO ECCÊNTRICO

Mavd de Paula Ribeiro Teles
Kamal Abdel Radi Ismail

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121077

CAPÍTULO 8 79

RADIÔMETRO SOLAR DE BAIXO CUSTO USANDO A PLATAFORMA ABERTA ARDUINO

Elson Avallone
Cristiano Pansanato
Átila Negretti Faro
Dionísio Igor Alves da Silva
Jhonatas Wendel da Silva
Guilherme Biazzi Gonçalves
Mário César Ito
Rafael Paiva Garcia
Paulo César Mioralli

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121078

CAPÍTULO 9 92

TURBULENT FORCED CONVECTION IN THE THERMAL ENTRANCE OF RECTANGULAR DUCTS: ANALYSIS FOR DIFFERENT MODELS OF VELOCITY DISTRIBUTION AND MOMENTUM EDDY DIFFUSIVITY

Dhiego Luiz de Andrade Veloso
Carlos Antônio Cabral dos Santos
Fábio Araújo de Lima

https://doi.org/10.22533/at.ed.5902121079

CAPÍTULO 10 109

SELEÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EM UM ALGORITMO GENÉTICO DE CODIFICAÇÃO REAL APLICADO À OTIMIZAÇÃO DE UM CICLO RANKINE ORGÂNICO DE DUPLO ESTÁGIO

Guilherme de Paula Prado
Renan Manozzo Galante

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210710

CAPÍTULO 11 124

DINÂMICA LINEAR PLANA DE UM TUBO ENGASTADO TRANSPORTANDO FLUIDO COM UMA MASSA ANEXADA NA EXTREMIDADE LIVRE

Milton Aparicio de Oliveira

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210711

CAPÍTULO 12.....138

SENSOR CAPACITIVO PARA DETECÇÃO DE FRAÇÃO DE VAZIO EM ESCOAMENTO BIFÁSICO ÁGUA-AR

Anderson Giacomeli Fortes
Jeferson Diehl de Oliveira

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210712

CAPÍTULO 13.....150

STUDY OF STATIC AND DYNAMIC LEVELS OF UNDERGROUND AQUIFER WELLS TO MAINTAIN THEIR BALANCE LEVEL IN THE PROVINCE OF ICA - 2014

Primitivo Bacilio Hernández Hernández
Omar Michael Hernández García
Aníbal Bacilio Hernández García
Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez
Walter Merma Cruz
Marcos Luis Quispe Pérez
Edward Paul Sueros Ticona

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210713

CAPÍTULO 14.....164

SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES E CONTROLE AVANÇADO COM ÊNFASE EM MAPAS COGNITIVOS FUZZY EM SISTEMAS DINÂMICOS APLICADOS EM DIFERENTES ÁREAS, COM ÊNFASE EM ROBÓTICA

Márcio Mendonça
Marina Souza Gazotto
Marina Sandrini
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Fábio Rodrigo Milanez
Lillyane Rodrigues Cintra
Francisco de Assis Scannavino Junior
Wagner Fontes Godoy

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210714

CAPÍTULO 15.....181

ROBÔ AUTÔNOMO PARA ESTACIONAMENTO

Lucas Netto Luzente de Almeida
Graziele Barreto da Costa Almeida
Heitor Gomes de Souza Batista
Armando Carlos de Pina Filho

https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210715

CAPÍTULO 16.....193

PROTOTIPAGEM RÁPIDA 3D APLICADA AO ÂMBITO UNIVERSITÁRIO

Vitória de Oliveira Mattos
Lucas Ruzzon de Jesus Ortega
Rafael Issao Fukai

Milena de Sousa Ferreira
João Pedro Monterani Laguna
Marcelo Sampaio Martins
https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210716

CAPÍTULO 17.....199

UMA SOLUÇÃO ANALITICA PARA EFEITOS MECANICOS EM TUMORES SÓLIDOS AVASCULARIZADOS
Francisco Jose Vargas da Silva
Fernando Pereira Duda
https://doi.org/10.22533/at.ed.59021210717

SOBRE OS ORGANIZADORES 206

ÍNDICE REMISSIVO.....207

CAPÍTULO 6

VORTEX-INDUCED VIBRATIONS MODEL WITH 2 DEGREES OF FREEDOM OF RIGID CYLINDERS NEAR A FIXED WALL BASED ON WAKE OSCILLATOR

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 06/05/2021

Rafael Fehér
CECS - Centro de Engenharia Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC
Santo André, SP
http://lattes.cnpq.br/8203288983681015

Juan Pablo Julca Avila
CECS - Centro de Engenharia Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC
SantoAndré, SP
http://lattes.cnpq.br/7182689370592333

ABSTRACT: When an offshore structure is placed near a boundary, such as the seabed, the vortex shedding from the downstream side of this structure may be not fully developed, affecting the motion of the structure. In the present work, a new wake oscillator model to predict Vortex-Induced Vibrations (VIV) of a rigid cylinder with 2 Degrees of Freedom (2-DOF) initially placed near a fixed wall is proposed. To account for the effects of the fixed wall on the motion of the cylinder, two empirical coefficients, β and η, are coupled to the wake oscillator equation. Gap ratios, defined as the ratio between the distance of the fixed wall to the cylinder, e, and the diameter of the cylinder, D, varying from 0.75 to 2 were simulated on a cylinder exposed to a fluid flow. The empirical coefficients were calibrated using experimental data. After the calibration, using polynomial regression, the equations to calculate each empirical coefficient as function of the gap ratio were generated. The results of cross-flow reduced amplitude and mean drag coefficient for each gap ratio are presented in function of the reduced velocity and shows to be in good agreement with experimental data.
KEYWORDS: Vortex-Induced Vibrations. Wake Oscillator. Fluid-Structure Interaction. Two Degrees of Freedom Vibrations.

MODELO DE VIBRAÇÕES-INDUZIDAS POR VÓRTICES COM 2 GRAUS DE LIBERDADE DE CILINDROS RÍGIDOS PRÓXIMOS A UMA PAREDE FIXA BASEADO EM OSCILADOR DE ESTEIRA

RESUMO: Quando uma estrutura em alto-mar é instalada próxima a uma fronteira, como o ber¸co do mar, os vórtices desprendidos na região inferior dessa estrutura podem não ser completamente desenvolvidos, afetando o movimento dessa estrutura. No presente trabalho, um novo modelo de oscilador de fluido para prever as Vibrações Induzidas por Vórtices (VIV) de um cilindro rígido com dois graus de liberdade inicionalmente colocado próximo a uma parede fixa é proposto. Para modelar os efeitos da parede fixa no movimento do cilindro, dois coeficientes empíricos, β e η, são acoplados à equação do oscilador de fluido. Foram simuladas razões de espaçamentos, definidas como as razões entre a distância do cilindro à parede fixa, e, e o diâmetro do cilindro, D, de 0, 75 até 2 em um cilindro exposto a um fluxo de fluido. Os coeficientes empíricos foram calibrados utilizando-se dados experimentais. Após a calibração, utilizando-se regressão

polinomial, as equações para se calcular cada um dos coeficientes empíricos em função da razão de espaçamento foram geradas. Os resultados de amplitude transversal reduzida e coeficiente de arrasto médio para cada razão de espa¸camento são apresentados em função da velocidade reduzida e mostram-se estar em boa conformidade com os dados experimentais.
PALAVRAS - CHAVE: Vibrações Induzidas Por Vórtices. Oscilador de Esteira. Interação Fluido-Estrutura.Vibrações com Dois Graus de Liberdade.

1 I INTRODUCTION

When an external fluid flows around bluff structures, such as chimneys, cables that support bridges, antennas, risers etc, an unstable wake is formed behind these structures and the vortices aft them starts to shed. These vortices sheds first from one side of the structure and then from the other side, generating oscillating surface pressures on the structure. If this structure is flexible or flexibly mounted, these oscillating pressures causes the structure to vibrate when the natural frequency of the structure and the frequency of vortex shedding synchronize, in a regime known as lock-in. This phenomenon is known as Vortex-Induced Vibrations (VIV), that can generate excessive loads on the structure and also fatigue damage. For these reasons, this subject has become the focus of many researches and engineers in the past few decades.

For VIV of a cylinder in the absence of a fixed wall, we have valuable works focusing on predict VIV using wake oscillator models with 1-DOF and 2-DOF (Skop and Balasubramanian (1997), Facchinetti et al. (2004), Ogink and Metrikine (2010), Kurushina et al. (2018)). Also, many experiments were conducted (Jauvits and Williamson (2004), Stappenbelt and Lalji (2008), Kang et al. (2016)). Finally, studies were also conducted in the filed of numerical simulations using Computational Fluid Dynamics (Martins and Avila (2019a), Martins and Avila (2019b), Khan et al. (2018)).

Subsea structures, such as pipelines used in oil and gas transmission and power cables, are widely used in the offshore industry. Due to the proximity of the seabed, the motion of these structures are different when compared to the motion of a structure in the absence of a boundary. Facing the importance of comprehending how these structures vibrates when exposed to a fluid flow, many experimental and numerical works were conducted in the past few decades with cylinders placed near a fixed wall.

In the last decades, many experimental studies were carried out to understand VIV of a rigid cylinder with different mass and damping ratios, and also different Reynolds number (Jauvits and Williamson (2004), Stappenbelt and Lalji (2008), Blevins and Coughran (2009), Kang et al. (2016)). In all of the mentioned experiments, the cylinders used are placed in the absence of a plane boundary (in this cases, the bottom of the testing flume or the wind tunnel), such that the boundary does not influence the observed VIV phenomena. Recent studies was also carried out using mathematical models based on wake oscillator, typically

the van der Pol equation, to predict VIV of a rigid cylinder with 1-DOF and 2-DOF (Skop and Balasubramanian (1997), Facchinetti et al. (2004), Ogink and Metrikine (2010), Kurushina et al. (2018)). All of these works focus on solving a set of ordinary differential equations to evaluate the wake variable, commonly represented by *q*, that models the flow wake behind the cylinder. These studies do not have as main goal to reproduced the physics of the flow-cylinder interaction in detail, which could be achieved by solving the full fluid dynamic equations, as observed by Jin and Dong (2016). Computational Fluid Dynamics (CFD) has been proven to be the best approach to predict the dynamic characters of VIV, and some studies were carried out recently with this purpose (Martins and Avila (2019a), Martins and Avila (2019b), Khan et al. (2018)). Despite its already mentioned proven capability to predict VIV, CFD brings a important issue: their computational cost for simulations at realistic Reynolds numbers (Wu et al. (2012)).

(Bearman and Zdravkovich, 1978) experimentally analysed the flow around a cylinder with gap ratios, e/D, varying from $0 \leq e/D \leq 3.5$ and Reynolds number of $Re = 4.5 \times 10^4$. They observed that, as the gap ratio decreases, the vortex-shedding on the downstream region of the cylinder is suppressed. Also, they observed that the pressure distribution around the cylinder tends to be asymmetric as the gap ratio decreases.

(Barbosa et al., 2017) conducted an experiment with a cylinder allowed to move in both in-line and cross-flow directions, with Reynolds number from $6500 \leq Re \leq 20000$ and gap ratios from $0 \leq e/D \leq 5$. They observed that, for $e/D \geq 2$, the boundary had no influence on the response of the cylinder. On the other hand, for $e/D < 2$ and as long as the cylinder do not touch the boundary, they observed that the amplitude of oscillations tends to decrease when the gap ratio decrease.

Recent experiments were conducted with the cylinder allowed to vibrate only in the cross-flow direction, as the works of (Bing et al., 2009), (Hsieh et al., 2016), (Daneshvar and Morton, 2020) and others.

From the review performed by the authors of the work, only two works considering wake oscillator model to predict VIV of a rigid cylinder near a fixed wall was found. The first one was proposed by (Jin and Dong, 2016). In their work, a wake oscillator model was used to study VIV of a cylinder allowed to move only in the cross-flow direction and initially placed near a fixed wall. The second one was proposed by (Barbosa et al., 2017), in which a two degrees of freedom wake oscillator model was proposed, but during the simulations, the in-line movement of the cylinder was restrained, i.e., set to zero. This implies that the in-line movement of the cylinder have no influence on the cross-flow motion of the cylinder, which results in an one degree of freedom analysis, similarly to the one proposed by (Jin and Dong, 2016).

The absence of wake oscillator models to predict VIV of a rigid cylinder with two degrees of freedom placed near a fixed wall was the main motivation for the present work. Another important motivation is the importance of this phenomenon in the offshore industry.

2 | MODEL DESCRIPTION

Consider a rigid cylinder with diameter D and mass per unit length m. This cylinder is exposed to a uniform fluid flow with density ρ and velocity V . Also, this cylinder is initially placed within a certain distance e from a fixed wall, as depicted in Fig. 1.

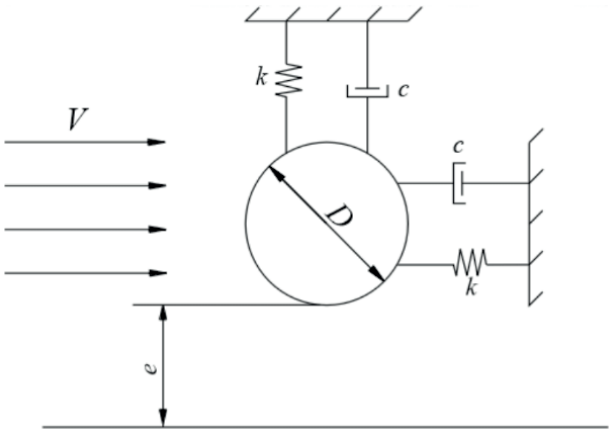

Figure 1: Schematic model of a cylinder with 2-DOF near a fixed wall.

As can be seen in Fig. 1, the cylinder is elastically mounted in the x and y directions through supports with stiffness k and damping coefficient c. The x axis defines the in-line direction, while the y axis defines the cross-flow direction. The governing equations to predict VIV of a rigid cylinder with 2-DOF near a fixed wall, in dimensionless form, are

$$\ddot{x} + 2\zeta\Omega_n \dot{x} + \Omega_n^2 x = \frac{C_{Vx}}{2\pi^3 St^2(m^* + C_a)}, \quad (1)$$

$$\ddot{y} + 2\zeta\Omega_n \dot{y} + \Omega_n^2 y = \frac{C_{Vy}}{2\pi^3 St^2(m^* + C_a)}, \quad (2)$$

$$\ddot{q} + \varepsilon(q^2 - 1)\dot{q} + q - \eta(e/D)\kappa\ddot{x}q = \beta(e/D)A\ddot{y}. \quad (3)$$

where overdots represents derivatives with respect to dimensionless time $\tau = \frac{t}{\omega_s}$, with t being the time and ω_s the vortex-shedding frequency of the cylinder. All the parameters of the model composed by Eqs. (1), (2) and (3) are presented in Table 1.

Parameter	Definition	Unit
Dimensionless cross-flow displacement of the cylinder, y	$y = \frac{Y}{D}$	-
Dimensionless in-line displacement of the cylinder, x	$x = \frac{X}{D}$	-
Damping ratio of the cylinder in still water, ζ	$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{k(m+m_a)}}$	-
Natural frequency of the cylinder in still water, ω_n	$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{(m+m_a)}}$	-
Added mass, m_a	$m_a = \frac{C_a \pi D^2 L}{4}$	kg
Potential added mass coefficient, C_a	$C_a = 1$ for circular cylinders	-
Length of the cylinder, L	Input parameter	m
Frequency ratio of the cylinder, Ω_n	$\Omega_n = \frac{\omega_n}{\omega_s}$	-
Vortex-shedding frequency, ω_s	$\omega_s = \frac{2\pi StV}{D}$	$\frac{rad}{s}$
Strouhal number, St	$St = \frac{\omega_s D}{V}$	-
Mass ratio of the cylinder, m^*	$m^* = \frac{m}{m_a}$	-
Wake variable, q	Unknown value of the wake oscillator equation	-
Tuning parameters, ε, κ and A	Obtained empirically	-
Empirical coefficients $\beta(e/D)$ and $\eta(e/D)$	Obtained empirically	-

Table 1: Parameters of the model.

The empirical coefficients β(e/D) and η(e/D) are added in the wake oscillator equation, Eq. (3), to account for the effects of the fixed wall on the motion of the cylinder. Analysing Eq. (3) it is possible to see that the empirical coefficients will acts as scalar factors of the cross-flow motion of the cylinder, multiplying $\frac{A}{D}\ddot{y}$, and of the in-line motion of the cylinder, multiplying $\frac{\kappa}{D}\ddot{x}q$.

The vortex force coefficients, C_{VX} and C_{VY} , are defined by (Qu and Metrikine, 2020) as

$$C_{VX} = (C_{DM}(1 - 2\pi St\dot{x}) + C_{VL}2\pi St\dot{y})\sqrt{(1 - 2\pi St\dot{x})^2 + (2\pi St\dot{y})^2} + \alpha C_{VL}^2(1 - 2\pi St\dot{x}) \mid 1 - 2\pi St\dot{x} \mid, \quad (4)$$

$$C_{VY} = (-C_{DM}2\pi St\dot{y} + C_{VL}(1 - 2\pi St\dot{x}))\sqrt{(1 - 2\pi St\dot{x})^2 + (2\pi St\dot{y})^2}. \quad (5)$$

where C_{DM} is the oscillating mean drag coefficient and C_{VL} is the vortex lift coefficient, defined as $C_{VL} = \frac{qC_{L0}}{2}$, with C_{L0} being the lift coefficient measured on a stationary cylinder. The hydrodynamic parameters utilized during all the simulations in the present work are listed in Tab. 2 and are the same used by Qu and Metrikine (2020).

Parameter	Value	Unit
Oscillating mean drag coefficient, C_{DM}	1.1	-
Lift coefficient measured on the stationary cylinder, C_{L0}	0.3	-
Drag coefficient measured on the stationary cylinder, C_{D0}	1.2	-
Coefficient to generate an oscillating mean drag coefficient of 1.1, α	2.2	-
Density of the water, ρ	1000	$\frac{kg}{m^3}$
Strouhal number, St	0.2	-

Table 2: Hydrodynamic parameters utilized to simulate the VIV model. From (Qu and Metrikine, 2020).

The experimental parameters used by Barbosa et al. (2017) are listed in Tab. 3 and were used to simulate the model of the present work.

Parameter	Value	Unit
Diameter of the cylinder, D	0.04	m
Damping ratio, ζ	0.02	-
Natural frequency of the cylinder in still water, ω_n	8.17	$\frac{rad}{s}$
Mass ratio, m^*	5.5	-

Table 3: Parameters of the experiments performed by Barbosa et al. (2017).

3 | CALIBRATING THE TUNING PARAMETERS OF THE WAKE OSCILLATOR MODEL

Before the calibration of the empirical coefficients, the tuning parameters, ε, A and κ, of the wake oscillator equation, Eq. (3), needs to be calibrated using experimental data. (Barbosa et al., 2017) observed that, for e/D > 2 the influence of the fixed wall on the motion of the cylinder can be neglected. Thus, in the present work, a gap ratio of e/D = 5 is used to calibrate the tuning parameters of Eq. (3). Setting β = 1 and η = 1, the tuning parameters ε, κ and A are calibrated. The results presented in Fig. 2 are the cross-flow reduced amplitude, Ay^* = Ay/D, where Ay is the vibration amplitude in the cross-flow direction, and the mean drag coefficient, $C_x^{(mean)}$. All the results are in function of the reduced velocity, $V_r = \frac{2\pi V}{\omega_n D}$.

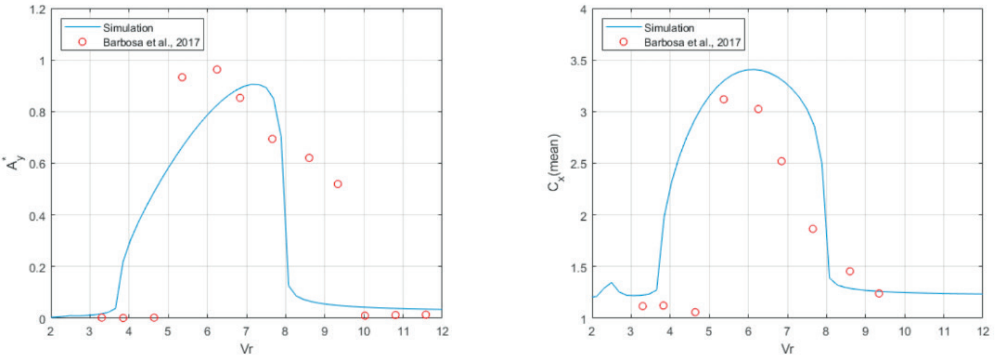

Figure 2: Results obtained by simulating the model with 2-DOF and experimental data from Barbosa et al. (2017) for e/D = 5. For (a) cross-flow reduced amplitude and (b) mean drag coefficient.

The tuning parameters used in all the simulations of the present work are, $\varepsilon = 0.1$, $A = 16$ and $\kappa = 3$.

4 | CALIBRATION OF THE EMPIRICAL COEFFICIENTS OF THE MODEL

The next step is to calibrate the empirical coefficients of Eq. (3), β and η, to account for the effects of the fixed wall on the motion of the cylinder. For this purpose, the Eqs. (1), (2) and (3) are simulated using the parameters from Tabs. 2 and 3 and the experimental data from Barbosa et al. (2017). The gap ratios simulated are in the range of $2 \leq e/D \leq 0.75$. This range is used because, as already mentioned, for $e/D > 2$ the motion of the cylinder is no longer affected by the fixed wall and, for $e/D < 0.75$, the cylinder touched the bottom of the flume during the experiments performed by Barbosa et al. (2017). Due to that constant collisions, the signal of the mean drag coefficient, $C^{(mean)}$, was not considered reliable by the authors. Also, the typical motion of the cylinder inside the lock-in range is not present in the experimental result, because there is no symmetry in the signal obtained for the amplitude of vibration of the cylinder in the cross-flow direction, i.e., the values of maximum and minimum amplitudes of vibration are different.

The results presented in Fig. 3 are the cross-flow reduced amplitude, $A^*y = Ay/D$ and the mean drag coefficient, $C_x^{(mean)}$ for $2 \leq e/D \leq 0.75$. All the results are in function of the reduced velocity.

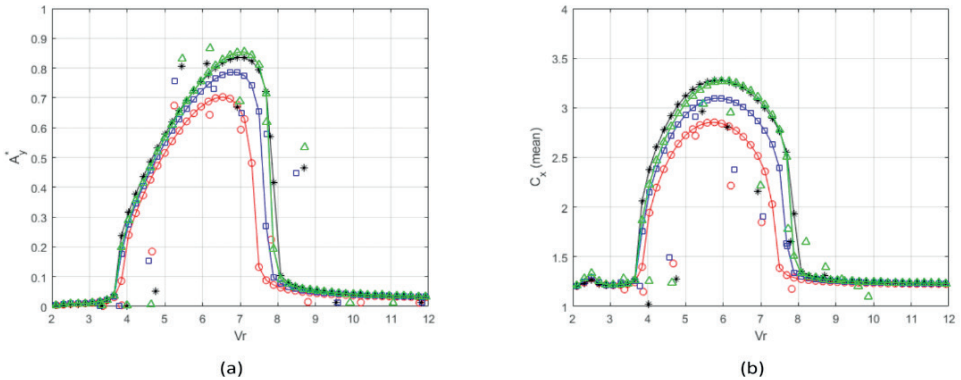

Figure 3: Comparison with 2-DOF experimental data from Barbosa et al. (2017). Solid lines with symbols represents the simulations performed in this work in 2-DOF and experimental data are represented by symbols only. *e/D* = 0.75 (◦), *e/D* = 1 (Q), *e/D* = 1.5 (∗) and *e/D* = 2 (o). For (a) cross-flow reduced amplitude and (b) mean drag coefficient.

The trend of the maximum cross-flow reduced amplitude, A^*y , is clearly observed in Fig. 3a. As the gap ratio decreases, the maximum amplitude of vibration also decreases. This is due to the fact that, as the cylinder gets closer to the fixed wall, the shear layer in the downstream portion of the near wake is suppressed, leading to a non-fully development of the vortex shedding phenomenon. This affects the frequency of vortex shedding, ωs, consequently affecting the lock-in range and maximum amplitude of vibration of the cylinder. For it being a 2-DOF analysis, it is expected that the same trend occurs for the mean in-line drag coefficient, $C_x^{(mean)}$. In fact, observing Fig. 3b, the same trend is visible.

For each gap ratio shown in Fig. 3, a set of empirical coefficients were manually setted by the authors of this work. After this process of calibration, using polynomial regression, the equations to calculate each empirical coefficient as function of the gap ratio was generated. Fig. 4 shows the curves of β and η as function of the gap ratio for ≤ 0.75e/D ≤ 2.

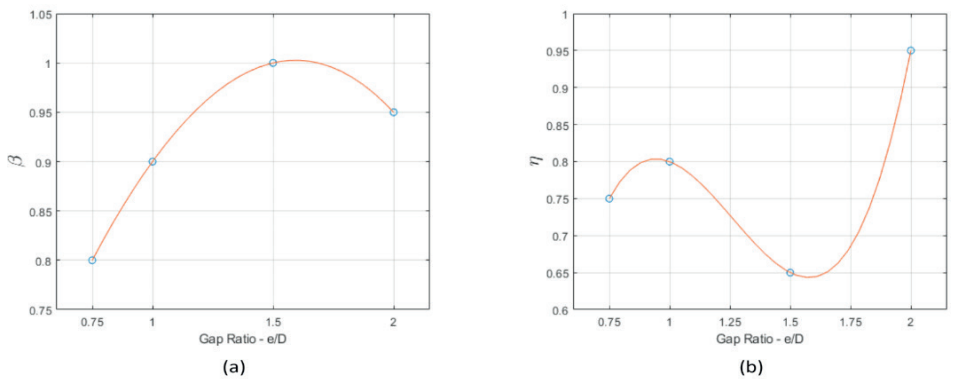

Figure 4: Empirical coefficients (a) β and (b) η as function of the gap ratio.

The equations to calculate β and η as function of the gap ratio are:

$$\beta(e/D) = -0.0267(e/D)^3 - 0.18(e/D)^2 + 0.7767(e/D) + 0.33$$

$$\eta(e/D) = 1.2533(e/D)^3 - 4.74(e/D)^2 + 5.5967(e/D) - 1.31$$

5 | DISCUSSIONS

In the present work, the response of a cylinder placed near a fixed wall was simulated using a new wake oscillator model with 2-DOF, developed from the modification of a wake oscillator model to predict VIV of cylinder in the absence of a fixed wall, where empirical coefficients are added to account for the effects of the fixed wall on the motion of the cylinder. As contribution, the coupled dynamic between the in-line and cross-flow vibrations is considered.

One new information are the equations to calculate the empirical coefficients as function of the gap ratio. As these equations do not depend on the mass and damping ratios of the cylinder, it could be use for any case. It is important to clarify that, for different values of mass and damping ratios, the appropriate procedure is to first calibrate the tuning parameters of the model with experimental data of a cylinder vibrating in the absence of a fixed wall and then calculate each empirical coefficient using Eq. (6) for β(e/D) and Eq. (7) for η(e/D).

It was observed by Roshko et al. (1975) that an attractive force appears on the cylinder as its gets closer to the fixed wall. This force tends to increases as the gap ratio decreases and, on the fixed wall, a repulsive force appears, and this force have the opposite direction of the motion of the cylinder, meaning that, when this repulsive force increases, as the cylinder gets closer to the bottom, the maximum amplitude of vibration of the cylinder decreases, as can be observed in Figs. 3a. When the cylinder touches the boundary, this force changes direction, now becoming an attractive force. The same trend is observed for the case in which two cylinder are arranged in-line or side by side, where this force appears in each one of the cylinders, and also increases as the gap between one cylinder to another decreases. As for the case of a cylinder near a fixed wall, when these cylinders collides, these forces also change its directions and become repulsive forces. This situation where cylinders are mounted near each other are of great importance in many engineering applications, such as tubes inside heat exchangers, power cable lines, risers etc, and a similar analysis could be conducted to generate a wake oscillator model to predict the response of the cylinder in these situations.

6 | CONCLUSIONS

The present work had as principal goal to propose a new wake oscillator model with 2-DOF to predict VIV of a cylinder near a fixed wall. In general, the model was able to capture the main characteristics of VIV of cylinders near a fixed wall with $m^* = 5.5$ and $\zeta = 0.02$. The empirical coefficients, β and η, to account for the effects of the fixed wall on the motion of the cylinder were obtained by polynomial regression. This allowed the equations to calculate the empirical coefficients as function of the gap ratio to be of any order, and not only of order one, which is an advantage when compare to the model of Jin and Dong (2016), that considered that the empirical coefficients varies linearly with the gap ratio. Although, the empirical coefficients of the present work was considered to vary only with the gap ratio, e/D. For a case in which one would like to simulate the model for a different mass or damping ratios, it will be necessary to first set the tuning parameters from Eq. (3), ε, κ and A for $e/D \geq 2$ and then use the empirical coefficients presented in this work.

Moreover, the model developed is only capable to predict VIV of a circular cylinder with the same mass and damping ratios in both in-line and cross-flow directions.

When new experimental data with different gap ratios become available, it will be possible to refine the equations for the empirical coefficients. This will result in more precise model's responses for $m^* = 5.5$ and $\zeta = 0.02$, an important knowledge in the design of offshore structures near the seabed.

REFERENCES

Barbosa, J. M., Qu, Y., Metrikine, A. V., and Lourens, E.-M. (2017). Vortex-induced vibrations of a freely vibrating cylinder near a plane boundary: Experimental investigation and theoretical modelling. *Journal of Fluids and Structures*, 69:382–401.

Bearman, P. W. and Zdravkovich, M. M. (1978). Flow around a circular cylinder near a plane boundary. *Journal of Fluid Mechanics*, 89(1):33–47.

Bing, Y., Gao, F.-P., Jeng, D.-S., and Wu, Y. (2009). Experimental study of vortex-induced vibrations of a cylinder near a rigid plane boundary in steady flow. *Acta Mechanica Sinica/Lixue Xuebao*, 25:51–63.

Blevins, R. D. and Coughran, C. S. (2009). Experimental Investigation of Vortex-Induced Vibration in One and Two Dimensions With Variable Mass, Damping, and Reynolds Number. *Journal of Fluids Engineerin*g, 131(10).

Daneshvar, S. and Morton, C. (2020). On the vortex-induced vibration of a low mass ratio circular cylinder near a planar boundary. *Ocean Engineering*, 201:107109.

Facchinetti, M. L., [de Langre], E., and Biolley, F. (2004). Coupling of structure and wake oscillators in vortex-induced vibrations. *Journal of Fluids and Structures*, 19(2):123 – 140.

Hsieh, S.-C., Low, Y. M., and Chiew, Y.-M. (2016). Flow characteristics around a circular cylinder subjected to vortex-induced vibration near a plane boundary. *Journal of Fluids and Structures*, 65:257 – 277.

Jauvits, N. and Williamson, C. H. K. (2004). The effect of two degrees of freedom on vortex-induced vibration at low mass and damping. *Journal of Fluid Mechanics*, 509:23–62.

Jin, Y. and Dong, P. (2016). A novel wake oscillator model for simulation of cross-flow vortex induced vibrations of a circular cylinder close to a plane boundary. *Ocean Engineering*, 117:57 – 62.

Kang, Z., Ni, W., and Sun, L. (2016). An experimental investigation of two-degrees-of-freedom viv trajec- tories of a cylinder at different scales and natural frequency ratios. *Ocean Engineering*, 126:187 – 202.

Khan, N. B., Ibrahim, Z., Khan, M. I., Hayat, T., and Javed, M. F. (2018). Viv study of an elastically mounted cylinder having low mass-damping ratio using rans model. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 121:309 – 314.

Kurushina, V., Pavlovskaia, E., Postnikov, A., and Wiercigroch, M. (2018). Calibration and comparison of viv wake oscillator models for low mass ratio structures. *International Journal of Mechanical Sciences*, 142.

Martins, F. A. C. and Avila, J. P. J. (2019a). Effects of the reynolds number and structural damping on vortex-induced vibrations of elastically-mounted rigid cylinder. *International Journal of Mechanical Sciences*, 156:235 – 249.

Martins, F. A. C. and Avila, J. P. J. (2019b). Three-dimensional cfd analysis of damping effects on vortex-induced vibrations of 2dof elastically-mounted circular cylinders. *Marine Structures*, 65:12 – 31.

Ogink, R. H. M. and Metrikine, A. V. (2010). A wake oscillator with frequency dependent coupling for the modeling of vortex-induced vibration. *Journal of Sound and Vibration*, 329(26):5452 – 5473.

Qu, Y. and Metrikine, A. (2020). A single van der pol wake oscillator model for coupled cross-flow and in-line vortex-induced vibrations. *Ocean Engineering*, 196:106732.

Roshko, A., Steinolfson, A., and Chattoorgoon, V. (1975). Flow forces on a cylinder near a wall or near another cylinder. In *Proceedings of the 2nd US Nation conference on wind engineering research, Fort Collins, Paper IV-15*.

Skop, R. A. and Balasubramanian, S. (1997). A new twist on an old model for vortex-excited vibrations. *Journal of Fluids and Structures*, 11(4):395 – 412.

Stappenbelt, B. and Lalji, F. (2008). Vortex-induced vibration super-upper response branch boundaries. *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, 18.

Wu, X., Ge, F., and Hong, Y. (2012). A review of recent studies on vortex-induced vibrations of long slender cylinders. *Journal of Fluids and Structures*, 28:292 – 308.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aços 10, 38, 39, 40, 46

Algoritmo Genético 11, 109, 111, 112, 174

Arduino 11, 79, 80, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 172, 175, 190, 192

C

Campo de temperatura 92, 93

CitationID 112, 116

Citationitems 168

Confiabilidade 10, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 79

Controle Adaptativo 165

Convecção Forçada 92, 93

E

Elementos Finitos 10, 1, 2, 6, 21, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 50, 55, 128, 129, 131, 137

Energia renovável 67

Energia Solar 67, 79, 90, 91

EPI's 193, 196, 198

Escoamento bifásico 12, 138, 139, 140, 148

Escoamento Turbulento 92, 93

Estacionamento Autônomo 181

F

Fadiga 10, 21, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 125

Fluido-Estrutura 57, 124

Fração de vazio 12, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 147, 148, 149

Frequência 6, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 21, 26, 48, 49, 52, 116, 125, 133, 135, 140, 142, 143, 145, 146

Função de transferência 9, 12, 14, 15

G

Graus de liberdade 9, 11, 23

I

Impressão 3D 193, 196

Instrumentação 80, 91, 144, 190

L

Lógica Fuzzy 165

M

Manipulador Flexível 1, 2

Manipulador Paralelo 10, 1, 2, 3, 6

Matriz 128, 129, 130, 131, 135, 166, 170, 187, 199, 200, 201, 203, 205

Modelo Multicorpos 1, 2, 6

N

Nusselt 92, 93, 99, 100, 101, 102, 103, 106

O

Otimização 9, 10, 11, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 48, 49, 55, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 170, 175, 177, 192

P

PET 193, 194, 195, 198

Piranômetro 80, 81

Projeto mecatrônico 181

Protótipos 39, 165, 167, 172, 177

R

Radiação térmica 80, 82

Radiômetro 11, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91

Redes Neurais Artificiais 164, 165, 166, 168

S

Seleção 109, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 170, 171, 176, 185

Sensor capacitivo 12, 138, 140, 145

Simulação 9, 2, 3, 6, 17, 20, 25, 28, 35, 38, 40, 43, 44, 45, 46, 135, 167, 169

Sistemas Computacionais Inteligentes 12, 164, 168

Sistemas Dinâmicos 12, 124, 164, 167

Sistemas Térmicos 109, 111

Stress 199

Suspensão 10, 9, 10, 11, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 184

T

Tensão 2, 3, 42, 43, 44, 45, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 187, 199, 200, 201, 203, 204

Tumor 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

V

Vibração 1, 2, 5, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 21, 26, 50, 133
Violão 10, 48, 49, 50, 51, 54

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA MECÂNICA



www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021